NEW HORIZONS 2021

VIII International Symposium

NEW HORIZONS 2021

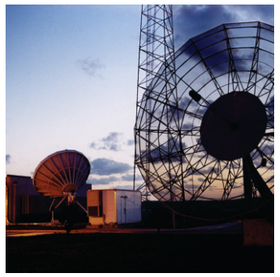
of transport and communications
26 - 27 November

www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

University of East Sarajevo
Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj



PROCEEDINGS







VIII International Symposium NEW HORIZONS 2021
of Transport and Communications

VIII Međunarodni simpozijum NOVI HORIZONTI 2021
saobraćaja i komunikacija

Organizer / Organizator:

University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj

Co-organizers / Suorganizatori

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade
Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad
Faculty of Technical Sciences Bitola, University of St. Kliment Ohridski

PROCEEDINGS / ZBORNIK RADOVA

- NH 2021 -

Edited by:

PhD Zoran Ćurguz
PhD Bojan Marić
PhD Mirko Stojčić
MSc Vladimir Malčić

Doboj, 2021.

© 2021.
All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, without prior written permission from the publisher.

Publisher:
University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

656.1/.2(082)(0.034.4)

INTERNATIONAL Symposium New Horizons of Transport and Communications (8 ; 2021 ; Doboj)
Proceedings [Elektronski izvor] = Zbornik radova / VIII International Symposium New Horizons 2021 of Transport and Communications, Doboj, 2021 =VIII Međunarodni simpozijum Novi Horizonti 2021 saobraćaja i komunikacija ; edited by Zoran Ćurguz, Bojan Marić, Mirko Stojčić, Vladimir Malčić ; organizer/organizator University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj. - Doboj : Faculty of Transport and Traffic Engineering, 2021. - 1 електронски оптички диск (CD-ROM) : текст ; 12 cm

Системски захтјеви: Нису наведени. - Dostupno i na: http://novihorizonti.sf.ues.rs.ba/bs/. - Насл. са насл. стр. документа. - Текст ћир. и лат. - Радови на више језика. - Ел. публикација у формату пдф опсега IX, 548 стр. - Библиографија уз све радове. - Abstracts.

ISBN 978-99955-36-92-3

COBISS.RS-ID 135478017

PROGRAM COMMITTEE / PROGRAMSKI ODBOR

Alphabetically:

Jiří AMBROS	Transport Research Centre, Czechia
Boris ANTIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Ibrahim Ahmed BADI	University of Misurata, Department of Mechanical Engineering, Libya
Milan BANIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Milorad BANJANIN	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Ivan BELOŠEVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Vuk BOGDANOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Nebojša BOJOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Branislav BOŠKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Ranko BOŽIČKOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Mirjana BUGARINOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Zoran ĆURGUZ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Slavko ĐURIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Tihomir ĐURIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Hamed FAZLOLLAHTABAR	University of Science and Technology Babol, Department of Industrial Engineering, Iran
Draženko GLAVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Miloš IVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dragoslav JANOŠEVIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Goran JAUŠEVAC	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Gordana JOTANOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Dragan JOVANOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Predrag JOVANOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Jadranka JOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Pavle KECMAN	Allianz, The Netherlands
Miroslav KOSTADINOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Nikola KRSTANOSKI	University of St. Kliment Ohridski, Faculty of Technical Sciences Bitola, Macedonia
Krsto LIPOVAC	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Bojan MARIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Dejan MARKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Goran MARKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Peter MARTON	University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Slovakia
Boško MATOVIĆ	University of Montenegro, Faculty of Mechanical Engineering, Montenegro
Suzana MILADIĆ TEŠIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Sanjin MILINKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Miloš MILOŠEVIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Milan MILOTIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Petar MIROSAVLJEVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dušan MLADENOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Snežana MLADENOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Markos PAPAGEORGIOU	Technical University of Crete, School of Production Engineering and Management, Greece
Norbert PAVLOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia

Dragan PERAKOVIĆ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Dalibor PEŠIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Goran PETROVIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Đorđe POPOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Aleksandar RIKALOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Miloš PLJAKIĆ	Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica, Serbia
Andreas SCHÖBEL	Vienna University of Technology, Institute of Transportation, Austria
Marko SLAVULJ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Siniša SREMAC	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Dušan STAMENKOVIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Aleksandar STEVANOVIĆ	University of Pittsburgh, Civil and Environmental Engineering, SAD
Gordan STOJIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Marko SUBOTIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Marko ŠEVROVIĆ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Snežana TADIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Ilija TANACKOV	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Slaven TICA	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Marko VASILJEVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Slavko VESKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Milan VUJANIĆ	Adriatic University Bar, Faculty of Traffic, Communications and Logistics Budva, Montenegro
Jianhong WU	Beijing Jiaotong University, School of Economics and Management, China
George YANNIS	National Technical University of Athens, Greece
Milan ZLATKOVIĆ	University of Wyoming, Department of Civil and Architectural Engineering, SAD

ORGANIZING COMMITTEE / ORGANIZACIONI ODBOR

Bojan MARIĆ, chair
Mirko STOJČIĆ, co-chair
Ratko ĐURIČIĆ
Marko VASILJEVIĆ
Perica GOJKOVIĆ
Aleksandar STJEPANOVIĆ
Suzana MILADIĆ-TEŠIĆ
Tanja PETROVIĆ
Vladimir MALČIĆ
Goran KUZMIĆ
Dunja RADOVIĆ
Sanja SIMIĆ
Eldina MAHMUTAGIĆ
Miroslav PAVLOVIĆ
Željko VIDOVIĆ
Saša OSTOJIĆ

All published papers in this Proceedings passed through double-blind review, which means that both the reviewer and author identities are concealed from the reviewers, and vice versa, throughout the review process. At least one of the reviewers per paper is from abroad.

Svi objavljeni radovi u Zborniku radova su prošli kroz duplu slijepu recenziju, što znači da su recenzenti i autori nepoznati jedni drugima tokom procesa recenzije. Najmanje jedan recenzent po radu je iz inostranstva.

LIST OF REVIEWERS / LISTA RECENZENATA

Alphabetically:

Mesud AJANOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Boris ANTIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Ivan ARANĐELOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Ibrahim BADI	University of Misurata, Department of Mechanical Engineering, Libya
Ivan BELOŠEVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Bojan BEŠKOVNIK	University of Ljubljana, Faculty of Maritime Studies and Transport, Slovenia
Vuk BOGDANOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Branislav BOŠKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Rino BOŠNJAK	University of Split, Faculty of Maritime Studies, Croatia
Ranko BOŽIČKOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Vladimir BRTKA	University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Serbia
Mirjana BUGARINOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Zlatko BUNDALO	University of Banja Luka, Faculty of Electrical Engineering, B&H
Nermin ČABRIĆ	University of Sarajevo, Faculty of Transport and Communications, B&H
Zoran ČEPIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Jelica DAVIDOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dalibor DOBRILOVIĆ	University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Serbia
Dejan DRAJIĆ	University of Belgrade, School of Electrical Engineering, Serbia
Slavko ĐURIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Tihomir ĐURIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Ratko ĐURIČIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Živko ERCEG	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Draženko GLAVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Jasna GLIŠOVIĆ	University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Serbia
Miloš IVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Goran JAUŠEVAC	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Gordana JOTANOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Jadranka JOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dragan JOVANOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Predrag JOVANOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Milorad KILIBARDA	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Amel KOSOVAC	University of Sarajevo, Faculty of Transport and Communications, B&H
Miroslav KOSTADINOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Nikola KRSTANOSKI	University of St. Kliment Ohridski, Faculty of Technical Sciences Bitola, Macedonia
Božidar KRSTIĆ	University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Serbia
Krsto LIPOVAC	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Bojan MARIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Dejan MARKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Peter MÁRTON	University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Slovakia
Sanjin MILINKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Nada MILOSAVLJEVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Milan MILOTIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Petar MIROSAVLJEVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dušan MLADENOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Norbert PAVLOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dragan PERAKOVIĆ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia

Dalibor PEŠIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Drago PUPAVAC	Polytechnic of Rijeka, Croatia
Miodrag REGODIĆ	University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, B&H
Dragan RUŽIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Mileva SAMARDŽIĆ PETROVIĆ	University of Belgrade, Faculty of civil engineering, Serbia
Milja SIMEUNOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Marko SLAVULJ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Siniša SREMAC	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Borivoj STEPANOV	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Aleksandar STEVANOVIĆ	University of Pittsburgh, Civil and Environmental Engineering, SAD
Aleksandar STJEPANOVIĆ	University of Sarajevo, Faculty of Transport and Communications, B&H
Željko STOJANOV	University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Serbia
Gordan STOJIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Marko SUBOTIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Slobodan SUBOTIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Marko ŠEVROVIĆ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Snežana TADIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Slaven TICA	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Radmilo TODOSIJEVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Economics, Serbia
Marko VASILJEVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Slavko VESKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Milan ZLATKOVIĆ	University of Wyoming, Department of Civil and Architectural Engineering, SAD
Predrag ŽIVANOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia

CONTENTS / SADRŽAJ

IMPLEMENTATION OF NEW PARADIGMS OF THE WHOLES IN CYBER-PHYSICAL SYSTEM OF TELECOMMUNICATIONS TRAFFIC AND DIGITAL SERVICES
IMPLEMENTACIJA NOVIH PARADIGMI CELINA U SAJBER-FIZIČKOM SISTEMU TELEKOMUNIKACIONOG SAOBRAĆAJA I DIGITALNIH USLUGA
Milorad K. Banjanin, Mirko Stojčić 1

A GLANCE AT THE TRACK ACCESS CHARGES STRUCTURE
JEDAN POGLED NA STRUKTURU NAKNADA ZA KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE
Mirjana Bugarinović 14

TRAFFIC SAFETY OF YOUNG DRIVERS IN THE REPUBLIC OF SRPSKA
БЕЗБЈЕДНОСТ МЛАДИХ ВОЗАЧА У САОБРАЋАЈУ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ
Bojan Marić, Krsto Lipovac 22

TRANSPORT IN THE WHIRLPOOL OF THE LOST DECADE
TRANSPORT U VRTLOGU IZGUBLJENOG DESETLJEĆA
Drago Pupavac, Knežević Josip 30

ANALYSIS OF VEHICLE DAMAGE IN PEDESTRIAN TRAFFIC ACCIDENTS
ANALIZA OŠTEĆENJA NA VOZILIMA U SAOBRAĆAJNIM NEZGODAMA SA UČEŠĆEM PEŠAKA
Nenad Saulić, Zoran Papić, Milan Simeunović, Andrijana Jović 38

IMPACT OF EXITING VEHICLES ON CRITICAL HEADWAY VALUE
UTICAJ VOZILA NA IZLAZU IZ KRUŽNE RASKRSNICE NA VRIJEDNOST KRITIČNOG INTERVALA SLJEĐENJA
Dunja Radović, Vuk Bogdanović 46

ANALYSIS OF THE CONDITION OF FIBER BULBS ON MOTOR VEHICLES AFTER TRAFFIC ACCIDENT
ANALIZA STANJA VLAKANA AUTO-SIJALICA NA MOTORNIM VOZILIMA POSLE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA
Vojkan M. Zorić, Dragan Đurđević, Igor J. Šetrajčić, Siniša M. Vučenović, Jovan P. Šetrajčić 53

PREDICTION OF ACCIDENT USING TIME SERIES METHODS AND MODELS IN SERBIA
Miloš Pljakić, Predrag Stanojević, Dragan Jovanović 60

ANALYSIS OF PEDESTRIANS' ATTITUDES ABOUT THE LEVEL OF SERVICE AT THE PEDESTRIAN CROSSING IN THE AREA OF THE INTERSECTION WITH A DEFINED EXCLUSIVE PEDESTRIAN PHASE
ISPITIVANJE STAVOVA PEŠAKA O NIVOU USLUGE NA PEŠAČKOM PRELAZU, U ZONI RASKRSNICE SA DEFINISANOM EKSKLUZIVNOM PEŠAČKOM FAZOM
Boris Antić, Mladen Kovač, Dalibor Pešić, Jelena Divac 68

MICROMOBILITY AND ROAD TRAFFIC SAFETY OF VULNERABLE ROAD USERS
MIKROMOBILNOST I BEZBEDNOST RANJIVIH UČESNIKA U SAOBRAĆAJU
Dušan Mladenović, Krsto Lipovac, Jelica Davidović 74

DRIVING STYLES AMONG PROFESSIONAL DRIVERS IN MONTENEGRO
STILOVI VOŽNJE MEĐU PROFESIONALNIM VOZAČIMA U CRNOJ GORI
Boško Matović, Dragan Jovanović, Milanko Damjanović, Spasoje Mićić, Demir Đešević, Aleksandar Bulajić, Miloš Pljakić, Svetlana Bačkalić 80

THE IMPACT OF VEHICLE ADVERTISING ON TRAFFIC SAFETY
UTJECAJ OGLAŠAVANJA VOZILA NA SIGURNOST U PROMETU
Stanko Laković 86

SAFETY ON SLOVENIAN ROADS DURING COVID
SIGURNOST NA SLOVENSKIM CESTAMA ZA VRIJEME COVIDA
Stanko Laković 90

TRANSPORT NETWORK MODELING
Elena – Claudia Lixandroiu 97

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE METHODOLOGY FOR THE ANALYSIS OF CAPACITY AND SERVICE LEVELS OF TWO-LANE ROADS
UPOREDNA ANALIZA METODOLOGIJE ZA ANALIZU KAPACITETA I NIVOA USLUGE DVOTRAČNIH PUTEVA
Ana Bonić, Marko Subotić 106

URBAN PLANINIG AND TRAFFIC SAFETY
URBANISTIČKO PLANIRANJE I BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA
Aleksandar Pavlović, Darija Pavlović 115

SAFETY AND RISIK WHEN TRANSPORTING LIQUID FLAMMABLE SUBSTANCES
BEZBEDNOST I RIZIK PRI TRANSPORTOVANJU TEČNIH ZAPALJIVIH MATERIJA
Vojislav Krstić, Boris Antić, Božidar Krstić 121

APPLICATION OF ENERGY METHOD FOR DETERMINATION OF VEHICLE IMPACT SPEED IN COLLISION WITH STOPPING OR SLOW MOVING VEHICLE IN INTERSECTION
PRIMENA ENERGETSKE METODE ZA UTVRĐIVANJE SUDARNE BRZINE VOZILA KOD SUDARA SA MIRUJUĆIM ILI SPORIM VOZILOM U RASKRSNICI
Zoran Papić, Nenad Saulić, Vuk Bogdanović, Andrijana Jović 128

THE FUTURE OF LUTI MODELS
Ovidiu Harpalete, Șerban Stere 135

PREDICTION OF TRAFFIC FLOW ON A MONTHLY LEVEL USING MACHINE LEARNING
PREDIKCIJA SAOBRAĆAJNOG TOKA NA MESEČNOM NIVOU KORIŠĆENJEM MAŠINSKOG UČENJA
Slađana Janković, Stefan Zdravković, Dušan Mladenović, Snežana Mladenović, Ana Uzelac 141

ALGORITHM FOR APPLYING THE SIMPLE RENEWAL MODEL OF A HOMOGENEOUS FLEET THROUGH THE MATLAB INTERACTIVE SOFTWARE PACKAGE
ALGORITAM ZA PRIMJENU MODELA PROSTOG OBNAVLJANJA HOMOGENOG VOZNOG PARKA KROZ INTERAKTIVNI SOFTVERSKI PAKET MATLAB
Miladin Rakić, Milica Miličić, Radoslav Kojić 148

WAITING TIME AS AN INFLUENCING FACTOR ON THE GAP ACCEPTANCE PROCESS AT ROUNDABOUTS
VRIJEME ČEKANJA KAO UTICAJNI FAKTOR NA PROCES PRIHVATANJA INTERVALA SLJEĐENJA NA KRUŽNIM RASKRSNICAMA
Dunja Radović 158

RISK ASSESSMENT OF AERO-POLLUTION ACCIDENTS IN TRANSPORTATION USING THE „ALOHA“ MODEL
PROCJENA RIZIKA TRANSPORTNIH AKCIDENTNIH AERO-ZAGAĐENJA PRIMJENOM MODELA “ALOHA”
Stevo K. Jaćimovski, Srećko Ilić, Jelena Lamovec, Siniša M. Vučenović, Jovan P. Šetrajčić 165

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PUBLIC TRANSPORT SYSTEM OF INĐIJA AND STARA PAZOVA
UPOREDNA ANALIZA SISTEMA JAVNOG PREVOZA PUTNIKA INĐIJE I STARE PAZOVE
Milan Lazarević, Milan Simeunović, Pavle Pitka, Andrijana Jović, Milja Simeunović 172

STANDARDS OF THE BUS RAPID TRANSIT SYSTEM OF PASSENGERS IN CITIES
STANDARDI SISTEMA BRZOG AUTOBUSKOG TRANSPORTA PUTNIKA U GRADOVIMA
Pavle Gladović, Vladimir Popović, Vesko Lukovac, Milan Stanković 183

ACTION OF CONTROL OF TECHNICAL CORRECTNESS OF MOTOR VEHICLES ON THE INCREASE OF TRAFFIC SAFETY IN THE REPUBLIC OF SRPSKA
AKCIJA KONTROLE TEHNIČKE ISPRAVNOSTI MOTORNIH VOZILA NA POVEĆANJE BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA U REPUBLICI SRPSKOJ
Tihomir Đurić, Miroslav Pavlović, Vladan Đurić, Drago Kovačević 189

THE CALCULATION OF TRAIN RUNNING TIMES ON A CRITICAL SECTION USING DIFFERENT METHODS - EXAMPLE SOPOT KOSMAJSKI – RIPANJ TUNEL SECTION (REPUBLIC OF SERBIA)
PRORAČUN VREMENA VOŽNJE VOZOVA NA KRITIČNOJ DEONICI PRIMENOM RAZLIČITIH METODA - PRIMER DEONICE SOPOT KOSMAJSKI - RIPANJ TUNEL (REPUBLIKA SRBIJA)
Zorica Milanović, Stefan Radojković, Dušan Vujović 197

BEHAVIOR OF ROAD TRAFFIC PARTICIPANTS AT ACTIVE AND PASSIVE LOCAL RAILWAY CROSSINGS IN SERBIA
PONAŠANJE UČESNIKA U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU NA AKTIVNIM I PASIVNIM LOKALNIM PUTNIM PRELAZIMA U SRBIJI
Goran Tričković, Sandra Kasalica, Milan Milosavljević, Snježana Rajilić, Dušan Jeremić 205

THE ROLE OF BLOCK SYSTEMS IN ETCS LEVELS
Sanja Jevtić, Marko Bursać, Goran Tričković, Dragan Jevtić 213

MANAGEMENT OF UNEVENNESS OF THE RAIL HEAD – ASPECT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT
UPRAVLJANJE NERAVNINAMA NA GLAVI ŠINE – ASPEKT ODRŽIVOG RAZVOJA
Milica Mićić, Luka Lazarević, Zdenka Popović 220

SUPERSTRUCTURE TYPES FOR URBAN RAIL SYSTEMS
TIPOVI KONSTRUKCIJA KOLOSEKA GRADSKIH ŠINSKIH SISTEMA
Zdenka Popović, Milica Mićić, Luka Lazarević 228

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF SAFETY AT RAILWAY CROSSINGS BY PARTICIPANTS IN ROAD TRAFFIC USING THE FUZZY TOPSIS METHOD
OCENA STEPENA BEZBEDNOSTI NA PUTNIM PRELAZIMA OD STRANE UČESNIKA U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU PRIMENOM FUZZY TOPSIS METODE
Milan Milosavljević, Sandra Kasalica, Snježana Rajilić, Dušan Jeremić, Zoran Pavlović 236

FUNCTIONALITY OF SHUNTING YARDS IN A MODERN FREIGHT TRANSPORT SYSTEM – CONSIDERATION OF AUTOMATED ROLLING STOCK INSPECTION
FUNKCIONALNOST RANŽIRNE STANICE U SUVREMENOM SUSTAVU – AUTOMATSKI PREGLED VOZA
Adrian Wagner, Michael Thomasitz, Frank Michelberger 244

ANALYSIS OF ICT APPLICATION IN RAYWAY ENTERPRISES IN THE DIGITALIZATION PROCESS
ANALIZA PRIMENE IKT U ŽELEZNIČKIM PREDUZEĆIMA U PROCESU DIGITALIZACIJE
Zoran G. Pavlović, Zoran Bundalo, Veljko Radičević, Marko Bursać 250

ACCEPTANCE OF AUTOMATED VEHICLES IN THE FUTURE TRANSPORT AND LOGISTICS - RESULTS OF STAKEHOLDERS EVALUATION WORKSHOP FOR SLOVAKIA AND CZECHIA
Manon Feys, Evy Rombaut, Peter Márton, Lieselot Vanhaverbeke 257

SINGLE RAILWAY INFRASTRUCTURE MANAGER FOR AN INTERNATIONAL RAILWAY CORRIDOR
Kornél Nagy 264

TEN YEARS OF THE REGULATION 913/2010 CONCERNING A EUROPEAN RAIL NETWORK FOR COMPETITIVE FREIGHT
DESET GODINA UREDBE 913/2010 O EVROPSKOJ ŽELEZNIČKOJ MREŽI ZA KONKURENTNI PREVOZ ROBE
Miroslav Prokić 268

RISK ASSESSMENT OF LEVEL CROSSINGS ON LINE SECTION OSTRUŽNJAVIJAČANI AND THEIR INFLUENCE ON RAILWAY TRAFFIC SAFETY
PROCJENA RIZIKA NA PUTNIM PRELAZIMA NA DIJELU PRUGE OSTRUŽNJA-VIJAČANI I NJIHOVI UTICAJI NA BEZBJEDNOST ŽELJEZNIČKOG SAOBRAĆAJA
Tihomir Subotić, Amna Rahmanović, Marko Vasiljević 275

ECONOMIC EFFECTS OF VERTICAL SEPARATION IN THE RAILWAY SECTOR
EKONOMSKI EFEKTI VERTIKALNOG RAZDVAJANJA U ŽELEZNIČKOM SEKTORU
Jovo Steljić, Lazar Mosurović, Jakša Popović 283

THE CONCEPT OF EFFICIENCY IN ECONOMIC THEORY, EU RAILWAY REGULATION AND DEA METHOD
POJAM EFIKASNOSTI U EKONOMSKOJ TEORIJI, DOKUMENTIMA EU O ŽELEZNICI I DEA METODI
Marija Selaković, Mirjana Bugarinović, Branislav Bošković 291

TRENDS IN THE RAILWAY TRANSPORT OF GOODS BY CONTINENTS
TRENDOVI U TRANSPORTU ROBE ŽELEZNICOM PO KONTINENTIMANA
Ivana Matović, Branislav Bošković 297

NEW APPROACH TO RAILWAY VEHICLE MAINTENANCE MANAGEMENT
NOVI PRISTUP UPRAVLJANJU ODRŽAVANJEM ŽELJEZNIČKIH VOZILA
Nermin Čabrić, Nedžad Branković, Ratko Đuričić 303

SIMULATION OF HIGHER CURRENT HARMONICS FROM NONLINEAR LOADING WITH SMALL POWER
SIMULACIJA HARMONIJSKIH IZOBLIČENJA PRI NAPAJANJU NELINEARNIH POTROŠAČA MALIH SNAGA
Aleksandar Lazić, Branislav Gavrilović 312

NEW CONCEPT OF LOCAL PASSENGER TRAFFIC ON THE RAILWAYS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA WITH SPECIAL REFERENCE TO RAILWAY STATIONS
NOVI KONCEPT LOKALNOG PUTNIČKOG SAOBRAĆAJA NA ŽELJEZNICAMA REPUBLIKE SRPSKE SA POSEBNIM OSVRTOM NA ŽELJEZNIČKE STANICE
Miroslav Đurić, Mirnes Požegić 319

SOLUTION OF THE RADIO NETWORK FOR TRAFFIC MANAGEMENT ON THE SIDE RAILWAYS OF THE SERBIAN RAILWAYS
REŠENJE RADIO MREŽE ZA VOĐENJE SAOBRAĆAJA NA SPOREDNIM PRUGAMA ŽELEZNICE SRBIJE
Damir Zaborski, Vesna Vićić 325

SERVICE FACILITIES AND RAIL RELATED SERVICES. LEGAL REGULATION AND COMPETENCE OF THE DIRECTORATE FOR RAILWAYS
USLUŽNI OBJEKTI I USLUGE U VEZI SA ŽELEZNICOM. PRAVNO UREĐENJE I NADLEŽNOST DIREKCIJE ZA ŽELEZNICE
Branka Nedeljković, Lazar Mosurović, Vida Jerković 334

REDUCTION OF RISKS WHILE TRANSPORTING DANGEROUS GOODS THROUGH THE RAILWAY
SMANJENJE RIZIKA PRI TRANSPORTU OPASNIH MATERIJA ŽELJEZNICOM
Vladimir Malčić, Branko Milovanović, Miloš Ivić, Svetlana Čičević, Rade Cvijanović 343

GOODS AND TRANSPORTATION FLOWS OF SREM ADMINISTRATIVE DISTRICT
ROBNI I TRANSPORTNI TOKOVI SREMSKOG UPRAVNOG OKRUGA
Gordan Stojić, Siniša Sremac, Ilija Tanackov 349

TRANSPORT DEMAND MODELLING IN NETWORKS WITH FLOWS CONSOLIDATION
Armand – Șerban Stere, Ovidiu Harpalete 355

CROWDSHIPPING CONCEPT FOR THE LAST MILE DELIVERY
Mladen Krstić, Snežana Tadić, Jovica Smiljković, Slobodan Zečević 363

HOME DELIVERY TECHNOLOGIES
TEHNOLOGIJE ISPORUKE NA KUĆNU ADRESU
Snežana Tadić, Slobodan Zečević, Miloš Veljović, Mladen Krstić 370

PREDICTIVE MODELING OF TELECOMMUNICATIONS TRAFFIC PERFORMANCE BASED ON MACHINE LEARNING TECHNIQUES
PREDIKTIVNO MODELOVANJE PERFORMANSI TELEKOMUNIKACIONOG SAOBRAĆAJA ZASNOVANO NA TEHNIKAMA MAŠINSKOG UČENJA
Mirko Stojčić, Milorad K. Banjanin 378

THE FUTURE OF THE POSTAL SECTOR IN A "SMART" ENVIRONMENT
BUDUĆNOST POŠTANSKOG SEKTORA U "PAMETNOM" OKRUŽENJU
Mladenka Blagojević, Dejan Marković, Lana Jovković 386

EXPECTED IMPROVEMENTS OF MOBILE SYSTEMS BY INTRODUCING 5G TECHNOLOGY IN THE TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY OF MOBILE SYSTEMS
OČEKIVANA POBOLJŠANJA MOBILNIH SISTEMA UVOĐENJEM 5G TEHNOLOGIJE U TELEKOMUNIKACIJSKOJ INDUSTRIJI MOBILNIH SISTEMA
Amir Adilović, Edvin Škaljo 394

INTERNET OF THINGS IN WASTE MANAGEMENT SOLUTION FOR SMART CITIES
INTERNET STVARI U RJEŠENJU UPRAVLJANJA OTPADOM ZA PAMETNE GRADOVE
Aleksandar Stjepanović, Miroslav Kostadinović, Goran Kuzmić, Mirko Stojčić 401

SIMULATION OF ALOHA IDENTIFICATION PROTOCOL IN RFID ENVIRONMENT
SIMULACIJA IDENTIFIKACIONOG PROTOKOLA ALOHA U RFID OKRUŽENJU
Jovanović Žarko 405

THE APPLICATION OF CONSOLIDATION CENTERS TO POSTAL SERVICES OPERATIONS
PRIMENA KONSOLIDACIONIH CENTARA U FUNKCIJI POŠTANSKOG SAOBRAĆAJA
Biljana Grgurović, Stevan Veličković 414

RC CIRCUIT AS A DYNAMIC SYSTEM
RC KOLO KAO DINAMIČKI SISTEM
Slavko Đurić, Vesna Mišić, Milan Milotić 419

MATERIAL WAREHOUSE MANAGEMENT DATABASE DESIGN
PROJEKTOVANJE BAZE PODATAKA ZA UPRAVLJANJE SKLADIŠTEM MATERIJALA
Željko Stjepanović, Alen Panić 424

ALGORITHM FOR ASSESSING THE CURRENT DRIVER'S ABILITY TO DRIVE A VEHICLE BASED ON EYE PARAMETER RECOGNITION
Gordana Jotanović, Željko Stojanov, Dragan Peraković, Amel Kosovac, Aleksandar Damjanović 431

AUTOMATIC DISCRETIZATION PARAMETERS FOR ASSESSING THE GUILT IN ROAD ACCIDENTS
AUTOMATSKA DISKRETIZACIJA PARAMETARA ZA PROCJENU KRIVICE U SAOBRAĆAJNIM NEZGODAMA
Goran Jauševac, Vladimir Brtka, Dalibor Dobrilović, Branko Jotanović 437

PERSPECTIVE MIGRATIONS OF ERTMS SYSTEM FROM GSM-R TO LTE TECHNOLOGY IN BIH
PERSPEKTIVNE MIGRACIJE ERTMS SISTEMA SA GSM-R NA LTE TEHNOLOGIJU NA PODRUČJU BIH
Faruk Kubat, Popović Goran 444

ANALYSIS OF THE RESULTS OF AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION DEPENDING ON INFLUENTIAL FACTORS
ANALIZA REZULTATA AUTOMATSKOG PREPOZNAVANJA REGISTARSKIH OZNAKA U ZAVISNOSTI OD UTICAJNIH FAKTORA
Belmin Avdić, Aleksandar Gavrić 450

EXPLOITATION OF MOTOR VEHICLES AND MOTORS IN SPECIAL AMBIENTAL CONDITIONS
EKSPLOATACIJA MOTORNIH VOZILA I MOTORA U POSEBNIM AMBIJENTALNIM USLOVIMA
Vojislav Krstić, Božidar Krstić, Nikola Krstić, Mesud Ajanović 457

CONTRIBUTION TO THE DETERMINATION OF VEHICLES BRAKING SYSTEM EFFICIENCY USING MEMS ACCELEROMETERS
Jasmin Šehović, Boran Pikula 467

INCORRECTLY DETERMINED TEHNICAL CONDITION (DIAGNOSTICS) AS A CAUSE OF DIESEL ENGINE FAILURE
NEPRAVILNO UTVRDJENO TEHNIČKO STANJE (DIJAGNOSTIKA) KAO UZROK POJAVE OTKAZA DIZEL MOTORA
Zoran Ćurguz, Ivan Krstić, Božidar Krstić, Siniša Božičković, Miroslav Pavlović 473

THE NEED AND SIGNIFICANCE OF LABORATRORY ACCREDITATION AS AN INSPPECTION BODY FOR TESTING VEHICLES FOR THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS
POTREBA I ZNAČAJ AKREDITACIJE LABORATORIJE U SVOJSTVU INSPEKCIJSKOG TELA ZA ISPITIVANJE VOZILA ZA PREVOZ OPASNIH MATERIJA
Zoran Ćurguz, Božidar Krstić, Ranko Božičković, Vojislav Krstić 480

INSPECTION OF SPECIAL FUNDS FOR THE TRANSPORT OF PERISHABLE FOODSTUFFS
ISPITIVANJE SPECIJALNIH SREDSTAVA ZA PREVOZ LAKOKVARLJIVIH NAMIRNICA
Zoran Ćurguz, Božidar Krstić, Ranko Božičković 490

METHODS OF REDUCING EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES FROM ICE- ENGINES
METODE SMANJENJA EMISIJE ŠTETNIH MATERIJA IZ SUS MOTORA
Milan Milotić, Slavko Đurić 503

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF PROFESSIONAL PRACTICE: A CASE STUDY AT THE FACULTY OF MARITIME STUDIES IN RIJEKA
ANALIZA PROVEDBE STRUČNE PRAKSE: STUDIJA SLUČAJA NA POMORSKOM FAKULTETU U RIJECI
Livia Maglić, Ana Perić Hadžić, Valentina Šutalo 510

BASIC FEATURES OF RIVER TRAFFIC IN THE REPUBLIC OF CROATIA WITH REFERENCE TO THE PORT OF OSIJEK AND THE PORT OF VUKOVAR
TEMELJNE ZNAČAJKE RIJEČNOG PROMETA U REPUBLICI HRVATSKOJ S OSVRTOM NA LUKU OSIJEK I LUKU VUKOVAR
Sara Stanišić, Ines Kolanović 518

IMPACT OF NOISE OF TRANSFORMER STATIONS WITH TRAFFIC CORRIDORS ON THE ENVIRONMENT
UTICAJ BUKE TRAFOSTANICA UZ SAOBRAĆAJNE KORIDORE NA ŽIVOTNU SREDINU
Dragiša Đorđić, Slavko Đurić, Milan Milotić 524

ERLANG'S MULTI-CHANNEL MASS SERVICE SYSTEM MODEL WITH TWO TYPES OF CLIENTS
MODEL ERLANGOVOG VIŠEKANALNOG SISTEMA MASOVNOG OPSLUŽIVANJA SA DVA TIPA KLIJENATA
Vesna Mišić 529

CHALLENGES OF DEVELOPMENT AND BUSINESS STRATEGY IN THE CONDITIONS OF THE KOVID 19 PANDEMIC ON THE EXAMPLE - PE "SUBOTICATRANS" SUBOTICA AND AD "SEVERTRANS" SOMBOR
IZAZOVI RAZVOJA I STRATEGIJA POSLOVANJA U USLOVIMA PANDEMIJE KOVID 19 NA PRIMERU – JP “SUBOTICATRANS” SUBOTICA I AD “SEVERTRANS” SOMBOR
Dejan Gligović, Siniša Božičković, Slobodan Subotić, Duško Laković, Dragan Vukasović 533

TRAFFIC NETWORKS AS A FACTOR OF ECONOMIC DEVELOPMENT AND REGIONAL CONCENTRATION OF ECONOMIC ACTIVITIES
SAOBRAĆAJNE MREŽE KAO FAKTOR EKONOMSKOG RAZVOJA I REGIONALNE KONCENTRACIJE PRIVREDNIH DJELATNOSTI
Siniša Božičković, Cviko Jekić, Zumreta Galijašević, Milan Eremija, Saša Ostojić 541



INVITED PAPERS

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

IMPLEMENTATION OF NEW PARADIGMS OF THE WHOLES IN CYBER-PHYSICAL SYSTEM OF TELECOMMUNICATIONS TRAFFIC AND DIGITAL SERVICES

IMPLEMENTACIJA NOVIH PARADIGMI CELINA U SAJBER-FIZIČKOM SISTEMU TELEKOMUNIKACIONOG SAOBRAĆAJA I DIGITALNIH USLUGA

Milorad K. Banjanin[a], Mirko Stojčić[b]

[a] *Department of Computer Science and Systems, University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, milorad.banjanin@ff.ues.rs.ba*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, mirko.stojcic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Today, the New Horizons in Traffic and Communications are in the digital age with the rapid transition of the most important life needs of people into the digital space. Digitization products structure a new era of technological development of application and maintenance of new Cyber-Physical Systems (CPS) of a special type or set of systems with different degrees of their autonomy that achieve common goals by adapting the composed whole to a given ambient intelligent environment. Autonomous units are not necessarily integrated, but they inevitably cooperate functionally and process-wise as a resilient and adaptable ICT ecosystem. New categories of logic problems are most often solved using ANN as the most powerful machine learning technique and an alternative approach compared to conventional computer logic. Modeling and design of CPS are the tasks of engineers of a new profile that is significantly different from the engineers of the classical type. For this purpose, the paper analyzes the implementation of four modern paradigms of the whole: 1) STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics); 2) OSAD (Open Science & Open Access to Open Data); 3) BDTW (Big Data and modern ICT for DWT processing and storage); 4) MOTE (Man, Organization, Technology, Environment) in the modular structuring of CPS, whose inherent and essential complexity of emergent scenarios must take into account the fact that the usual CPS architecture is built by models of physical processes as well as software, computer platforms and networks. In that architecture, special importance belongs to the learning module, decision module and modular networks with several components (LTE, software, social, traffic, transport, IoT...). Between physical processes and network computing, embedded computing calculations are feedback loops through which sensors, actuators, physical dynamics, deep learning algorithms, software failures, network disputes, and communication delays are managed.*

Key words: *CPS, STEM problem unit, OSAD open science resource unit, BDTW big data and data warehouse treatment unit in cloud computing, MOTE business unit, machine and software adaptation in autonomous units of elastic structure, integration of physical processes and computing in adaptable networks, multimodal interaction field network communications, digital services in the structure of CPS*

Apstrakt: *Danas su Novi horizonti u saobraćaju i komunikacijama u digitalnom dobu sa brzom tranzicijom najznačajnijih životnih potreba ljudi u digitalni prostor. Proizvodi digitalizacije strukturiraju novo doba tehnološkog razvoja primene i održavanja novih sajber fizičkih sistema (CPS) posebnog tipa ili skupa sistema sa različitim stepenom njihove autonomije koji postižu zajedničke ciljeve kroz prilagođavanje komponovane celine datoj sredini ambijentalno inteligentnoj. Autonomne jedinice nisu obavezno integrisane ali neizostavno funkcionalno I procesno sarađuju kao otporan i adaptabilan IKT ekosistem. Nove kategorije logičkih problema najčešće se rješavaju pomoću ANN kao najmoćnije tehnike mašinskog učenja i alternativnog pristupa u odnosu na konvencionalne računarske logike. Modelovanje i dizajn CPS su zadaci inženjera novog profila koji je bitno različit od inženjera klasičnog tipa. U tu svrhu se u radu analizira implementacija četiri savremene paradgme celine:1)STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics); 2) OSAD (Open Science&Open Acess to Open Data); 3) BDTW(Big Data i savremene ICT za obradu i skladištenje DWT); 4) MOTE (Man, Organization, Technology, Enviroment) u modularnom*

strukturiranju CPS, čija inherentna i suštinska složenost pojavnih scenarija mora uzeti u obzir činjenicu da uobičajenu arhitekturu CPS-a grade modeli fizičkih procesa kao i modeli softvera, računarske platforme i mreže. U toj arhitekturi poseban značaj pripada modulu učenja, modulu odlučivanja i modularnim mrežama sa više komponenata (LTE, softverskih, socijalnih, saobraćajnih, transportnih, IoT..). Između fizičkih procesa i mrežnog computinga, proračuna ugrađenih računara su petlje povratnih informacija preko kojih se upravlja senzorima, aktuatorima, fizičkom dinamikom, algoritmima dubokog učenja, otkazima softvera, mrežnim sporovima i kašnjenjima u komunikaciji.

Ključne reči: *CPS, problemska cjelina STEM, resursna cjelina otvorene nauke OSAD, cjelina tretmana big data i data warehouse BDTW u cloud computingu, poslovna cjelina MOTE, mašinsko i softversko prilagođavanje u autonomnim jedinicima elastične strukture, integracija fizičkih procesa i kompjutinga u adaptabilnim mrežama, interakciono polje multimodalne mrežne komunikacije, digitalne usluge u strukturi CPS*

1. UVOD

Sajber-fizički sistem (CPS) je konceptualno nova generacija složenih sistema upravljanja čiji „kontekst“ daje nove mogućnosti interaktivne komunikacije različitih sajber i fizičkih komponenata i obradu podataka tehnologijama koje ranije nisu postojale. Kako se navodi u [1] suština tih novina je u povezivanju multimodalnih komponenata složenog CPS u elastičnu hijerarhijsku strukturu čiji se procesi računarski i fizički integrativno obrađuju a “ugneždeni” računari u mrežama nadlegadaju i kontrolišu fizičke procese, najčešće sa petljama povratnih informacija. Treba naglasiti da se fizički procesi realizuju u kompoziciji mnogih paralelnih dešavanja istovremeno, dok su softverski procesi duboko ukorenjeni u sekvencijalnim koracima [2]. Zbog toga Abelson i Sussman [2] opisuju informatiku kao „proceduralnu epistemiologiju“, znanje kroz postupak.

Pošto su u fizičkom svetu procesi retko proceduralni, glavni zadaci ugneždenih sistema su merenje performansi i kontrola dinamike ovih procesa orkestriranjem akcija koje utiču na te procese. Kontrolni sistemi su svesni konteksta a elastični upravljački sistemi funkcionišu sa automatski generisanim interfejsima [3]. Svesnost konteksta omogućava inovativna podešavanja za pravovremene korektivne promene holonskog sistema CPS, u kome više funkcionalnih komponenata sistema, sa različitim stepenom autonomije, postižu zajedničke ciljeve kroz prilagođavanje datoj sredini [4].

Uobičajena arhitektura CPS-a sastoji se od *modela fizičkih procesa* kao i *modela softvera, računarske platforme i mreže*. Petlja povratnih informacija između fizičkih procesa i softverskih procesa obuhvata senzore, aktuatore, fizičku dinamiku, proračune, otkaze softvera i mrežne sporove i kašnjenja u komunikaciji. U odnosu na tradicionalne komunikacione sisteme CPS ima sposobnost kontrole u realnom vremenu preko povratne petlje i donošenje odluka u vezi sa prilagodljivošću, rekonfigurabilnošću, brzim odzivom i robusnosti, odnosno sa dodatnim funkcionalnostima sposobnosti za „Povratne petlje tamo gde utiču fizički procesi na softverske-proračune “. Te „stare“ funkcionalnosti, ali sada na kvalitativni novi način, pružajući odziv sistema u realnom vremenu, obezbeđuju se primenom novih računarskih tehnologija kao što su *računarstvo u oblaku* i *sveprisutno računarstvo, Internet stvari (IoT), Web 2.0; Web3.0,* i Web *4.0, brzi Internet* i slično.

Cilj ovoga rada je da ukaže na pojedine paradigme koje se mogu koristiti u modelovanju i dizajnu CPS telekomunikacionog saobraćaja i digitalnih usluga u kontekstu velikih podataka-big data i velikog broja korisnika. Viziju takvog pristupa modelovanju mogu imati inženjeri i naučnici novog profila bitno različitog od klasičnog. U tu svrhu u radu se analizira implementacija četiri savremene paradgme celine naučnog sistema: 1) STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics); 2) OSAD (Open Science&Open Acess to Open Data); 3) BDTW (Big Data i savremene ICT za obradu i skladištenje DWT); 4) MOTE (Man, Organization, Technology, Enviroment).

2. ANALIZA PARADIGMI CELINE NAUČNOG SISTEMA U ISTRAŽIVANJU, MODELOVANJU I DIZAJNU SAJBER-FIZIČKIH SISTEMA

A) Paradigma PROBLEMSKE CELINE nauka, tehnolgija, inženjering, matematika (STEM)-Science, Technology, Engineering, Mathematics

A1) NAUKA je, po definiciji, sistemska celina naučnog znanja, istraživačkih metoda, tehnika, instrumenata i tehnologije u interakcijama sa višedimenzionalnim kompetencijama i iskustvima istraživača u određenoj oblasti i kontekstu dinamičke strukture četiri konstrukciona elementa - predmet, metodologija, sistem znanja i jezik interpretacije.

- **predmet** (suština orijentacije u naučnom istraživanju)-domen problema ili fenomena koji je definisan u formulisanoj temi monodisciplinarne a najčešće multidisciplinarne oblasti čija se suština istažuje, komparativno proverava, jasno i jednoznačno definiše, smisaono određuje;
- **metodologija**-dovoljno razvijene teorijske i praktične osnove (koncepti i konstrukti), metode, postupci, tehnike i instumenti koji su dokumentovano korišteni u proučavanju predmeta istraživanja i njegove suštine;
- **sistem naučnog znanja**- fond saznanja iz oblasti naučne discipline i komplementarnih interdisciplinarnih i multidisciplinarnih oblasti iz kojih je generisan repertoar kodiranog eksplicitnog znanja koherentno *sastavljen* i upotrebljen u predmetu i metodologiji predmetnog istraživanja;
- **jezik interpretacije**-kategorisani i ostali pojmovi, termini, sintagme i simboli za predstavljanje i prezentovanje saznanja o predmetu i suštini fenomena ili pojava koje fokusira interdisciplinrni naučni sistem tematskog istraživanja.

A2) TEHNOLOGIJA u ovoj paradigmi obuhvata IT za obradu podataka u užem i širem smislu, nove IT za integrisanje fizičkih i softverskih procesa u složenim inženjerskim sistemima, adaptabilni procesi u savremenim komunikacionim sistemima, CT-kodiranje/dekodiranje, modulacije, A/D, mrežne ETL, ICT u postupcima modelovanja, adaptivnog modelovanja, generisanju prediktivnih modela; TAI-tehnologije veštačke inteligencije-mašinsko učenje (ML), Veštačke neuronske mreže-ANN kao najčešća tehnika mašinskog učenja a učenje se odnosi na zadatak T učenje funkcija (aktivaciona, prenosna, izlazna-sigmoidna) koje može biti nadgledano, nenadgledano i sa podrškom, Objašnjenje pojma **mašinsko učenje** povezuje se sa računarskim programom koji uči iz iskustva (E - Experience) kako se izvodi neki zadatak (T – Task) prema utvrđenoj mjeri izvođenja (P – Performance) ukoliko se njegovo izvođenje zadatka T, mjereno sa P, poboljšava sa iskustvom E. Zakoni učenja-Učenje korekcijom greške, Hebbovo učenje, Kompetitivno učenje, Boltzmannovo učenje, Thorndikeovo učenje; Duboko učenje (DL), (ST)-naučne tehnologije.

A3) INŽENJERING je oblast u kojoj je *istraživački analizirano, modelovano, dizajnirano, strukrurirano i funkcionalno primenjeno* više rešenja koja pripadaju domenu složenih inženjerskih sistema. Složenost inženjerskih sistema definišu sastavne komponente ili autonomni moduli i konstelacija odnosa među njima a dimenzionirani su sa nekoliko međusobno uparenih aspekata:

a) *tehničkog* aspekta kojim se dimenzioniše složen protok informacija, energije, mase, i vrednosti, i
b) *humanističko-društvenog* aspekta kojima se dimenzioniše značajan uticaj organizacionih faktora u intrasistemskom domenu (responzibilnost) i ekstrasistemskom domenu (strategičnost).
c) aspekta *stvarnosti* što podrazumeva da inženjerski sistemi postoje u fizičkom svetu kao konkretno izgrađeni i egzistirajući),
d) aspekta *izgrađenosti od strane ljudi* (inženjerski sistemi su uvek dizajnirani i izgrađeni kao veštački, a ne prirodni sistemi),
e) aspekta *otvorenosti za ulaze i izlaze* ali u jasno definisanim granicama.To znači da se razmena materije, energije, informacija i vrednosti vrši se preko granica sistema uz validnost zakona održivosti mase, energije, informacione i funkcionalne vrednosti.
f) aspekta *dinamičnosti u vremenu* što podrazumeva da je funkcionisanje sistema vremenski promenljivo u njegovoj celini ili u njegovim podsistemima uz kontrolu održavanja operativne gotovosti, funkcionalne podbnosti i pouzdanosti,
g) aspekta *hibridnosti* koja podrazumeva kombinovanje *kontinuanih* stanja sistema sa *diskretnim* stanjima u njegovoj funkcionalnoj analizi,
h) **a**spekta *dualnosti* mehanizama *kontrole* (delimična ljudska kontrola s autonomnim elementima) i
i) aspekta *namene*-dizajniran je za ljudske potrebe koje se sve više vezuju za digitalni prostor i interakcije fizičkih i digitalnih procesa.

Pri odabiru vrste pristupa modelovanju koji se koriste uzimaju se u obzir:

- *Ciljna namena modela* (za prognoziranje, predviđanje-predikaciju, donošenje odluka, razumevanje sistema, mrežno učenje, društveno učenje),
- *Vrste dostupnih podataka* (kvalitativni, kvantitativni ili obe vrste koji su po računskoj tipologiji podataka binarni, kategorijski, kontinualni-realni, celobrojni, fuzzy, prezistentni ili temporalni…),
- *Tipovi korisnika modela,* odnosno struktura uslova obzirom na prostornu i vremensku komponentu sistema i kontrolu neizvesnosti.

A4) MATEMATIKA u kontekstu ovog rada se posmatra kao sistem znanja iz algebre, geometrije, teorije grafova, teorije algoritama, i drugih oblasti zasnovan na matematičkom mišljenju kao procesu uviđanja odnosa i veza između elemenata u datoj situaciji. Matematički procesi su simbolički procesi rešavanja problema i donošenja odluka na osnovu korišćenja koncepata, pojmova, reči i predstava u modelovanju sistema i realnih

procesa. Upravo matematičkim modelovanjem se mogu generisati računarski i simulacioni modeli pomoću kojih se predstavlja stvarna pojava u funkcionisanju telekomunikacionog saobraćaja u mrežama novijih generacija (4G, 5G,..), kojima se eksperimentalno ili simulacijom istraživani i dobijeni podaci prenose sa modela na realna rešenja u formi algoritama, konceptualnih shema, grafova, tabela sa uparenim komponentama i vrše kvantitativne analize sa primenom probabilističkih i statističkih zakona, indikatora evaluacije i komparacije vrednosti istraživačkih ulaznih, prelaznih i izlaznih procesnih varijabli, korištenju standardnih i generisanju posebnihi formula i protokola ponašanja sistema u određenom procesnim strukturama.

Za analizu složenih sistema koriste se *formalne metode svojstava* koje čine tehnike zasnovane na matematičkim i logičkim okvirima za specifikaciju i verifikaciju složenih sistema. *Svojstva* se mogu izražavati različitim konceptima kao što su *nedeterminizam, paralelizam, distribucija, realno vreme, stohistički fenomeni* itd. Zbog obezbeđivanja pouzdanosti i tačnog funkcionisanja na primer *softverskih sistema* njihov dizajn i verifikacija moraju biti matematički zasnovani.

Formalno specifikovanje podrazumeva definisanje sistema *jezikom za modelovanje* koji koristi tačnu matematičku sintaksu i semantiku. Takođe, kada se kreira formalna specifikacija, model može demonstrirati skup svojstava sistema.

Jedna od najčešće korišćenih formalnih metoda za analizu složenih sistema je *procesni račun* ili *procesna algebra* koja daje precizan matematički okvir sa dobro definisanom *sintaksom* i *semantikom.* Sintaksa, kao prva komponenta procesne algebre, sadrži sva neophodna pravila za građenje pojmova od *operatora* i drugih *konstruktora jezika*.

Jezik modelovanja mora biti sintaksički određen da bi se mogao obezbediti konzistentan način za opisivanje ponašanja sistema koji se modeluje. To opisivanje ponašanja sistema koji se modeluje je u domenu semantike u procesnim proračunima ili algebrama raznolike porodice povezanih pristupa za formalno modelovanje složenosti sistema koje je fokusirano na specifikaciju i manipulaciju termina procesa indukovanih kolekcijom *operatorskih simbola*.

Simboli operatora se koriste za izgradnju konačnih procesa, njihovog paralelnog izvršavanja, komunikacije i nekog oblika rekurzije. Rekurzivno ponašanje sistema podrazumeva situacije samodejstva na način da sistem sam sebi šalje određene poruke (rekurzivne poruke) u scenariju složenih interakcija ili kounikacionom protokolu. Međutim, treba naglasiti da procesni proračuni imaju određena ograničenja za determinisanje opisa obrazaca dinamičke evolucije sistema, a za prevazilaženje tog problema koriste se *adaptabilni procesi*. Upravo, ti adaptabilni procesi omogućavaju sistemska rešenja velike složenosti sa fleksibilnom strukturom ili visokim stepenom samostalnosti pojedinih komponenata kao u reprezentativnom slučaju pojedinih komponenata (na primer IoT) CPS telekomunikacionog saobraćaja i digitalnih usluga

Proračun *adaptabilnih procesa* je, najčešće, varijanta *Milnerovog* **CCS-a** (*Milner's Calculus of Communicating Systems (CCS)* bez restrikcija i ponovnog označavanja, sa proširenjem konstruktima *Locirani proces***,** označen l [P], kao proces P na lokaciji koja se zove ugneždena i *Lokacije* koje mogu biti proizvoljno ugneždene, što omogućava deskripciju apdaptibilnih procesa smislene hijerarhijske strukture sa ciljem predstavljanja dinamičkog rekonfigurisanja ili ažuriranja procesa komunikacije sistema.

B) Paradigma CELINE OTVORENIH RESURSA u naučnim istraživanjima (OSAD)- *Open Science&Open Acess to Open Data*

B1) OTVORENA NAUKA (OS) je termin koji ne označava neku posebnu naučnu oblast ili domen istraživanja već pokret digitalizacije naučne produkcije i procesa kojim se omogućava da se ostvare četiri funkcionalna cilja:

(1) otvoreni pristup naučnoj literaturi;
(2) dostupnost podataka prikupljenih u naučnim istraživanjima,
(3) transparentnost naučne komunikacije i metodologije i
(4) razvoj digitalne infrastrukure koja omogućava ostvarivanje prethodna tri cilja.

Dakle, *otvorena nauka*, ili ranije *e-nauka*, je *digitalna infrastruktura* koja mogućava naučnicima da vrše „brža, bolja ili kompleksnija" istraživanja. To uključuje programe razvoja novih alata, tehnologija i infrastruktura za podršku razvoju multidisciplinarne i interaktivne nauke i novih iskustava istraživača u promenjenoj okolini naučnoistraživače delatnosti. Banjanin [5] konstatuje da „e-nauka doprinosi razvoju novih struktura iskustva istraživača - *nova iskustva* nastaju iz različitih načina posmatranja ljudi u interakciji sa tehnologijama, ljudi u interakciji sa ljudima i tehnologijama, tehnologije u interakciji sa drugim tehnologijama, procesa u interakciji sa drugim procesima, tehnologijama i ljudima,...". Suština razvoja digitalne infrastrukture je prije svega holistička podrška novim profilima istraživača, koji imaju viziju o novim dimenzijama prototipova, eksperimenata, iskustva i menadžmenta znanja, multidimenzionalne saradnje na

novim istraživačkim platformama koje su aktuelno digitalne. Razlika između istraživačkih projekata u prošlosti i istraživačke platforme po digitalnom modelu je ta da su istraživački projekti veći u razmeri i obimu, kompleksniji po strukturi i komunikaciji angažovanih istraživača ali i bržim i sigurnijim performansama istraživačkog procesa nego u konvencionalnoj metodologiji, što je nametnulo nove izazove u naučnoj komunikaciji okrenutoj ka postizanju ciljeva.

B2) OTVOREN PRISTUP (OA)- Termin "otvoren" poseduje niz kontekstno-zavisnih značenja pri čemu se u prvi plan stavljaju različiti aspekti otvorenosti:

- OTVORENOST SPECIFIKACIJE – mogućnost njenog proširivanja uz oslonac na standardizovani mehanizam;
- OTVORENOST PROCESA FORMULISANJA – mogućnost participacije u procesu formulisanja gradivnih elemenata;
- PITANJE VLASNIŠTVA I AUTORSKIH PRAVA - ko je nosilac autorskih prava, a ko prava vlasništva.

Internet je postao potpuno otvoren i globalan fenomen, a digitalne tehnologije lako dostupne tako da VLADE POJEDINIH ZEMALJA sada imaju mogućnost da transformišu svoje usluge kako bi bile efikasnije i pristupačnije svojim korisnicima. Svaka vlada bi trebalo da bude otvorena i transparentana u vezi sa svojim odlukama. Odluke moraju biti zasnovane na činjenicama, odnosno zasnovane na proverenim informacijama i podacima i trebaju biti logične građanima-korisnicima usluga.

B3) DEFINICIJA „OTVORENOG STANDARDA" (OS) - zadovoljava sledeće principe u naučnoj delatnosti:

- *Raspoloživost* (*Avaliability*) – otvoreni standard je raspoloživ za analizu i primenu bez ograničenja.
- *Prepuštanje korisniku najšire mogućnosti izbora* (*Maximize end'User Choice*) – formiranje fer i konkurentnog ambijenta za primenu standarda. Nijedan proizvođač niti interesna grupa nema monopol nad specifikacijom.
- *Nepostojanje nadoknade* – može se implementirati i koristiti bez posebne nadoknade.
- *Nepostojanje diskriminacija* – implementacija ne favorizuje implementatore.
- *Proširivost i mogućnost formiranja podskupova* – Specifikaciju je moguće proširivati.

Iz specifikacije je moguće izdvajati podskupove delova i na osnovu njih formirati druge specifikacije.

U procesu proširivanja i izdvajanja neophodno je obezbediti poštovanje principa **referenciranja** pri korišćenju.

Referenciranje pri korišćenju označava postojanje mehanizama licenciranja koji preveniraju mogućnost kompromitovanja standarda. Podrazumeva obavezu referenciranja u publikacijama i primenama.

B4) OTVORENI PODACI (OD) je koncept po kome određeni podaci treba da budu *javno objavljeni i dostupni svima za korišćenje,* bez ograničenja preko autorskih prava, ili drugih mehanizama. Koncept Otvorenih podataka je dobio na popularnosti razvojem Interneta i Veba, a posebno pojavom inicijative *Otvorena vlada sa otvorenim podacima*.

Razmena primarnih istraživačkih podataka s drugim istraživačima je jedan od osnovnih principa otvorene nauke. Pitanje razmene istraživačkih podataka odnosi se i na efikasnu i odgovornu upotrebu javnog novca koji se ulaže u istraživanja i koji omogućuje istraživačima adekvatnu razmenu aktuelnih naučnih informacija. Moguću dobit od deljenja primarnih istraživačkih podataka predstavlja i omogućavanje odgovora na nova istraživačka pitanja na osnovu postojećih podataka, promovisanje saradnje između različitih istraživačkih timova i različitih naučnih disciplina, razmena znanja o najboljim metodama za prikupljanje podataka i pratećim analizama, obezbeđivanje adekvatnog tretmana prikupljenih podataka, uz njihovo jasno specifikovanje i opisivanje, nezavisna provera dobijenih rezultata istraživanja i razvoj i testiranje novih istraživačkih metoda (www.bg.ac.rs).

Primarni istraživački podaci dele se s drugim istraživačima najčešće iz dva razloga:

a) Provera i verifikacija analize podataka (provera replikabilnosti rezultata istraživanja)
b) Upotreba podataka u novim istraživanjima.

Adekvatna priprema istraživačkih podataka za ponovnu upotrebu pretpostavlja da su podaci pristupačni, dostupni, interoperabilni i višekratni. Ovi zahtevi su poznati kao FAIR principi za tretman istraživačkih podataka.

Prikupljanje i priticanje podataka u mrežu odvija se preko igara preko mreže, automatskog prepoznavanja lica, autonomnih vozila ili interneta stvari (IoT) kao i tehnologije proširene stvarnosti (AR). Sve navedene tehnologije proizvode izuzetno velike količine podataka koji pritiču u telekomunikacionu mrežu. To značajno utiče na opterećenje mreže i mrežnog saobraćaja kao i na kašnjenje u prikupljanju i prenosu podataka [6, 7].

Ovakvi zahtevi su izvan onoga što se centralizovanim računarskim modelima, poput računarstva u oblaku, može ponuditi [6]. Čak i mali problemi mogu dovesti do velikog zastoja u komunikaciji aplikacija i uslugama od kojih ljudi zavise. U literaturi se navodi primer koji se nedavno desio još jedan je u nizu otkaza na Amazon Web Services (AWS) platformi [8]. Zbog tog otkaza platforma je bila nedostupna korisnicima i aplikacijama, a kao rezultat nedostupnosti platforme velika količina aplikacija i servisa, koji se izvršavaju preko interneta, postaje potpuno nedostupna korisnicima i na kraju neupotrebljiva.

C) Paradigma CELINE TRETMANA BIG DATA (BDTW) i savremene ICT za obradu i skladištenje DWT velikih količina podataka u strukturi CPS

C1) BigData (BD) su velike i kompleksne kompilacije podataka i informacija čiji su glavni parametri 3V- *Volume* (obim), *Variety* (raznovrsnost) i *Velocity* (brzina). Nastaju kao rezultat različitih digitalnih procesa i produkcije društvenih medija. Proizvode ih mnogobrojni i različiti izvori tj. čitaju se sa senzora i sličnih uređaja, klimatskih senzora, brojača saobraćaja, GPS uređaja, skenera na kasama u maloprodaji i sl., sa Web stranica i računarskih sistema preko logovanja na veb, iz Internet pretraživanja, e-maila, blogova i komentara, iz sadržaja poruka sa mobilnih uređaja-praćenje mobilnog telefona, senzora za lokaciju automobila, satelitskih snimaka [9], fiksiranih senzora, sa slika: Instagram, Flicklr, Picasa, Video: Youtube itd. Društvenih mreža: Facebook, Twitter, itd.

Pored prethodnog moćni su i izvori biznis podataka - Kreditne kartice, Evidencije o bankarstvu/zalihama, komercijalne transakcije, Mapa kreiranih od strane korisnika, ličnih dokumenata. Teško ih je prikupljati, ažurirati, skladištiti, pretraživati, grafički prikazivati, utvrđivati raspodele, obrađivati pomoću standardnih, trenutno dostupnih metoda i alata za uređivanje podataka i naročito vršiti *analizu podataka*. Obim podataka se povećava usled ubrzanog razvoja ICT- rast količina podataka baziranih na transakcijama: u telekomunikacijama (mobilna telefonija, pre svega), bankarskom poslovanju, osiguranju, medicinskim uslugama, i sl. Raste i broj nestrukturiranih podataka koji dolaze od strane društvenih medija.

C2) Tehnologija skladištenja (**TW)** i izvlačenja značajnih i vrednih informacija iz big data, za koje je neophodno imati optimalnu moć obrade, analitičke mogućnosti i veštine. Tehnologija r*ačunarstvo u oblaku* je model koji omogućava sveprisutan, praktičan mrežni pristup na zahtev zajedničkom skupu konfigurabilnih računarskih resursa (npr. mrežama, serverima, velikim skladištima-centrima podataka, aplikacijama i servisima) koji se mogu brzo obezbediti i objaviti uz minimalan napor i minimalnu interakciju sa pružaocem usluga. **Smart city tehnologije** koje se baziraju na uvođenju inteligentnih uređaja u domaćinstvima i tehnologija za merenje (potrošnje struje, gasa i sl. – smart meters).

C3) CC- ***(Cloud Computing)*** kao tehnologija u kojoj se preko mreže pristupa resursima koji su smešteni na udaljenim serverima je sveobuhvatan, praktičan, deljivi izvor resursa u koje spadaju softver, baze podataka, hardver i različite usluge (proračuni, pristup podacima i drugo) pri čemu krajnji korisnici ne moraju da znaju fizičku lokaciju i konfiguraciju davaoca resursa odnosno usluga.

Rad na oblaku otvorenih povezanih podataka započet je 2007. godine sa 12 međusobno uvezanih baza podataka. Pojam "oblak" široko je rasprostranjen i u oblasti semantičkog veba. Dodavanje imenice oblak uz LOD ukazuje na veliku količinu podataka koja je toliko obimna i složena da se teško obrađuje uz pomoć postojećih alata i koja se nalazi na različitim mestima na vebu i poziva preko različitih servera. Ovakvo okruženje posebno je značajno za biblioteke i druge institucije kulture jer je, sa jedne strane, finansijski povoljnije od održavanja pojedinačnih sistema u pojedinačnim institucijama, dok s druge strane, manje biblioteke ili pojedinačni projekti na ovaj način imaju priliku da strukturisane podatke koje poseduju uvežu sa srodnim resursima na vebu i postanu vidljiviji i bolje povezani.

Tradicionalnim modelom računarstva u oblaku pružaju se ogromni procesni i skladišni resursi za podržavanje različitih potreba aplikacija po zahtevu korisnika. Međutim, do problema u vidu velike latencije ili kašnjenja u sistemu dolazi kada se BD prebacuju sa svog izvorišta u oblak jer propusni opseg često ne može podržati velike zahteve. Kao dokazni primeri u literaturi se navode aviomodel **Boeing 787** koji generiše pola terabajta podataka po jednom letu, dok **autonomni automobil** generiše dva petabajta podataka tokom samo jedne vožnje [10].

Analize modelovanja i implementacije *distribuiranih softverskih sistema* ukazuju na probleme u komunikaciji čvorova preko mreže koja nije sigurna i pouzdana jer mnogobrojne p**oruke** *mogu da kasne, mogu da stignu u različitom redosledu* ili *da ne stignu*. James Gosling i Peter Deutsch, kreirali su listu problema za mrežne aplikacije poznate kao *8 zabluda distribuiranih sistema* [11]:

- Prva zabluda je da je *mreža pouzdana* jer je u suštini prilično nepouzdana zbog *prekida napajanja, prekida kablova, problema u okruženju*, itd.

- Druga zabluda je da *ne postoji kašnjenje* u mreži što je nemoguće tvrditi posebno u internet komunikaciji u kojoj se koristi izuzetno kompleksna mrežna komunikacija računarstva u oblaku.
- Prema trećoj zabludi *Propusnost u mreži je beskonačna*. Realno stanje je da zbog povećanja količine podataka koji se prebacuju na obradu ili skladištenje ova tvrdnja je neodživa I pored toga što se poboljšava I povećava širina propusnog opsega.
- Pored prethodnih naredne zablude su da je Mreža sigurna i da je homogena**,** da se Topologija ne menja i da ne postoje troškovi transporta**.**
- Poslednja ili osma zabluda je da *postoji samo jedan administrator* a u suštini postoje brojni administratori- za veb servere, baze podataka, keš memoriju i slično.

C4) NOVA PARADIGMA CC - IVIČNO RAČUNARSTVO (EC). Iako razvoj distribuiranih sistema traje već nekoliko decenija, problemi koji se javljaju prilikom njihovog razvoja su i dalje identični. Kao odgovor na probleme koji mogu nastati kao posledica kašnjenja, nedostupnosti usluga u računarstva u oblaku, malicioznih napada, ali i usled kvara nekog od resursa na mreži [12], nastala je nova paradigm tzv. *ivično računarstvo* (eng. *edge computing - EC)* [13]. EC je model u kome se procesne i skladišne mogućnosti računarstva u oblaku prebacuju u blizini izvora podataka [13]. Tokom prethodnih godina, pojavili su se razni modeli koji spuštaju obradu i skladištenje podataka bliže izvorištu, poput fog računarstva [14], cloudlet-a [15, 16] i mobilnih ivičnih računara (MEC) [17].

EC modeli uvode male servere koji se arhitekturalno nalaze između izvora podataka i oblaka**.** Tipično je za ove servere da imaju manje mogućnosti u poređenju sa serverima u oblaku [18]. Prednost malih servera je u tome što se oni mogu nalaziti na različitim lokacijama, na primer u baznim stanicama [17], gradskim centralama, restoranima, bolnicama, školama, kompanijama, ili mogu biti rasprostranjeni po geografskim regionima, a sve to kako bi se izbeglo kašnjenje i povećala propusnost [15].

Ideja malih servera sa različitim računskim, skladišnim i mrežnim resursima pokreće zanimljive istraživačke ideje. Korišćenje resursa, koji su organizovani lokalno kao mikro oblaci [18], oblaci zajednice ili ivični oblaci, [19] predlažu Riden i saradnici. U svom radu [20] Greenberg i saradnici ističu da se *mikro centri za obradu podataka (μDCs)* koriste prvenstveno kao čvorovi u mrežama za distribuciju sadržaja i u drugim "loše distribuiranim" aplikacijama, pružajući agilnost kao ključnu karakteristiku. Ovde agilnost podrazumeva sposobnost dinamičkog rasta i smanjenja potrebe za resursima kao i upotrebe resursa sa optimalne lokacije [20].

μDC su zanimljiv model u području brzih inovacija i razvoja. Zonska organizacija malih servera, koju su predstavili Guo i saradnici [21] u primeni kod pametnih vozila daje zanimljivu perspektivu o EC-u. Autori su pokazali kako modeli koji dele oblast na zone omogućavaju kontinuitet dinamičkih usluga i smanjuju primopredaju veze. Takođe, pokazali su kako da se pokrivenost malim serverima prenese na veću zonu, čime se proširuju računarska snaga i kapacitet skladištenja podataka.

EC potiče iz peer-to-peer sistema, kako su to pretpostavili Lopez i saradnici, ali ga proširuju u novim pravcima i pružaju mogućnost integracije sa računarstvom u oblaku [13]. U svom radu, Kurniawan i saradnici [22] pokazali su vrlo lošu skalabilnost u centralizovanim modelima mreža za isporuku sadržaja (CDN) u oblaku. Autori su predložili decentralizovano rešenje koristeći nano centre za obradu podataka koje čine mrežni uređaji u kući [22]. Ovi centri za obradu podataka opremljeni su, takođe, sa nešto skladišnog prostora. Pokazana je moguća upotreba nano centara za obradu podataka čak i za neke velike primene sa jednom izuzetno bitnom prednošću – mnogo manjom potrošnjom energije.

μDC-ovi sa zonskom organizacijom servera dobra su polazna osnova za izgradnju EC-a (koja može biti ponuđena kao servis korisnicima), ali i mikro računarstva u oblaku jer se može relativno jednostavno proširiti računarska snaga i skladišni kapacitet koji opslužuju lokalne korisnike. Međutim, da bi se to postiglo, potreban nam je dostupniji i elastičniji sistem sa manje kašnjenja. Dizajn računarstva u oblaku je takav da svaki deo doprinosi otpornijem i skalabilnom sistemu. Regioni ili centri za obradu podataka izolovani su i nezavisni jedni od drugih, a takođe sadrže resurse koji su potrebni aplikacijama za nesmetan rad. Regioni su sačinjeni od nekoliko dostupnih zona [23] i ako neka od zona postane nedostupna, druge zone preuzimaju opsluživanje korisničkih zahteva i time ceo sistem, kao celina, nastavlja neometan rad. Po uzoru na ovakvu arhitekturu, EC bi mogli koristiti vrlo sličnu strategiju formirajući model mikro računarstva u oblaku (μC), gde se mali serveri ili *čvorovi* grupišu u *klastere*, a više klastera u veću logičku celinu nazvanu *region*, povećavajući dostupnost i pouzdanost sistema i njegovih aplikacija.

Više *regiona* čine novi logički sloj — *topologiju.* Topologija se sastoji od najmanje jednog regiona, a može se prostirati i na više regiona. Primenom klastera, regiona i topologije moguće je pokriti bilo koju geografsku oblast sa sposobnošću da se smanje ili prošire postojeći klasteri, regioni pa čak i topologije a izbor njihove organizacije je isključiva stvar korisnika.

D) Paradigma POSLOVNE CELINE naučnih istraživanja čovek, organizacija, tehnologija, okolina (MOTE)-*Man, Organization, Technology, Enviroment*

D1) ČOVEK odnosno ljudi u kontekstu ove paradigme imaju uloge da modeluju i dizajniraju računarske i mrežne komponente korisnika servisa i usluga. Oni pripada populaciji *ljudi novog doba* koji su osposobljeni za rad sa interdisciplinarnim i multidisciplinarnim znanjem i novim orijentacijama u responsivnim i strateškim kontekstima; ospobljeni su za interakcije u kompleksnoj mrežnoj dinamici-za konverzaciju, korespodenciju i kolaboraciju u mrežama znanja i zajednicama učenja koje karakterišu višedimenzionalne kompetencije. Po uzoru na Evropsku komisiju, može se definisati osam ključnih kompetencija za ljude novog doba koji mogu da razumeju i implementiraju savremene paradigme celine u modelovanju i dizajnu CPS. Strukturu tih kompetencija čine:

1. kompetencije za komunikaciju na stranim jezicima sa posebnim aspektom: na standarde u naučnoj *međunarodnoj korespodenciji* u oblastima saobraćaja i transporta, na *gramatičke kompetencije* (vladanje jezičkim kodom sa znanjem morfoloških, sintaksičkih, leksičkih, fonoloških i pravopisnih pravila potrebnih za razumevanje, izricanje i leksičkog kodiranja jednoznačnog iskaza i zapisa); na *sociolingvističke kompetencije* (poznavanje društvenih pravila i konvencija za adekvatno razumevanje i upotrebe jezika u raznim sociolingvističkim i sociokultorološkim kontekstima); na *strateške kulturno-komunikacione kompetencije* (poznavanje i adekvatno korištenje verbalnih i neverbalnih kodova u konverzaciji i korespodenciji, posebno u situacijam prekida nastalih zbog ograničenja u komunikacijskom događaju; na *diskursne kompetencije* (vladanje načinima povezivanja i tumačenja oblika i značenja radi postizanja smislene celovitosti usmenih ili pisanih tekstova različitih žanrova).

2. matematičke kompetencije, posebno u kontekstu *računarske matematike* i njene primene u naučnoistraživačkoj delatnosti u oblastima saobraćaja i transporta;

3. *kompetencije iz pojedinih oblasti prirodnih nauka* posebno iz fizike, biologije i ekologije,

4. *kompetencije iz oblasti saobraćajnog inženjerstva i tehnologije* u pojedinim modulima i intermodalnom transportu ljudi, roba i usluga;

5. *kompetencije iz društveno-humanističkih nauka* prevashodno ekonomije, prava i psihologije sa izražajnim smislom za istraživačku inicijativu i preduzetništvo;

6. *digitalne kompetencije za naučnu komunikaciju* u mrežama znanja, naučnim i socijalnim mrežama i širem kontekstu transfera, predstavljanja, razmene i deljenja znanja;

7. *kompetencije kulturološke svesnosti* izražavanja sa sposobnostima dubokog učenja na višim nivoima kognitivnog kontinuuma (nivoi primenjenog znanja, inteligencije, mudrosti i jakog kapaciteta za deljenje znanja);

8. *etičke kompetencije* koje su propisane Etičkim kodeksom za oblasti nauke i delatnosti naučnoistraživačkog rada.

D2) ORGANIZACIJE u ovom radu se mogu definisati kao "multikulturalni svet talenata". Imaju karakteristike živih sistema za čije definisanje se koriste tri osnovna kriterijuma: *model, struktura* i *proces*.

Model organizacije sistema čini konfiguracija veza i odnosa između komponenata sistema koji određuju njegove osnovne karakteristike.

Struktura sistema predstavlja fizičko ostvarenje modela organizacije. Posmatranje modela uključuje apstraktno mapiranje veza između elemenata, dok opisivanje strukture uključuje opisivanje stvarnih fizičkih komponenti, njihovih oblika, kompozicije itd.

Proces je treći kriterijum koji se koristi u definisanju živih sistema. On predstavlja niz *aktivnosti u kontinualnom otelovljenju sistemskog modela organizacije*. Stoga process predstavlja vezu između modela i strukture sistema.

Međutim, pomoću prethodna tri kriterijuma mogu se upotpunosti opisati i mehanički sistemi, pa se za definisanje živih sistema koriste još dva dodatna kriterijuma:

1. Model organizacije u živom sistemu mora biti usklađen na način da neprekidno regeniriše sam sebe tako da su mu postojanje i rad nerazdvojni. Taj neprekidni generički proces je po prirodi kognitivan. U teoriji svi živi sistemi su kognitivni tj. imaju svest. U naučnim, akademskim ali i privrednim, preduzetničkim i drugim vrstama organizacija, kao živim sistemima kognitivnost se odnosi na *organizacionu inteligenciju*. Prema *James March (2003),* "Inteligentna organizacija je ona koja usvaja procedure, koje dosledno funkcionišu dobro, uprkos prinudama nametnutim sa takvim stvarima kao što su oskudica resursa i konkurencija*".* Organizaciona inteligencija je *spoznajna sposobnost organizacije* da bude svesna sebe i svog okruženja i da pronađe povoljan način interakcije sa tim okruženjem.

To je tipično karakteristično sa CPS u čijoj strukturi postoje modul učenja, modul upravljanja, modul računarstva u oblaku, moduli saobraćajnih, transportnih, softverskih, telekomunikacionih i socijalnih mreža što upućuje na zaključak da razumevanje organizacione inteligencije zahteva razumevanje *kako kolektivna*

inteligencija i učenje funkcioniše u grupama ljudi i u socijalnim sistemima. To omogućava stvaranje i deljenje znanja na takav način da se poboljšava kvalitet učenja u organizaciji posebno u oblastima zdravstva, obrazovanja, zabave i transporta. Široko istraživanje na temu organizacione inteligenije i učenja je razjasnilo da *donošenje odluka i stvaranje znanja nisu samo racionalni procesi već i socijalni* jer u mreži organizacija koje ineraguju sa CPS donošenje odluka uopšte nije centralizovano već je distribuirano.

2. Živi sistemi razmenjuju ili troše energiju i materije i otvoreni su za protok istih. Ako su previše otvoreni oni se dezintegrišu a ako su premalo otvoreni postaju rigidni i zatvoreni i ne mogu više da razmenjuju energiju i materiju sa okruženjem. U stvarnim uslovima života i rada organizacija, ovi tipovi razmene energije i materije imaju ekonomski aspekt, jer se pored *razmene dobara* i različitih *servisa, ostvaruje i razmena neopipljivih ekonomskih vrednosti* kao što su *znanje i digitalne usluge* koje imaju vrednost za korisnike.

D3) TEHNOLOGIJA u MOTE paradigmi celine je sveprisutna komponenta sa nizom novih mogućnosti transformacije poslova, ljudskih potreba, vizija, raspoloživih proizvoda, inteligentnih proizvoda I obila različitih sadržaja. Poseban vid tehnologije je AmI-*ambijentalna inteligencija* [5] k**oja u** svetu bogatom raznim mrežama, doprinosi činjenici da organizacije nisu diskretni entiteti već elementi *kompleksne mrežne strukture* koja funkcioniše na tehnološkoj platformi informacione (I) i komunikacione (C), a u novije vreme i naučne (S) infrastrukture. Jedinstveno posmatranakao tehnologija ICS infrastruktura poseduje informacione, komunikacione i naučne resurse, pa je stoga inteligentna i orijentisana je na korisnike na responsivan i proaktivan način. orijentacije na korisnika.

U razvoju ICS infrastructure poseban doprinos je dala paradigma Ambijentalne inteligencije (AmI). Kurbel, K. E. [24] navodi da je *„Ambijentalna Inteligencija je više od poboljšanog Interneta, pametnog telefona, interaktivne televizije ili kombinacije svega toga".* Ambijentalna Inteligencija je u osnovi koncepta informacionog društva u kome inteligentni interfejsi omogućavaju ljudima i uređajima da interaguju jedni sa drugima i sa okolinom u realnom vremenu i to sadržajno, dinamički, interaktivno, proaktivno, irevrzibilno i kontekstualno. AmI tehnologija funkcioniše u pozadini dok su računarske sposobnosti svuda, povezane i uvek dostupne [5].

Humanistička dimenzija tehnologije postaje sve važniji pokretač u informacionom društvu a AmI ima mogućnost da odigra sve bitniju ulogu u društvenom učenju i razmeni znanja, posebno sada kada mrežne infrastrukture i pristup njima postaju sveprisutni. Ona ima potencijal velike sile koja pokreće tri kreativne međusobno povezane promene: promene u „logici" ICST i korišćenju ICST; promene u informacijama, društvu i tehnologiji (ICST) uvođenjem AmI; i promene u dizajniranju AmI [5].

D4) OKOLINA (E) - *Environment* [5] naučnih istraživanja je, u kontekstu ove paradigme, višedimezionalna (fizička, pravna, socijalna, istorijska, kulturna, demografska, ekološka, virtuelna..) i inteligentna jer je sve više svesna specifičnih karakteristika ljudskog prisustva i preference u eri napredne digitalizacije, novih modaliteta brige o eksplicitnim i implicitnim potrebama ljudi umreženih u veoma raznovrsnim mrežama. Takva okolina je sposobna da "inteligentno reaguje" u novoj informaciono-komunikacionoj strukturi na želje ljudi-istraživača izražene verbalno ili gestikulacijom. Naučnoistraživačka okolina čak uključuje u smislen dijalog na velikim distancama I u vrlo različitim kontekstima fizičke I virtuelne realnosti.. U njenoj osnovi je i koncept AmI sa „ljudski-orijentisanim računarstvom", u kome je „olakšan pristup korisnika brojnim servisima I aplikacijama u mrežama ", dostupna kontrola vlasnika i raspoloživa podrška ljudske interakcije na brojnim koomunikacionim platformama [25]. U kontekstu *tehnologije veštačke inteligencije* nude se novi strukturalni koncepti umesto implementacije zahtevane funkcionalnosti. Jedna od važnih karakteristika je *sposobnost proizvoda da se nezavisno adaptira svojim operacijama u skladu sa promenama uslova.* Inteligentni proizvodi su sve više jednostavno dizajnirani, sa dobrim performansama, troškovno efikasniji, pouzdaniji i jednostavniji za upotrebu. Cilj je da se sačuvaju materijali i energija.

3. MODULARNA STRUKTURA CPS

U modularnom strukturiranju CPS, inherentna i suštinska složenost pojavnih scenarija mora uzeti u obzir činjenicu da uobičajenu arhitekturu CPS-a grade modeli fizičkih procesa kao i modeli softverskih procesa, računarske platforme i mreže. Jedna od bitnih modularnih komponenti CPS je INTERNET OF THINGS (IoT). IoT predstavlja koncept koji podrazumeva povezivanje fizičkih stvari (objekata) uz pomoć odgovarajućih komunikacionih tehnologija na Internet, gde isti mogu da međusobno komuniciraju i dele podatke formirajući na taj način pametno okruženje. Postoji više definicija IoT, ali prema međunarodnoj telekomunikacionoj uniji (ITU) i evropskom istraživačkom klasteru za IoT (*Internet of Things Europen Research Cluster* – IERC), IoT je definisan kao „dinamička globalna mrežna infrastruktura sa mogućnostima samokonfigurisanja baziranim na standardnim i interoperabilnim komunikacionim protokolima gde fizičke i virtuelne „stvari" imaju identitete,

fizičke atribute i virtuelne personalnosti, koriste inteligentne interfejse i neprekidno su integrisane u informacionu mrežu“ [7].

ITU-T studijska grupa 13 je definisala IoT kao „globalnu infrastrukturu informacionog društva za podršku naprednim aplikacijama na bazi povezivanja (fizičkog i virtuelnog) tzv. pametnih objekata i primenom širokog spektra informaciono-komunikacionih tehnologija“ [7]. U definiciji, objekti predstavljaju fizičke uređaje ili virtuelne entitete koji imaju sposobnost kooperacije i interakcije sa IoT infrastrukturom.

Prema *IEEE Internet Initiative Forum* (..) definicija IoT glasi: „IoT koncept podrazumeva samo-konfigurabilnu, adaptivnu, kompleksnu mrežu koja povezuje objekte u Internet mreže primenom standardizovanih komunikacionih protokola. Umreženi objekti imaju svoju fizičku i virtuelnu reprezentaciju u digitalnom svetu, programabilni su i mogu se jednoznačno identifikovati. Usluge koje se realizuju ovom mrežom, sa ili bez intervencije čoveka, su raspoložive u svakom trenutku, na bilo kojem mestu, pri čemu se posebna pažnja posvećuje aspektima sigurnosti i bezbednosti komunikacije“ [26].

Kao osnovne karakteristike IoT se mogu izdvojiti:

- Mogućnost povezivanja uređaja sa globalnom informacionom i komunikacionom infrastrukturom - *interkonektivost* ;
- IoT je u mogućnosti da pruži servise povezane sa stvarima u okviru ograničenja koje imaju stvari, kao što su zaštita privatnosti i semantička doslednost između fizičkih stvari i njima povezanih virtualnih stvari;
- Uređaji u IoT-u su heterogeni jer se temelje na različitim hardverskim platformama i mrežama;
- Stanja uređaja se dinamički menjaju. Na primer uključenje/isključenje, lokacija, brzina kretanja itd.;
- IoT podržava ogroman broj umreženih uređaja koji će u budućnosti biti još veći;

Oblast primene IoT je jako široka, ali se mogu izdvojiti neke od najpopularnijih aplikacija kao što su pametne kuće, zdravstvene aplikacije sa senzorima na telu čoveka, smart grid koncept, aplikacije za uštedu energije, održavanje sistema, nadzor i kontrola saobraćaja itd. Smatra se da je CPS u telekomunikacionom saobraćaju i digitalnim uslugama savremena varijanta IoT.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Veći broj afirmisanih autora danas istražuje, kao novu perspektivu, odgovore na pitanja „kako ostvariti više veza fizičkog i digitalnog sveta“ u sajber-fizičkim sistemima za zadovoljavanje potreba stalno narastajućeg broja korisnika telekomunikacionog saobraćaja i digitalnih usluga. Za konceptualizaciju i izgradnju sajber-fizičkih sistema ne postoje jedinstveni, konvencionalni modeli ili strogo definisane pocedure u postupku. Uvažavajući masovnost korisnika i raznovrsnost klasa telekomunikacionog saobraćaja i digitalnih usluga u ovom radu se analiziraju primene četiri savremene paradigme celine u naučnim istraživanja, modelovanju i dizajnu složenih sistema savremenih struktura i arhitektura.

U prvoj paradigmi (**STEM)** fundamentalni elementi se predmet, metodologija, sistem znanja i jezik interpretacije **(S)**, IT-informacione tehnologije u užem i u širem smislu, CT-komunikacione tehnologije (kodiranje/dekodiranje, modulacije, A/D,), ETL mrežne tehnologije, informaciono-komunikacione tehnnologije u postupcima modelovanja, adaptivnog modelovanja, generisanju prediktivnih modela; tehnologije AI-veštačke inteligencije,ML-mašinsko učenje, ANN-veštačke neuronske mreže i DL-duboko učenje, LL-zakoni učenja, ST-naučne tehnologije **(T**); složeni inženjerski sistemi čije se sastavne kompnente i konstelacija odnosa među njima dimenzionišu sa tehničkog i humanističko-društvenog aspekta, sa aspekta realnosti izgrađenosti i postojanja u fizičkom svetu, sa aspekta otvoreni na strani ulaza i na strani izlaza, dinamičnosti u vremenu i namene za ljudske potrebe koje se sve više vezuju za integrisani fizički i digitalni prostor sa uprevljačkim akcijama i interakcijama fizičkih i softverskih procesa **(E);** matematičko mišljenje, kitičko mišljenje, matematške analize, aksiome, leme , teoreme i teorije grafova, algoritama, matematičko modelovanje za eksperimentalno ili simulacijsko istraživanje i u kojima se dobijeni podaci prenose sa modela na realna rešenja u formi algoritama, konceptualnih shema, grafova, tabela sa uparenim komponentama i vrše kvantitativne analize sa primenom probabilističkih i statističkih zakona, indikatora evaluacije i komparacije vrednosti istraživačkih ulaznih, prelaznih i izlaznih procesnih varijabli, korištenju standardnih i generisanju posebnihi formula i protokola ponašanja sistema u određenom procesnim strukturama **(M).**

U drugoj paradigmi otvorenih resursa u naučnim istraživanjima zasnovanim na digitalnoj infrstrukturi **(OSAD)** glavni elementi su pokret digitalizacije naučne produkcije i procesa kojima se ostvaruju otvoreni pristup naučnoj literarturi, dostupnost podataka prikupljenih u naučnim istraživanjima, transparentnost naučne komunikacije i metodologijei razvoj digitalne infrastrukture koja omogućava ostvarivanje prethodnih ciljeva **(OS);** otvorenost specifikacija, otvorenost procesa formulisanja, pitanja vlasništva i autorskih prava **(OA);** definicije otvorenih standarda **(OS)** za zadovoljavanje utvrđenih principa u naučnoj delatnosti; koncept „otvoreni

podaci“ podrazumeva javno objavljivanje i dostupnst svima za korišćenje, bez ograničenja preko autorskih prava, ili drugih mehanizama **(OD).**

U trećoj paradigmi celine tretmana BD-big data **(BDTW)** u naučnim istraživanjima glavni elementi su velike količine podataka i savremene ICT za obradu i skladištenje DWT velikih količina podataka u strukturi CPS. Glavni elementi u paradigmi su velike i kompleksne kompilacije podataka i informacija koje definiše više parametatara među kojima se posebno apostrofiraju parametri 3V- *Volume* (obim), *Variety* (raznovrsnost) i *Velocity* (brzina). BD nastaju kao rezultat različitih digitalnih procesa u mrežama senzora, aktuatora, klimatskih senzora, brojača saobraćaja, GPS uređaja, skenera na kasama u maloprodaji, iz sadržaja poruka sa mobilnih uređaja-praćenja mobilnih telefona, senzora za lokaciju automobila, satelitskih snimaka, fiksiranih senzora, sa slika i sl., sa društvenih medija, blogova i komentara, Instagrama, Flicklra, Picasa, Videa: sa društvenih mreže, Youtuba, Facebooka, Twittera, Instagrama, sa Web stranica i računarskih sistema preko logovanja na web, iz Internet pretraživanja, e-maila prikupljanje, ažuriranje, skladištenje, pretraživanje, grafičko prikazivanje, utvrđivanje raspodele, obrađivanje pomoću standardnih i dostupnih metoda i alata za uređivanje podataka i naročito za analizu podataka **(BD)**, Obim podataka se povećava usled ubrzanog razvoja ICT-koje dopunjuju rast količina podataka baziranih na transakcijama bankarskog poslovanju, u telekomunikacijama (mobilna telefonija, pre svega), , osiguranju, medicinskim uslugama, i sl. Tehnollogije za izvlačenje značajnih i vrednih informacija iz big data, **(TW),** koje koriste tehnologije **CC-** (*Cloud Computing*) *računarstvo u oblaku,* deljivog izvora resursa u koje spadaju softveri, baze podataka, hardver i različite usluge (proračuni, pristup podacima, aplikacije, servisi i drugo) pri čemu krajnji korisnici ne moraju da znaju fizičku lokaciju i konfiguraciju davaoca resursa odnosno usluga ali im pristupaju preko mreže pristupa preko aplikacija i servisa koji se mogu brzo obezbediti i objaviti uz minimalan napor i minimalnu interakciju sa pružaocem usluga. *Smart city tehnologije* koje se baziraju na uvođenju inteligentnih uređaja u domaćinstvima i tehnologija za merenje (potrošnje struje, gasa i sl. – smart meters).

U analizi ove paradigme posebno se ukazuje na novu paradigmu računarstva u oblaku, EC- *ivično računarstvo* (*Edge Computing).* EC je model u kome se procesne i skladišne mogućnosti računarstva u oblaku lociraju u blizini izvora podataka a modeli koji relociraju obradu i skladištenje podataka bliže izvorima, su *fog računarstvo, cloudlet*-a i *mobilni ivični računari* (MEC). Arhitekturu EC modela sa sastoji i od malih servera koji se nalaze između izvora podataka i oblaka**.**

U četvrtoj paradigmi poslovne celine –(**MOTE)** (Man, Organization, Technology, Enviroment) bitne elemente čine *ljudi novog doba,* osposobljeni za rad sa interdisciplinarnim i multidisciplinarnim znanjem i novim orijentacijama u responsivnim i strateškim kontekstima; za interakcije u kompleksnoj mrežnoj dinamici- za konverzaciju, korespodenciju i kolaboraciju u mrežama znanja i zajednicama učenja koje karakterišu višedimenzionalne kompetencije **(M);** *model*- konfiguriše veze i odnose među komponentama živih, konstrukcionih i vituelnih komponenata, *struktura*-fizičko ostvarenje modela organizacije i *proces-vaza između modela i strukture* **(O)**, Ambijentalna Inteligencija (AI) je više od poboljšanog Interneta, pametnog telefona, interaktivne televizije ili kombinacije svega toga jer tehnologija koja funkcioniše u pozadini svuda povezanih i uvek dostupnih računarskih sposobnosti, fundamentalni je koncept informacionog društva u kome inteligentni interfejsi omogućavaju ljudima i uređajima da interaguju jedni sa drugima i sa okolinom u realnom vremenu i proaktivno **(T).**

OKOLINA (E)-*Environment* naučnih istraživanja je, u kontekstu paradigme MOTE, višedimezionalna (fizička, regulatorno-pravna, socijalna, istorijska, kulturna, demografska, ekološka, virtuelna..) i inteligentna jer je sve više svesna specifičnih karakteristika ljudskog prisustva i preference u eri napredne digitalizacije, novih modaliteta brige o eksplicitnim i implicitnim potrebama ljudi umreženih u veoma raznovrsnim mrežama.U njenoj osnovi je koncept AmI sa „ljudski-orijentisanim računarstvom“, u kome je „olakšan pristup korisnika brojnim servisima I aplikacijama u mrežama “, dostupna kontrola vlasnika i raspoloživa podrška ljudske interakcije na brojnim koomunikacionim platformama, što je došlo do posebnog izražaja u aktuelno vreme dejstva pandemije COVID 19.

Koristeći analizirane paradigme celine sistema nauke i naučnoistraživačke delatnosti u ovom radu je izabran polazni koncept po kome je CPS zamišljen kao nova generacija, ili paradigma, za sisteme upravljanja autonomnim jedinicama u složenoj strukturi koje funkcionišu bez čvrstih integrativnih veza ali sa ostvarivanjem zajedničkih ciljeva. Suština je da, pored elastičnih upravljačkih sistema sa automatski generisanim interfejsima, u strukturi postoje bogati kontrolni sistemi koji su svesni konteksta koji nude inovativna podešavanja za pravovremene korektivne promene u softverskim i fizičkim procesima. Aktuelni CPS scenariji ne suočavaju se samo sa više senzora i aktuatora i njihovom povezanosti, već sa skupom mnogo autonomnijih jedinica koje se uopšteno zovu „Stvari“ a koje, nisu nužno integrisane, ali sarađuju, komponuju se i, u suštini, omogućavaju trenutno dinamičku rekonfiguraciju ili programiranje, sa orijentacijom ka otpornom i datoj sredini prilagodljivom IT ekosistemu.

U arhitekturi CPS telekomunikaciong saobraćaja i digitalnih usluga poseban značaj pripada modulu učenja, modulu odlučivanja i modularnim mrežama sa više komponenata (telekomunikacionih LTE, softverskih, socijalnih, saobraćajnih, transportnih, IoT..). Između fizičkih procesa i mrežnog kompjutinga, kao i proračuna ugrađenih računara su petlje povratnih informacija preko kojih se upravlja senzorima, aktuatorima, fizičkom dinamikom, algoritmima dubokog učenja, otkazima softvera, mrežnim sporovima i kašnjenjima u komunikaciji**.**

5. LITERATURA

[1] I. Jawhar, J. Al-Jaroodi, H. Noura & N. Mohamed. "Networking and Communication in Cyber Physical Systems", In 2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW) (pp. 75-82). IEEE, 2017.

[2] H. Abelson, G. J. Sussman, and J. Sussman, "Structure and interpretation of computer programs, (second edition)," Comput. Math. with Appl., vol. 33, no. 4, p. 133, 1996.

[3] E. Incorporated, "Workshop report on foundations for innovation in cyber-physical systems," 2013.

[4] S. Park, S. Park, Y. B. Park, "An architecture framework for orchestrating context-aware IT ecosystems: A case study for quantitative evaluation," Sensors (Switzerland), vol. 18, no. 2, 2018.

[5]. M.K. Banjanin, Informaciono-komunikaciono-naučna (ITC Infrastruktura i nove nastavničkeKompetencije, Srpska akademija obrazovanja, Beograd 2011, Godišnjak SAO2011, drugi deo str. 560-577; www.sao.org.rs

[6]M. K. Banjanin, M. Stojčić, D. Drajić, Z. Ćurguz, Z. Milanović, A. Stjepanović. "Adaptive Modeling of Prediction of Telecommunications Network Throughput Performances in the Domain of Motorway Coverage", Applied Sciences, 2021, 11(8)

[7] M. Stojčić. „Adaptivni modeli entropijskog kodovanja komunikacije virtuelnih i fizićkih senzora za predikciju saobraćaja u mrežama", doctoral dissertation, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, University of East Sarajevo, www.sf.ues.rs.ba , (18.06.2021)

[8] H. S. Gunawi, M. Hao, R. O. Suminto, A. Laksono, A. D. Satria, J. Adityatama, K. J. Eliazar, Why does the cloud stop computing? lessons from hundreds of service outages, in: M. K. Aguilera, B. Cooper, Y. Diao (Eds.), Proceedings of the Seventh ACM Symposium on Cloud Computing, Santa Clara, CA, USA, October 5-7, 2016, ACM, 2016, pp. 1–16. doi:10.1145/2987550.2987583. URL https://doi.org/10.1145/2987550.2987583

[9] V. Pajić. "Model upravljanja velikim serijama geoprostornih podataka", doctoral dissertation, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, www.ftn.uns.ac.rs. date of insight. 30.06.2021.

[10] J. Cao, Q. Zhang, W. Shi, Edge Computing: A Primer, Springer Briefs in Computer Science, Springer, 2018. doi:10.1007/ 978-3-030-02083-5. URL https://doi.org/10.1007/978-3-030-02083-5

[11] A. Rotem-Gal-Oz, Fallacies of distributed computing explained, Doctor Dobbs Journal (01 2008). URL https://www.researchgate.net/publication/322500050_Fallacies_of_Distributed_Computing_Explained

[12] A. A. Jahromi, & D. Kundur. "Fundamentals of Cyber-Physical Systems. In CyberPhysical Systems in the Built Environment (pp. 1-13). Springer, Cham, 2020.

[13] M. Satyanarayanan, The emergence of edge computing, Computer 50 (1) (2017) 30–39. doi:10.1109/MC.2017.9. URL https://doi.org/10.1109/MC.2017.9

[14] F. Bonomi, R. A. Milito, P. Natarajan, J. Zhu, Fog computing: A platform for internet of things and analytics, in: N. Bessis, C. Dobre (Eds.), Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments, Vol. 546 of Studies in Computational Intelligence, Springer, 2014, pp. 169–186. doi:10.1007/978-3-319-05029-4_7. URL https://doi.org/10.1007/978-3-319-05029-4_7

[15] S. A. Monsalve, F. G. Carballeira, A. Calderón, A heterogeneous mobile cloud computing model for hybrid clouds, Future Gener. Comput. Syst. 87 (2018) 651–666. doi:10.1016/j.future.2018.04.005. URL https://doi.org/10.1016/j.future.2018.04.005

[16] M. Chen, Y. Hao, Y. Li, C. Lai, D. Wu, On the computation offloading at ad hoc cloudlet: architecture and service modes, IEEE Commun. Mag. 53 (6-Supplement) (2015) 18–24. doi: 10.1109/MCOM.2015.7120041. URL https://doi.org/10.1109/MCOM.2015.7120041

[17] S. Wang, X. Zhang, Y. Zhang, L. Wang, J. Yang, W. Wang, A survey on mobile edge networks: Convergence of computing, caching and communications, IEEE Access 5 (2017) 6757–6779. doi:10.1109/ACCESS.2017.2685434. URL https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2685434

[18] Simić Miloš: Dynamic formation of the distributed micro clouds, Ph. D. Thesis, Fakultet tehnikih nauka Novi Sad, 2021.

[19] M. Ryden, K. Oh, A. Chandra, J. B. Weissman, Nebula: Distributed edge cloud for data intensive computing, in: 2014 IEEE International Conference on Cloud Engineering, Boston, MA, USA, March 11-14, 2014, IEEE Computer Society, 2014, pp. 57–66. doi:10.1109/IC2E.2014.34. URL https://doi.org/10.1109/IC2E.2014.34

[20] A. G. Greenberg, J. R. Hamilton, D. A. Maltz, P. Patel, The cost of a cloud: research problems in data center networks, Comput. Commun. Rev. 39 (1) (2009) 68–73. doi:10.1145/1496091. 1496103. URL https://doi.org/10.1145/1496091.1496103

[21] H. Guo, L. Rui, Z. Gao, A zone-based content pre-caching strategy in vehicular edge networks, Future Gener. Comput. Syst. 106 (2020) 22–33. doi:10.1016/j.future.2019.12.050. URL https://doi.org/10.1016/j.future.2019.12.050

[22] I. Kurniawan, H. Febiansyah, J. Kwon, Cost-Effective Content Delivery Networks Using Clouds and Nano Data Centers, Vol. 280, 2014, pp. 417–424. doi:10.1007/978-3-642-41671-2_53.

[23] F. R. de Souza, C. C. Miers, A. Fiorese, M. D. de Assunção, G. P.Koslovski, QVIA-SDN: towards qos-aware virtual infrastructure allocation on sdn-based clouds, J. Grid Comput. 17 (3) (2019) 447–472. doi:10.1007/s10723-019-09479-x.
URL https://doi.org/10.1007/s10723-019-09479-x

[24] Kurbel, K. E., The making of information systems software engineering and management in a globalized world, Berlin, Springer-Verlag, 2008.

[25] Hsu, C., Service Enterprise Integration: An Enterprise Engineering Perspective, New York, Springer, 2007.

[26] E. A. Lee, "Cyber Physical Systems: Design Challenges," 2008 11th IEEE Int. Symp. Object Component-Oriented Real-Time Distrib. Comput., pp. 363–369, 2008.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

A GLANCE AT THE TRACK ACCESS CHARGES STRUCTURE

JEDAN POGLED NA STRUKTURU NAKNADA ZA KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE

Mirjana Bugarinović[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, mirab@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *What the track access charges for the use of railway infrastrukture should be based on and how to define the components for their calculation are the dilemmas that immediately arose with the railway market opening. Directive 2001/14/EC set up only minimum limitations or rules for the track access charges structure. After more than twenty year of track access charges usage in Europe, the question arises whether there are any trends in track access charges structure design and for the elements as well. In the paper were especially perceived the rules according to two criteria, geographical areas or by European countries, and the share of components in the track access charges structure. The analysis of the track access charges components includes a combination of criteria such as the size of state and railway network, the share of transit traffic, etc. The relationship and influence of the capacity and wear and tear components in the track access charges formulas has been especially researched.*

Key words: *track access charges, structure, rail infrastructure, railway market*

Sadržaj: *Sa otvaranjem železničkog tržišta odmah su se otvorile dileme na čemu treba da budu zasnovane naknade za korišćenje železničke infrastrukture i kako definisati strukturu i komponente za proračun naknada. U tom smislu Direktiva 2001/14/EC je dala minimalna ograničenja, odnosno pravila u pogledu strukture naknada. Nakon više od dvadeset godina primene naknada u Evropi postavlja se pitanje da li postoje neki trendovi u razvoju strukture naknada i elemenata na osnovu kojih se vrši proračun visine naknada. U radu su posebno sagledavane zakonitosti po dva kriterijuma – prema geografskim područjima ili po pojedinim zemljama Evrope i prema zastupljenosti pojedinih komponenti u strukturi naknada. Analiza strukture i komponenti naknada obuhvatila je kombinaciju kriterijuma kao što su veličina države i železničke mreže, učešće tranzitnog železničkog saobraćaja i druge. Posebno je istraživan odnos i uticaj elemenata kapaciteta i habanja železničke infrastrukture u formulama za proračun.*

Ključne riječi: *naknada za pristup, struktura, železnička infrastruktura, železničko tržište*

1. UVOD

Pre 20 godina, sa objavom Directive 2001/14/EC, postavljene su zajedničke osnove za kreiranje sistema i modela naknada za korišćenje železničke infrastrukture u EU. Međutim, zbog atomiziranosti evropskog železničkog prostora i raznolikosti nacionalnih železničkih sistema ove osnove su veoma široko postavljene. To je dovelo do značajne heterogenosti modela i visine naknada za minimalni paket usluga za korišćenje železničke infrastrukture na proglašenom Jedinstvenom železničkom prostoru (Single European Railway Area). Dodatno, u pojedinim državama i sami modeli naknada su značajno menjani tokom godina, bez kontinuiteta u razvoju. Takav pristup je dezorijentisao operatore koji su morali vršiti promene u organizaciji prevoza sa ciljem smanjenja troškova naknada.

Pregled literature i studija u poslednjih 15 godina, kao i projekata koji se iniciraju u poslednjih dve godine, je pokazao da tema naknada nije završena već je vrlo aktuelna. Prve naknade za pristup infrastrukturi su donesene u uslovima kada je postojao jedan ili eventualno nekoliko operatora. To je bio momenat otvaranja železničkog tržišta. U tom periodu u stručnoj i akademskoj literaturi je problem razvoja tržišta i identifikacije prepreka za ulazak na tržište novih operatora intenzivno razmatran a diskusije o naknadama su ih pratile (Bokor, 1999; Nilsson, 1999; Van Vuuren, 2002; Casullo, 2016; Laroshe et al., 2017; Besanko and Shana, 2019; Bougette et al., 2021). To je sasvim očekivano imajući u vidu veličinu izazova i da je povećanje konkurencije

operatora u putničkom i teretnom saobraćaju na mreži bio osnovni motiv restrukturiranja. Sa druge strane bivši monopolisti, nacionalne železnice, su postavljanjem barijera protiv jačanja konkurentnosti nastojali da ovaj proces uspore. U tome su uspevali jer im pogodovao nedostatak autoriteta i kapaciteta regulatornih tela (Bošković et al., 2016; Benedetto et al., 2017). Kao rezultat tih istraživanja jačanje konkurentnosti na mreži je i dalje vrlo prisutno kao zahtev prilikom definisanja ili promene sistema naknada.

Akteri železničkog tržišta (menadžeri infrastrukture, operatori, ministarstvo nadležno za transport, regulatorno telo i druge institucije) potenciraju različita pitanja o sistemu naknada. Različito viđenje aktera u pogledu sistema a time i strukture naknada potiču od njihovih različitih interesa te su i njihova zalaganja za definisanje ili promene drugačija. Treba imati u vidu da je za jedne naknada za korišćenje infrastrukture prihodovna strana poslovanja, za druge je troškovna, za treće faktor transportne politike, a za četvrte mehanizam za regulisanja tržišta itd.

Zatim sledi period istraživanja i grupa radova koja se bavi principima na osnovu kojih treba da budu bazirane naknade (Rothengatter, 2003; Nash et al., 2004; ECMT, 2005; Thompson, 2008; Nikolova, 2008). Kao rezultat usvojeno je da naknade treba da budu bazirane na troškovnim principima. Radovi koji se bave istraživanjem troškova rezultat saobraćanja vozova, analizom zavisnosti izmedju troškova održavanja infrastrukture i obima saobraćaja i karakteristika vozova su sledeća oblast u okviru teme naknada (Nash, 2005; Ciunffini et al., 2012; Calvo et al., 2014, Bugarinović and Bošković, 2015; Rotoli et al., 2018). Ova istraživanja su pokazala da definisanje i odredjivanje troškova infrastrukture kao i uočavanje zavisnosti izmedju njih i uzročnika i performansi mreže umnogo zavise od načina vodjenja troškova menadžera infrastrukture odnosno od obima i vremenskog perioda praćenja troškova.

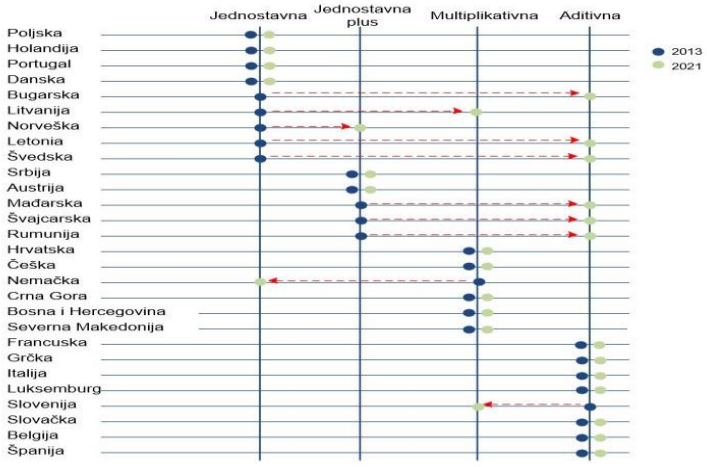
Danas su zahtevi učesnika na železničkom tržištu i drugih zainteresovanih strana sve bolje artikulisani. Snaga i argumenti njihovih zahteva dovode do odluke da se stalno preispituju i proveravaju sistemi naknada (Bošković et al, 2021). Ponekada su to promene modela, odnosno njegove strukture i elemenata u okviru njih ili visine naknada.

Analize strukture naknada, odnosno uočavanje trendova u računanju naknada za minimalni paket usluga mogu ukazati na mesta koja je potrebno unapređivati i korigovati ili na drugi način rešavati, a sve u cilju povećanja konkurencije operatora na mreži i na transportnom tržištu. Štaviše ove analize su korak napred stvaranju i razvoja jedinstvenog evropskog železničkog prostora.

Značaj strukture naknada kao i trendovi u ovoj oblasti su prezentirani kroz poglavlja koja se odnose na (1) složenost strukture naknada, (2) klasifikaciju strukture naknada na osnovu korišćenja mernih jedinica i (3) odnos komponente kapaciteta i habanja infrastrukture u strukturi naknada. Na kraju su data zapažanja u pogledu uticajnih faktora na trendove u razvoju strukture i elemenata naknada.

2. RAZVOJ STRUKTURE NAKNADA

Razvoj strukture naknada po zemljama je posmatrana prema tipovima naknada. Tipove naknada je u literaturi dalo nekoliko autora (Taxiera and Pita, 2012; Bugarinović, 2014, Bošković et al., 2021) koji su saglasni da danas postoje 4 osnovna tipa naknada: jednostavna, jednostavna plus, multiplikativna i aditivna. U posmatranom periodu od 8 godina (slika 1), od 2013 kada počinje primena najvažnije direktive 2012/34/EU koja reguliše pravila za formiranje i naplatu naknada do danas, može se primetiti da je veći broj država (osamnaest) zadržao istu strukturu formule, dok je deset država promenilo njenu strukturu (Bugarska, Litvanija, Norveška, Letonija, Švedska, Mađarska, Švajcarska, Rumunija, Nemačka i Slovenija). Pravci promenu tipa naknada u navedenim zemljama u posmatranom periodu su prikazane crvenim strelicama.



Slika 1. Promena strukture naknada u periodu 2013-2021. u evropskim zemljama, Izvor: (Bošković et all, 2021)

U početnom periodu (2013) najveću zastupljenost je imala jednostavna struktura formule, dok danas (2021) preovlađuje aditivna struktura (u trinaest od dvadesetosam država). Dva izuzetka su značajna i treba ih objasniti. To su Nemačka i Slovenija koje su imale suprotan smer tj. sa multipikativne i aditivne prešli su u jednostavni i muliplikativni tip naknade. Ako se detaljnije pogledaju njihovi razlozi za promene onda se dolazi do toga da je glavni razlog bio značajna promena u načinu praćenja troškova, kao i u segmentisanju tržišta i usluga.

Promena tipa naknada predstavlja značajnu promenu u strukturi i elementima koji su uzeti za proračun visine naknada. Za operatora to znači promenu važećeg sistema vrednosti koji sada iziskuje napor u prilagođavanju organizacije prevoza u cilju smanjenja troškova od naknada. Uprkos tome što je posmatrani vremenski raspon veliki može se zaključiti da se struktura naknada značajno menja na evropskim železnicama. Ukoliko bi posmatrali ceo period od otvaranja tržišta (10-20 godina u zavisnosti od zemlje) dobili bismo još precizniju sliku. Tako je npr. Nemačka menjala pet puta model naknada (Link, 2004. Link, 2013, DB Netz, 2021), Francuska dva puta (Crozet, 2004; Crozet and Chassagne, 2013, Crozet 2018), a od manjih železnica Hrvatska pet puta (Abramović, B., 2016), Crna Gora četiri puta (MCI, 2017), itd. Ove promene predstavljaju promenu u osnovnoj logici načina proračuna naknada. Prvobitno, naknade su se temeljile gotovo isključivo na troškovima održavanja infrastrukture i saobraćaja shodno zahtevima menadžera infrastrukture, dok se savremena struktura naknada prvenstveno kreira imajući u vidu sada i potražnju, segmentaciju tržišta i održivost infrastrukture.

U ovom momentu, čini se da strukture naknada, kako na nacionalnom tako i na evropskom nivou, još nisu uplovile u zonu stabilnog režima tj. da su još uvek u zoni razvoja i promena ali generalno menadžeri infrastrukture zajedno sa svojim vladama se okreću ka aditivnoj formuli. Povećana zastupljenost aditivne formule ukazuje da su strukture naknada vremenom postale složenije i da sada sadrže više elemenata nego ranije. To je posledica bolje alokacije troškova i promena u naćinu praćenja podataka.

3. KLASIFIKACIJA STRUKTURA NAKNADA

S obzirom da struktura naknada treba da zadovolji više postavljenih ciljeva od kojih su neki suprotstavljeni, ona nužno uvek predstavlja, u manjoj ili većoj meri, njihov kompromis. Svaki menadžer infrastrukture koristi svoju formulu i različite simbole za identifikaciju sličnih parametara. Da bi se mogle porediti strukture kao i ciljevi menadžera infrastrukture urađeno je prevođenje pojedinačnih formula u opštu formu i izvršena njihova klasifikacija.

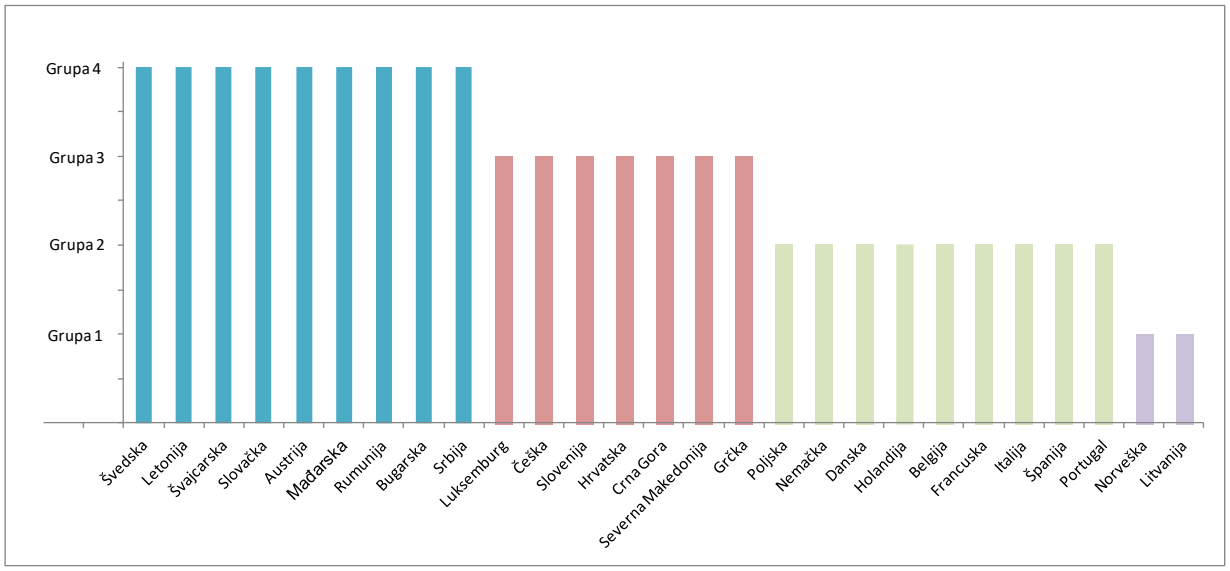
3.1. Klasifikacija na osnovu korišćenih mernih jedinica

Ukratko rečeno, teorija o naknadama za korišćenje železničke infrastrukture prepoznaje tri osnovne merne jedinice. Kombinacija ovih mernih jedinica u okviru strukture naknada je u direktnoj zavisnosti sa kategorijom troškova koje treba da odražava naknada. To su: vozni kilometri, bruto-tonski kilometri i broj vozova. Pregled struktura naknada je pokazao da jako mali broj zemalja (skandinavske zemlje) koristi broj vozova kao mernu jedinicu, odnosno dominiraju prve dve. Komparativna analiza struktura naknada, primenom analogije i razlika tipičnih elemenata u strukturi naknada, i korišćenih mernih jedinica rezultirala je klasifikacijom četiri osnovne grupe formula (tabela 1).

Tabela 1. Klasifikacija struktura naknada prema mernim jedinicama

Grupe	Opšta formula
(1) Po bruto-tonskom kilometru	$= P_{btkm}(i,j) \times btkm$
(2) Po voznom kilometru	$= P_{vkm}(i,\ j,\ k,\ p,\ g,v) \times vkm$
(3) Po voznom kilometru sa ponderom	$= P_{vkm} \times vkm \times I \times J \times Q \times N \times V \times E \times P$
(4) Po voznom i bruto-tonskom kilometru	$= P_{vkm}(i,\ j,k,p) \times vkm + P_{btkm}(i,\ j,\ k,\ g) \times btkm$

Trenutno najzastupljenije su strukture naknada koje kao mernu jedinicu koriste vozne kilometre kao i vozne i bruto-tonske kilometre zajedno (Slika 2).



Slika 2. Klasifikacija struktura naknada prema tipu naknada i po zemljama

Formula za izračunavanje naknada iz grupe 1 je jednostavna i predstavlja proizvod jedinične cene (P_{btkm}), koja zavisi od kategorije pruge (*i*), vrste voza (*j*) i ostvarenih bruto-tonskih kilometara (btkm). Menadžer infrastrukture sa ovom mernom jedinicom primarno obraća pažnju na troškove habanja infrastrukture.

Grupi 2 označava formulu za izračunavanje naknada u obliku proizvoda jedinične cene (P_{vkm}) i ostvarenih voznih kilometara (vkm). Jedinična cena zavisi od više faktora: kategorije pruge (*i*), vrste voza (*j*), vrste vuče (*k*), troškova za zahteve za trasom (*p*), mase voza (*g*) i brzine (*v*). Doslednost u zavisnosti jedinične cene od istih faktora nije uočena. Drugim rečima jedinična cena u svakoj od država zavisi od drugačije kombinacije spomenutih faktora. Vozni kilometri kao merna jedinica se koriste za naplaćivanje korišćenja kapaciteta. Uvođenjem faktora masa voza od koga zavisi visina jedinične cene izražene po voznom kilometru države naplaćuju istovremeno habanje i korišćenje kapaciteta železničke infrastrukture. Uticaj i odredjivanje ovog faktora na jediničnu cenu po zemljama je različit. Faktori koji se odnose na masu voza u Italiji se menjaju na svakih 500 tona, dok je u Poljskoj to na svakih 60 tona. Ova razlika može ukazivati na različite politike menadžera infrastrukture koji žele uz pomoć naknada da utiču na operatore u teretnom saobraćaju. Sa druge strane troškovi održavanja, kvalitet železničke infrastrukture, obim rada i mnogi drugi faktori razlikuju se u ove dve države, pa su i to razlozi što su drugačije klase masa vozova.

Za razliku od prethodne dve grupe u kojoj jedinična cena zavisi od određenih faktora u grupi 3 je ona fiksna za sve vozove i vrste usluga, a ponderi su ti koji utiču na cenu. To su ponderi koji mogu zavisiti od kategorije pruge (*I*), kategorije voza (*J*), mase voza (*Q*), karakteristika lokomotive (*N*), brzine (*V*), opremljenosti voza (*E*) i zahteva za trasom (*P*). Većina država koriste kombinacije pondera i tu ne mogu da se uoče pravila. Može se primetiti da kod svih zemalja je korišćen ponder za masu voza ali klase masa vozova su različito definisane po državama. Tako vrednost pondera raste sa povećanjem mase na svakih 400 tona u Luksemburgu, 600 tona u Severnoj Makedoniji, 300 tona u Hrvatskoj, 100 tona u Češkoj, 400 tona u Crnoj Gori i u Sloveniji na 500, 250 i 1000 tona. Hrvatska je specifična po tome što posebno računa naknadu za putnički i teretni saobraćaj. Na visinu naknade u teretnom saobraćaju utiče ponder koji zavisi od mase voza, dok u putničkom saobraćaju od pondera koji zavisi od kategorije voza. Visine naknada po zemljama zavise od različitih kombinacija pondera a oni odražavaju ciljeve menadžera infrastrukture.

U grupi 4 strukturu naknada čine dve komponente pa se naknada računa kao zbir komponenti koji se odnose na kapacitet i na habanje železničke infrastrukture. Kapacitet se računa kao proizvod jedinične cene (P_{vkm}) i ostvarenih voznih kilometara (vkm), a habanje kao proizvod jedinične cene (P_{btkm}) i ostvarenih bruto-tonskih kilometara (btkm). Jedinične cene mogu zavisiti od kategorija pruge (*i*), kategorija voza (*j*) i vrste vuče (*k*). Dodatno jedinične cene po voznom kilometru zavise i od troškova za zahteve za trasom (*p*), odnosno jedinične cene po bruto-tonskom kilometre od mase voza (*g*). U Švajcarskoj, Slovačkoj i Rumuniji se javlja nešto drugačija struktura formule koja se ogleda u pojavljivanju pondera u okviru ovih komponenti. Kod Švajcarske u delu koji se odnosi na naknadu po voznom kilometru pojavljuju se dva pondera i odnose se na opterećenje mreže i vrstu usluge, dok se u Slovačkoj ponder pojavljuje u delu za bruto-tonske kilometre i zavisi od vrste vuče. Generalno, u svakoj od država jedinični troškovi ili po voznom ili po bruto-tonskom kilometru zavise od različitih kombinacija pondera tako da ne postoji unifikacija ove kategorije strukture naknada.

3.2. Elementi u formuli prema vrsti troškova

Naknade su bazirane na troškovnom principu. Međutim, koji će troškovi biti obuhvaćeni zavisi od više faktora. To prvenstveno zavisi od veličine i karakteristika mreže, načina praćenja i stim u vezi mogućnosti u alociranju troškova, ali i od ciljeva menadžera infrastrukture (promovisanje određene vrste usluga, pokrivanja određene vrste operativnih troškova, itd).

Ako posmatramo naknade na malim mrežama možemo se uočiti da menadžeri infrastrukture obavezno naplaćuju element koji odražava troškove kapaciteta (Tabela 2). Treba zapaziti da je pored različitih karakteristika mreža ovih zemalja vrlo često prisutan i nedostatak kapaciteta ukoliko se nalaze na tranzitnom putu.

Tabela 2. Pregled troškova obuhvaćeni minimalnim paketom usluga kod država sa malim mrežama

Vrste troškova / Zemlje	Administrativni troškovi	Troškovi habanja infrastrukture	Troškovi kapaciteta infrastrukture	Troškovi upotrebe opreme za napajanje	Markap
Bugarska		✓	✓	✓	
Luksemburg	✓		✓	✓	✓
Portugal			✓		
Danska			✓		
Slovačka		✓	✓	✓	
Litvanija		✓		✓	✓
Grčka	✓		✓		
Srbija		✓	✓		
Hrvatska			✓	✓	
Slovenija	✓		✓		
Crna Gora			✓		
Severna Makedonija			✓		

Gledano u celini izabrani troškovi u strukturi naknada su odraz zadovoljenja zahteva Uredbe 2015/909 i alokaciji troškova prema načinu vodjenja troškova u okviru računovodstvenog sistema menadžera infrastrukture date zemlje.

4. KOMPONENTE KAPACITETA I HABANJA U STRUKTURI NAKNADA

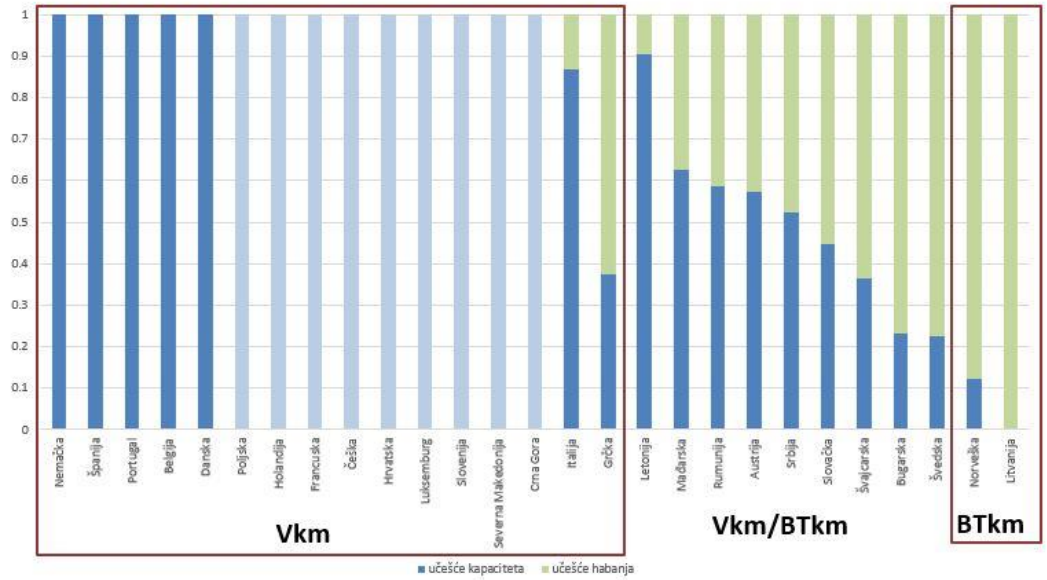
Klasifikacija strukture naknada pokazala je da postoje neke zajedničke karakteristike za postojeće strukture naknada evropskih država. Ipak, za aktere na tržištu ključnu karakterstiku u strukturi naknada predstavlja relativni odnos delova naknade za kapacitet i za habanje infrsatrukture. Ovaj odnos se značajno razlikuje po državama.

Na slici 3 dat je prikaz odnos troškova habanja i troškovi kapaciteta za jedan teretni voz koji saobraća na rastojanju od 400 km i sa prosečnom masom od 1.000 tona. Može se uočiti da od 27 država uključenih u analizu samo pet naplaćuje čiste troškove kapaciteta, dve čiste troškove habanja, a ostalih dvadeset država i jedno i drugo. Pri tome, jedanaest država naplaćuje troškove habanja kroz kapacitet tj. troškovi habanja su zastupljeni u modelu naknada preko merne jedinice za kapacitet (vozni km).

Odnos troškova habanja i kapaciteta po državama se takođe može posmatrati uključivši i komponentu merne jedinice (Slika 3). U grupi koja u strukturi naknada ima obe merne jedinice može se uočiti da izrazito veliko učešće troškova kapaciteta ima Letonija (preko 80%), a nasuprot tome veliko učešće troškova habanja imaju Švedska i Bugarska (nešto manje od 80%).

Strukture naknada menadžera infrastrukture koji naknadu računaju na osnovu ostvarenih voznih kilometara mogu se dodatno grupisati na one kojima se naplaćuje "čist" kapacitet (ne postoji nijedan element u strukturi naknada koji zavisi od mase voza) i one koje kroz naplaćivanje kapaciteta obuhvataju i habanje (na

visinu naknade utiče masa voza). U prvu podgrupu spadaju Nemačka, Španija, Portugal, Belgija i Danska (100% učešće troškova kapaciteta). Drugu podgrupu čine zemlje koje kombinuju uticaj kapaciteta i habanja u jednoj formuli multiplikativnog oblika pri čemu se kombinuje merna jedinica za kapacitet (vozni kilometri) sa koeficijentom habanja. To su: Poljska, Holandija, Francuska, Češka, Hrvatska, Luksemburg, Slovenija, Severna Makedonija i Crna Gora (na slici 3 svetlo plavom bojom obeleženi stubići).



Slika 3. Procentualno učešće naknada za kapacitet i habanje železničke infrastrukture po državama i grupisano po mernim jedinicama

U strukturi naknada ovih zemalja vrednost koeficijenta habanja je data u zavisnosti od mase voza u tabelarnom obliku sa više ili manje razvijenom skalom intervala masa vozova i obuhvaćena ili u okviru jedinične cene ili preko pondera. Međutim, zbog strukture samih formula nije moguće jasno razdvojiti koliko je odnos uticaja kapaciteta i habanja na visinu naknade. U Češkoj najveći uticaj na visinu naknada ima ponder koji je u zavisnosti od mase voza, a merna jedinica je vozni km (za kapacitet). Određivanje vrednosti pondera habanja na ovaj način je izuzetno složeno, traži dugotrajne eksperimente i praćenje troškova i zahteva precizniju alokaciju i praćenje troškova u dužem vremenskom periodu. Takođe, zahteva detaljnije praćenje i snimanje velikog broja perfomansi infrastrukture (Liden 2016; Odolinski, 2019; Smit et al., 2021).

Faktor uticaja obima teretnog saobraćaja na mreži je takođe veliki. Izraziti primer su su Litvanija, Letonija i Slovenija. Sve tri države, odnosno njihovi modeli naknada imaju različite kombinacije mernih jedinica. Na slici 3 se može uočiti da Litvanija ima bruto-tonske kilometre, Letonija bruto-tonske i vozne kilometre i Slovenija vozne kilometre. Iako je očekivano da države sa velikim obimom teretnog saobraćaja naknade naplaćuju na osnovu bruto-tonskih kilometara, menadžeri infrastrukture to rešavaju kombinujući više uticajnih faktora kroz strukturu naknada. Dakle, trendove učešća troškova kapaciteta i troškova habanja je jako teško odrediti bez kombinacije više kriterijuma istovremeno.

5. UMESTO ZAKLJUČKA

U uslovima u kojima se sada zahteva veća samostalnost i veće odgovornosti menadžera infrastrukture na liberalizovanom železničkom tržištu, struktura naknada treba da bude u funkciji unapređenja upravljanja troškovima, postiče potražnju, konkuretnost i bolji kvalitet usluge železnice na transportnom tržištu.

Promene strukture naknada u poslednjih osam godina po državama ukazuju da generalno menadžeri infrastrukture zajedno sa svojim vladama se okreću ka aditivnoj formuli. To je posledica bolje alokacije troškova i promena u njihovom praćenju.

Izbor osnovih mernih jedinica u strukturi naknada u direktnoj je vezi sa kategorijom troškova koje treba da odražava naknada. Naknada bazirana na voznim kilometrima kao mernoj jedinici gotovo uvek šalje poruku teretnim operatorima da se isplati povećanje masa vozova. I obrnuto, naknada na osnovu bruto-tonskih kilometara u većini slučajeva šalje poruku da formiranje vozova većih masa nije opcija koja vodi smanjenju troškova naknada i primenjuje se u uslovima slabog iskorišćenja kapaciteta mreže.

Odnos učešća troškova kapaciteta i troškova habanja infrastrukture u strukturi naknada umnogo zavisi od (1) odluke države ili menadžera infrastrukture koje troškove žele da povrate kroz naknade, (2) detaljnosti

praćenja troškova i (3) definisanih relacija izmedju performansi infrastrukture, performansi vozova i održavanja infrastrukture.

Analiza odnosa troškova kapaciteta i troškova habanja kao i izbor mernih jedinica u strukturi naknada pokazuje da trend u razvoju strukture naknada i elemenata na osnovu kojih se vrši proračun visine naknada ne postoji. Da li uticaj nekih dodatnih pokazatelja mogu da ukažu na trend u razvoju strukture naknada? Odgovor možemo potražiti kroz dodatno posmatranje veličine države, železničke mreže i inteziteta korišćenja mreže.

Da li države iz istog geografskog područja i slične veličine mreže imaju iste ili slične strukture naknada? U Južnoj Evropi preovladava struktura po voznom kilometru sa ponderima, dok u Srednjoj Evropi po voznom kilometru i bruto-tonskom kilometru. To što neke države istog geografskog područja imaju slične strukture uglavnom je rezultat uticaja drugih faktora, kao što su kompleksnost mreže, visoki troškovi održavanja infrastrukture, obim rada i slično.

Da li postoji sličnost između strukture naknada i inteziteta korišćenja mreže po državama? Može se uočiti sličnost u strukturi naknada u državama sa velikim intezitetom korišćenja železničke mreže. Ali i ta sličnost se ne može pripisati samo uticaju tog pokazatelja. Potrebno je simultano uzeti u obzir i tehnologiju rada na mreži, segmentaciju tržišta, način finansiranja infrastrukture i kvalitet usluge.

Sve ukazuje da je određivanje trenda u razvoju strukture naknada višekriterijumski problem. Moraju se istovremeno posmatrati različiti ciljevi menadžera infrastrukture, načini vodjenja troškova infrastrukture i faktori okruženja. Posebno je veliki uticaj egzogenih faktora na izbor strukture naknada kao što su transportna politika, ugovorne obaveze izmedju infrastrukture i države, način finansiranja putničkog saobraćaja, konkurencija na transportnom tržištu, i ostalo.

U ovom momentu, čini se da strukture naknada, kako na nacionalnom tako i na evropskom nivou, još nisu uplovile u zonu stabilnog režima tj. da su još uvek u zoni razvoja i promena. Jedno je sigurno da ispunjenje jednog od osnovnih trendova u definisanju naknada, **unificirana struktura naknada** je još uvek daleko.

6. REFERENCE

1. *Abramović, B., Šipuš, D. (2016) Analysis of railway infrastrukture charges fees on the local passengers' lines in Croatia. In: Proceedings of international conferences on traffic and transport engineering ICTTE 2016, Belgrade, 918–923*
2. *Besanko, D., Shana. C. (2019) Regulated versus Negotiated Access Pricing in Vertically Separated Railway Systems, Journal of Regulatory Economics, 55(1), 1–32*
   Retrived online https://doi.org/10.1007/s11149-019-09374-z
3. *Benedetto, V., Smith, A., Nash, C. (2017) Evaluating the roles and powers of rail regulatory bodies in Europe: A survey-based approach, Transport Policy, 59, 116-123*
   Retrived online https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.07.003
4. *Bokor, Z. (1999), Applying controlling based management methods in rail transport 1-2., Review in Transport Science, 10-12, 368- 376*
5. *Bougette, P., Gautier, A., Marty, F. (2021) Which access to which assets for an effective liberalization on railway sector?, GREDEG WP No. 2019-38; Groupe de REcherche en Droit, Economie, Gestion (GREDEG CNRS), Université Côte d'Azur, France.*
   Retrived online https://ideas.repec.org/p/gre/wpaper/2019-38.html
6. *Bošković, B., Nuhodžić, R., Bugarinović, M. (2016) The sustainability of small countries' railway sector institutions in liberalized market - Case Study Montenegro. Proceedings of the 11th WCRR, Milano, Italia, 29 maj-2 jun 2016*
   Retrived online https://www.sparkrail.org/Lists/Records/DispForm.aspx?ID=23409
7. *Bošković, B. Bugarinović. M, Savić. G, Djuričić. R. (2021) Challenges of Track Access Charges Model Redesign, Sustainability, 13, 13512 Retrived online https://doi.org/10.3390/su132413512*
8. *Bugarinović, M. (2014) Modeling of access charges for the use of railway infrastrukture, PhD thesis, University of Belgrade, Belgrade, Serbia.*
   Retrived online https://hdl.handle.net/21.15107/rcub_nardus_4215
9. *Bugarinović M., Bosković, B. (2015) A system approach to access charges in unbundling railways. European Journal of Operational Research, 240, 3, 848-860*
   Retrived online https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.036
10. *Calvo, F. J., de Oña, J. de Oña, R., Lopez, G., Garach, L. (2014) A proposal for cost-related and market-oriented train running charges. Transportation Planning and Technology [online], 37(4), 354-372. Retrived online : https://doi.org/10.1080/03081060.2014.897127*
11. *Casullo, L. (2016) The efficiency impact of open access competition in rail markets, Discussion paper No. 2016-07; OECD, International Transport Forum, Paris, France,*
    Retrived https://www.itf-oecd.org/efficiency-impact-open-access-competition-rail-markets
12. *Ciuffini, F., Ricci, S., Sitongia, G.R. (2012) Track access charge algorithms in EU railways: a dynamic benchmarking, In: 2nd International Conference on Road and Rail Infrastrukture CETRA 2012, Dubrovnik*
13. *Crozet, Y. (2004) European railway infrastrukture: towards a convergence of infrastrukture charging?, International Journal of Transport Management (online), 2, 1, 5–15*

14. *Crozet, Y and Chassagne, F. (2013) Railway access charges in France: Beyond the opposition between competition and financing, Research in Transportation Economics, 39, 247-254*
15. *Crozet, Y. (2018) Track access charges: reconciling conflicting objectives. Case study-France:logic and limits of full cost coverage, CERRE, Brussels, Belgium*
16. *DB Netz (2021) The Track access Charges 2021 for DB Betz AG, Price and Products, Frankfurt am Main.*
17. *ECMT (2005) Railway Reform & Charges for the Use of Infrastrukture. OECD-ECMT, Paris, France, Retrieved online https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/05railreforme.pdf*
18. *Laroche, F., Sys, C., Vanelslander, T., Van de Voorde, E. (2017) Imperfect Competition in a Network Industry: The Case of the European Rail Freight Market, Transport Policy, 58, 53–61 Retrived online https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.04.014*
19. *Lidén, T., Joborn, M. (2016) Dimensioning windows for railway infrastructure maintenance: Cost efficiency versus traffic impact, Journal of Rail Transport Planning&Management, 6(1), 32-47 Retrived online https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2016.03.002*
20. *Link, H. (2004) Railway infrastrukture charging and on Track competition in Germany, International Journal of Transport Management, 2, 1, 17-27*
21. *Link, H. (2013) Unbundling, public infrastrukture financing and access charge regulation in the German rail sector, Journal of Rail Transport Planning & Management, 2(3), 63–71*
22. *Ministry of Capital Investment, Railway strategy for the period 2017-2027, Podgorica, 2017. Retrived online https://www.gov.me/en/documents/5b241a59-db74-4bf6-a3d6-1453dda6dc03*
23. *Nash, C., Coulthard, S., Matthews B. (2004) Rail track charges in Great Britain the issue of charging for capacity, Transport Policy, 11, 315-327*
24. *Nash, C. (2005) Rail infrastrukture charges in Europe, Journal of Transport Economic and Policy, 39, 3, 259-278*
25. *Nilsson, J.E. (1999) Allocation of track capacity-experimental evidence on the use of priority auctioning in the railway industry, Interantional Journal of Industrial Organization, 17, 1139-1162*
26. *Nikolova, C. (2008) User charges for the railway infrastrukture in Bulgaria, Transportation Research Part A, 42, 487-502.*
27. *Odolinski, K. (2019) Contract design and performance of railway maintenance: Effects of incentive intensity and performance incentive schemes, Economics of Transportation, 18, 50-59 Retrived online https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2019.05.001*
28. *Rothengatter, W. (2003) How good is first best? Marginal cost and other pricing principles for user charging transport, Transport Policy, 10, 2, 121-130*
29. *Rotoli, F., Valeri, E., Ricci, S.,Rizzetto, L., Malavasi, G. (2018) An analysis of the railway access charges regime in the Italian context. Transport Policy, 64, 20-28.*
    Retrived online https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.01.006
30. *Smith, SJ. A., Odolinski, K., Hossein-Nia, S. (2021) Estimating the marginal maintenance cost of different vehicle types on rail infrastructure, Journal of Rail and Rapid Transit,*
    Retrived online https://doi.org/10.1177%2F0954409721991309
31. *Thompson, L. (2008) Charges for the Use of Rail Infrastrukture. International Transport forum, Paris, France,*
    Retrieved online http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/08RailCharges.pdf.
32. *Teixeira, P., Pita, A.L. (2012) Infracharges, UIC study on railway infrastrukture charges in Europe, Final report, Barcelona*
33. *Van Vuuren, D. (2002) Optimal pricing in railway passenger transport: theory and practice in The Netherlands, Transport Policy, 9, 2, 95-106*



P A P E R S

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

TRAFFIC SAFETY OF YOUNG DRIVERS IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

БЕЗБЈЕДНОСТ МЛАДИХ ВОЗАЧА У САОБРАЋАЈУ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

Bojan Marić[a], Krsto Lipovac[b]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, bojan.maric@sf.ues.rs.ba*

[b] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, k.lipovac@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *During the three years (2016., 2017. and 2018. year), approximately 25% of all road deaths in Republika of Srpska were between the ages of 18 and 30. The assumption is that the most endangered category of young people from this age group are young and inexperienced drivers. Therefore, it is very important to analyze in detail traffic accidents and influential factors that contribute to the increased risk of participation of young and inexperienced drivers in traffic. Many countries have paid special attention to the problem of youth suffering in traffic accidents. In the previous period, the risk of traffic accidents in the Republic of Srpska was reduced, but the goals set by the Strategy were not achieved. Several different adverse circumstances have contributed to this, which need to be investigated in detail.*

The subject of research in this paper is the system of driver training, and especially the risk of young drivers to participate in traffic accidents in the Republic of Srpska. In accordance with the mentioned subject of research, a comprehensive research of vulnerability of young and inexperienced drivers in traffic was realized, which would identify the causes and circumstances of traffic accidents in which this extremely endangered category of traffic participants participates, ie research of the most important elements of driver training system. In this regard, the paper presents a summary of the most important problems that contribute to the risk of young and inexperienced drivers, as well as a system of comprehensive measures and activities to reduce this risk, all with the aim of improving the overall level of traffic safety in Republika of Srpska.

Key words: *Young drivers, Risk, Driver training sistem*

Апстракт: *Током три године (2016., 2017. и 2018.) приближно 25% свих смртно страдалих на путевима у Републици Српској су лица старости између 18 и 30 година, (МУП РС). Претпоставка је да су најугрожења категорија младих из ове старосне групе млади и неискусни возачи. Зато је веома значајно детаљно анализирати саобраћајне незгоде и утицајне факторе који доприносе повећаном ризику учешћа младих и неискусних возача у саобраћају. Имајући претходно наведено у виду, многе земље су проблему страдања младих у саобраћајним незгодама посветиле посебну пажњу. У претходном периоду је смањен ризик страдања у саобраћају у Републици Српској, али ипак нису остварени циљеви предвиђени Стратегијом. Овоме је допринијело више различитих неповољних околности, које треба детаљно истраживати.*

Предмет истраживања овог рада је систем обуке возача, а посебно ризик младих возача да учествују у саобраћајним незгодама у Републици Српској. У складу са наведеним предметом истраживања, реализовано је свеобухватно истраживање угрожености младих и неискусних возача у саобраћају, којим би се идентификовали узроци и околности настанка саобраћајних незгода у којима учествује ова изузетно угрожена категорија учесника у саобраћају, односно истраживање најважнијих елемената система обуке возача. С тим у вези, у раду је приказан резиме најважнијих проблема који доприносе ризику страдања младих и неискусних возача, као и система свеобухватних мјера и активности у циљу смањивања наведеног ризика, све са циљем побољшања укупног нивоа безбједности саобраћаја на подручју Републике Српске.

Кључне ријечи*: Млади возачи, Ризик, Систем обуке*

1. УВОД

Саобраћајне незгоде су препознате широм свијета као глобални, здравствени, друштвени и економски проблем. Повреде у друмском саобраћају широм свијета, сваке године однесу више од 1.3 милиона живота и имају велики утицај на квалитет живота друштва. Већина смртних случајева на путевима догађа се у слабо развијеним и средње развијеним земљама, гдје је брз економски развој пратио повећан степен моторизације, а уз то и страдање на путевима (WHO, 2015). Са друге стране, саобраћајне незгоде су први узрок смрти код младих од 15 до 29 година старости (WHO, 2015). Ризик учешћа у саобраћајним незгодама код младих возача је 3-4 пута већи, у односу на остале (Липовац, 2008). Слично истраживање спровео је Cartensen (2002) у Данској и дошао до закључка да разлике у ризику учешћа у саобраћајним незгодама међу возачима почетницима и старијим возачима нестају након двије године. Истраживања у Сједињеним Америчким Државама и Холандији показују да на сваких 10 страдалих младих возача страда и 13 путника учесника у незгодама повезаним са младим возачима (OECD, 2006). Обим и врсту ризика младих возача након стицања возачке дозволе потребно је стално пратити, унапријеђивати разумјевање проблема и предузимати мјере у циљу унапређења. Истраживање OECD-а из 2006 године показује да је ризик младих возача највећи након почетка самосталног управљања возилом. Системи обуке возача у свим земљама подразумевају да је ниво ризика младих возача највећи у тренутку стицања почетне возачке дозволе, док са искуством ниво ризика младих возача опада (Пешић и др., 2016).

Током задње три године (2016., 2017. и 2018.) приближно 25% свих смртно страдалих на путевима у Републици Српској су лица старости између 18 и 30 година, (МУП РС, Информација о стању безбједности саобраћаја). Претпоставка је да су најугроженија категорија младих из ове старосне групе млади и неискусни возачи. Зато је веома значајно детаљно анализирати саобраћајне незгоде и утицајне факторе који доприносе повећаном ризику учешћа младих и неискусних возача у саобраћају. Посебно је важно сагледати како различите стратегије возачких дозвола, модели оспособљавања кандидата за возаче и други елементи обуке возача утичу на ризике учешћа у саобраћајним незгодама.

Имајући претходно наведено у виду, многе земље су проблему страдања младих у саобраћајним незгодама посветиле посебну пажњу. ЕУ је проблем безбједности младих возача сврстала међу кључне области рада. Након низа истраживања и на основу њих реализованих мјера намјењених повећању нивоа безбједности саобраћаја, развијене земље су успјеле да, у дужем периоду смањују број настрадалих у саобраћају. Веома добре резултате дале су системске и дугорочне мјере које су усмјерене ка младим возачима, а које су биле засноване на подацима, науци и најбољој пракси. Посебно је примјетно смањење броја погинулих младих возача у саобраћајним незгодама на путевима Европе (Европска обсерваторија за безбједност саобраћаја, 2008).

Предмет истраживања овог рада је цјелокупан систем обуке возача, а посебно ризик младих возача да учествују у саобраћајним незгодама. У складу са наведеним предметом истраживања, реализовано је свеобухватно истраживање угрожености младих и неискусних возача у саобраћају, идентификовани су узроци и околности настанка саобраћајних незгода у којима учествује ова изузетно угрожена категорија учесника у саобраћају, односно идентификовани су најважнији елементи система обуке возача.

С тим у вези општи циљ оваквог истраживања је унапређење нивоа безбједности младих у саобраћају у Републици Српској, са посебним освртом на смањивање ризика учешћа у саобраћајним незгодама младих возача до 25 година старости. Наведени циљ је постигнут реализацијом сљедећих најважнијих задатака:

- анализа ставова младих возача који су у вези са безбједним учешћем у саобраћају,
- анализа околности настанка незгода у којима учествују млади возачи,
- истраживање ставова предавача, инструктора и испитивача
- истраживање ставова стручњака (експертска метода)
- анализа саобраћајних незгода у којима су учествовали млади возачи до 25 година старости, у Републици Српској
- предлагање оптималних мјера у циљу смањивања ризика учешћа младих возача у саобраћајним незгодама.

Резултати истраживања и приједлог мјера треба да помогну свим субјектима који се баве пословима безбједности саобраћаја на свим нивоима (републички и локални) да унаприједе свој рад на смањењу ризика страдања младих возача на путевима Републике Српске, а самим тим и свих осталих учесника у саобраћају.

2. МЕТОДОЛОГИЈА

2.1. Метод (анкетно истаживање – млади возачи)

Електронско анкетирање спроведено је током фебруара и марта мјесеца 2020. године. Анкетни упитник је формиран тако да садржи 17 питања затвореног и 5 питања отвореног типа. Истраживање је спроведено у различитим градовима и општинама Републике Српске. Укупно су анкетирана 133 млада возача. Притом под категоријом „млади возачи“ анкетирани су и анализирани возачи старости између 18 и 25 године, тј. возачи са максимално 7 година возачког стажа.

2.2. Метод (анкетно истаживање – стручни кадар)

Анкетним истраживањем, помоћу претходно припремљеног анкетног упитника, укупно је анкетирано 57 стручних лица која су директно укључена у систем обуке и полагања возачког испита у аутошколама широм Републике Српске. Међу анкетираним учесницима били су: предавачи теоретског дијела, инструктори, испитивачи и они кадрови који посједују одређену лиценцу, али тренутно не раде у ауто-школама. Анкетирање је спроведено у октобру 2019. године током редовног семинара усавршавања стручних кадрова у аутошколама који је одржан на Саобраћајном факултету у Добоју, Универзитета у Источном сарајеву. Семинар је организован од стране Завода за образовање одраслих Републике Српске. Након добијања попуњених анкетних листова од стране учесника, приступило се сумирању и анализи добијених одговора.

2.3. Метод (анализа података о саобраћајним незодама)

За анализу карактеристичних обиљежја саобраћајних незгода у којима су учесници млади возачи употребљени су статистички подаци из 2019. године. Анализирани статистички подаци у оквиру овог истраживања добијени су из базе података о саобраћајним незгодама Министарства унутрашњих послова Републике Српске (МУП РС). Циљ овог дијела истраживања је анализа околности настанка незгода у којима учествују млади возачи. Кроз анализу и дискусију добијених резултата сагледаће се доминантни фактори ризика учешћа младих возача у саобраћајним незгодама на путевима широм Републике Српске.

3. РЕЗУЛТАТИ

3.1. Ставови младих возача о безбједном учешћу у саобраћају

На основу добијених резултата спроведеног анкетног истраживања ставова младих возача издвојени су најчешћи фактори који утичу на безбједност младих учесника у саобраћају, а то су: алкохол, брзина (чак преко 80% испитаника у неком моменту прекорачује дозвољену брзину) и употреба мобилних телефона током вожње. За разлику од високих процената претходно наведених фактора који негативно утичу на понашање младих возача, позитивно је да је проценат употребе сигурносног појаса током вожње путем самопријављеног понашања код младих возача на завидном нивоу. Резултати анкетног истраживања показали су да је 15% младих возача већ учествовало у једној или више саобраћајних незгода.

Поред основних фактора безбједности саобраћаја у анкетном истраживању обухваћени су и проблеми и критеријуми приликом полагања возачког испита. Основни најчешћи проблеми које су возачи по слободној вољи навели су: страх кандидата, мито, неискуство, незаинтересованост, лоши путеви и непажња.

Страх као проблем у већини случајева постоји када је неко недовољно спреман и није сигуран у своје знање. Стога је потребно посебну пажњу обратити на рад са кандидатима на овом сегменту, а притом и размислити о обавезном фонду, тј. броју часова теоријске и практичне обуке кандидата. Као други најучесталији проблем издвојио се мито или корупција. Ово је системски проблем на простору Републике Српске и Босне и Херцеговине. Мито или корупција су ушли у све поре система, па тако и у систем обуке кандидата за полагање возачког испита. У складу са тим, тј. са величином и озбиљности овог проблема потребно га је систематски рјешавати.

За фонд часова како теоријске, тако и практичне обуке, као и критеријум испитне комисије анкетирани возачи сматрају да је довољан за стицање основног познавања саобраћајних прописа,

међутим када је у питању постојање и приступ одговарајућој литератури за полагање возачког испита, трећина испитаника сматра да овај сегмент обуке није задовољавајући.

3.2. Ставови стручног кадра у ауто-школама

Већина испитаника међу стучним кадром слаже се са тим да је потребно побољшати питања на теоретском дијелу испита обуке кандидата за возаче. Утврђено је да каталог тестовних питања има много недостатака, између осталог ставови стручњака су да је потребно избацити непотребна питања и одређени број питања кориговати. Приједлози су да одређени број питања не буде јаван, али и да се значајно повећа број питања у оптицају за теоретски испит током обуке кандидата.

Већина испитаника сматра да кандидати на теоретском дијелу испита највише грешака праве приликом рјешавања раскрсница, што упућује на то да би се у оквиру овог дијела теоретске обуке требало посветити више пажње и пружити већа знања и квалитетнија анализа и објашњења конкретних ситуација кандидатима.

Од укупног броја анкетираних стручних лица који су се изјаснили да је потребно унаприједити и практични дио обуке, највише их је рекло да је потребно повећати фонд часова, а затим да је потребно обезбједити обуку кандидата и на полигону. Поред наведених приједлога, сљедећи најзаступљенији одговори су: унаприједити рад са кандидатом приликом практичног дијела обуке, организовати обуку на државном нивоу, више пажње посветити паркирању, обезбједити боља возила и спроводити обуку и у лошим временским условима.

Кроз анализу добијених одговора утврђено је да је потребно увести строжије контроле у рад самих ауто-школа, а посебно када је у питању рад стручног кадра. Мјерама као што су увођење видео надзора на испитима и промјена структуре запослених у аутошколама, испитаници сматрају да би се могао додатно унаприједити систем полагања возачких испита. Велики број испитаника је предложио увођење аудио и видео надзора током полагања практичног дијела испита, како би се смањио ниво корупције и мита који је увелико присутан у систему полагања возачког испита у ауто-школама (посебно су истакнути испитивачи током полагања практичног дијела испита).

Када су у питању значајни фактори безбједности саобраћаја који утичу на страдање младих возача, већина анкетираних стручних лица у аутошколама сматра да су то: неприлагођена брзина, алкохол, незнање и недовољно возачко искуство.

Даље, утврђено је да је младим возачима да би били безбједнији у саобраћају потребан надзор родитеља, у почетку присуство старијих искуснијих возача током управљања моторним возилом и едукација са посебним освртом на посљедице саобраћајних незгода, казнене мјере, факторе безбједности саобраћаја као што су: брзина, алкохол, употреба мобилног телефона...

Добијени резултати су такође показали да би се обука кандидата за возаче могла унаприједити повећањем броја часова (теоретски и практични дио) обуке, па би се требало у будућности разматарати и о мјери увођења већег броја часова обуке.

Сагледавањем резултата овог дијела истраживања добија се увид у квалитет рада стручног кадра у ауто-школама и уопште о раду аутошкола, указује се на најважније проблеме и самим тим могуће је уочити елементе обуке у аутошколама у којима је потребно дјеловати како би се систем обуке кандидата за полагање возачког испита побољшао, тј. подигао на знатно виши ниво.

3.3. Карактеристике СН у којима су учествовали млади возачи

Добијени резултати показали су да млади возачи са возачким стажом до 2 године учествују у 10% од укупног броја саобраћајних незгода на путевима у Републици Српској. Притом, возачи са возачким искуством између 2 и 7 година, су учесници у 14% свих саобраћајних незгода.

Сљедећа важна чињеница је да млади возачи највише учествују у саобраћајним незгодама „бочни удар“ и „вожња у истом смјеру“. Овакав резултат се може тумачити да млади возачи већином одузимају право првенства другом возилу и не држе безбједно одстојање од другог возила у саобраћају.

Када се погледају саобраћајне незгоде према тежини посљедица, може се закључити да са повећањем озбиљности саобраћајних незгода тј. тежине посљедица истих долази до пораста учешћа младих возача. (табела 1.).

Табела 1. Структура СН у зависности од возачког искуства

	Број СН			
Возачко искуство	СН са МШ	СН са ЛТП	СН са ТТП	СН са ПОГ
до 2 год.	9,2%	12,9%	9,7%	11%
од 2 до 7 год.	13,9%	14,4%	14,3%	22%

Овакви резултати указују на чињеницу да су млади возачи склони агресивнијем понашању у саобраћају, тј. управљањем моторним возилом при великим брзинама које су уједно и један од главних узрока повећању „жестине“ саобраћајних незгода у којима су учесници управо млади возачи. Притом важно је напоменути да поред возача са возачким искуством до двије године, велики проблем у овом случају представљају саобраћајне незгоде у којима су учествовали возачи са нешто више возачког искуства (2 до 7 година). Ови возачи након истека прве двије године од добијања возачке дозволе, нису у складу са Законом дужни више имати ознаку „Р“ на свом возилу и за њих више не важе одређена ограничења која су прописана за возаче почетнике. У складу са тим они се ослобађају „стега“ и мишљења су да су сада искусни возачи, што их уз вишу дозу саомоувјерености коју носи младост и недовољно искуство и свијесто о ризицима у саобраћају води у ризичнију вожњу, а самим тим и у опасне ситуације у саобраћају.

Када је анализирана расподјела саобраћајних незгода током 24h, добијено је да се приближно 7% свих СН догоди између поноћи и 06 сати ујутро, а приближно 23% свих незгода у вечерњим сатима (између 18 и 24h). Када се погледају млади возачи (до 7 година возачког стажа) у овим временским интервалима, тј. број СН у којима су они учесници је чак 41,7% у вечерњим сатима, а 29,6% у јутарњим сатима иза поноћи. Притом обе посматране категорије возача (до 2 године и између 2 и 7 година возачког стажа) су учествовали у већем броју СН у периоду од 00 до 06h (18,7% и 23%), него у периоду од 18 до 24h (12% и 17,6%).

У складу са анализом добијених резултата може се закључити да се велики број саобраћајних незгода догоди у периоду од 18 до 24h (приближно 23%), а да у истом периоду млади возачи (до 7 година возачког искуства) учествују у приближно 30% саобраћајних незгода.

Већина досадашњих релевантних истраживања показала су да млади возачи највише страдају викендом. Стога је у истраживању урађена анализа, тј. расподјела саобраћајних незгода током дана у седмици у одређеним временским интервалима са посебним освртом на младе возаче. Добијени резултати су показали да је у периоду између 18 и 24h током дана у седмици (и викендом у односу на радне дане) расподјела саобраћајних незгода у којима су учесници млади возачи (до 2 и од 2 до 7 година возачког стажа) уједначена, тј. нема великих одступања. За разлику од овог периода, у периоду након поноћи (од 00 до 06h) укупан број саобраћајних незгода у којима су учествовали млади возачи је значајно повећан током дана викенда (субота и недеља иза поноћи).

Период између 18 и 24h се издваја као период у коме се дешава највећи број саобраћајних незгода на путевима у Републици Српској. С тим, да се у овом периоду догодио највећи број саобраћајних незгода са погинулим лицима у односу на укупан број ових незгода (укупно 43%).

Расподјела СН по данима у периодима од 18 до 24h и од 00 до 06h. Сви дани током седмице у периоду од 18 до 24h су критични, а посебно се у овом случају издваја велики број СН са погинулим лицима у којима су учесници млади возачи (до 7 година возачког искуства). Када су у питању најтеже посљедице (погинули и тешко повријеђени) у периоду између 18 и 24h могу се издвојити четвртак, петак, субота и недеља као дани са веома високим ризиком страдања обе посматране категорије младих возача.

Анализом фактора брзина као узрока саобраћајних незгода у Републици Српској, добијено је да се 15,3% СН дешава услед овог фактора. У овом износу СН, млади возачи су учествовали у 28% саобраћајних незгода. (11,5% до 2 године и 16,5% од 2 до 7 година возачког искуства).

Број саобраћајних незгода у којима је као узрок препознат фактор алкохол износи 3,2% од укупног броја незгода.

Приликом претицања догодило се 3,4% (503) саобраћајних незгода у односу на укупан број СН на путевима у Републици Српској. Овдје значајно више учествују млади возачи са возачким стажом између 2 и 7 година (16,3%), у односу на возаче са возачким стажом до двије године (9,9%).

Фактор безбједности саобраћаја „мијењање саобраћајне траке**“.** Укупан број СН узрокованих овим фактором је 418 (2,8% од укупног броја СН). Притом у приближно 20% ових СН су учесници млади возачи (до 7 година возачког стажа).

Фактор држање одстојања између возила у саобраћајном току је узрок у 21% свих саобраћајних незгода које су се догодиле на путевима у Републици Српској. Када се погледа возачко искуство возача

који су учествовали у овим незгодама види се да значајно више учествују возачи са возачким искуством између 2 и 7 година (15,1%), у односу на оне са возачким искуством до двије године (7,5%).

Првенство пролаза као узрок СН јавља се у 13% свих саобраћајних незгода на путевима у Републици Српској. Притом возачи са возачким стажом до 7 година учествовали су у 26% СН гдје је узрок одузимање права првенства пролаза, (12,5% до 2 године и 13,5% од 2 до 7 година возачког искуства).

Околност услед које се догодила 931 СН или 6,3% СН од укупног броја саобраћајних незгода у Републици Српској је радња „скретање“. Приликом извођења радње скретања у саобраћајним незгодама учествовало је 13,4% возача са возачким стажом између 2 и 7 година, као и 11% оних возача који имају мање од 2 године возачког стажа.

Страна кретања возила је такође препозната као околност која узрокује велики број саобраћајних незгода у Републици Српској. Укупан број СН гдје је узрок ова околност износи 1.247 или 8,5% свих саобраћајних незгода. Од овог броја приближно једна четвртина СН су незгоде у којима су учествовали млади возачи са возачким стажом до 7 година, респективно возачи од 2 до 7 година са 14,5% и возачи до 2 године возачког искуства са 10,7% учешћа.

4. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА И ПРИЈЕДЛОГ МЈЕРА

Коначно, на основу анализе резултата анкете младих возача, могу се боље разумјети најважнији фактори ризика младих возача у саобраћају. У складу са тим најчешћи фактори који утичу на безбједност младих учесника у саобраћају су: алкохол, брзина (чак преко 80% испитаника у неком моменту прекорачује дозвољену брзину) и употреба мобилних телефона током вожње.

Забрињавајућа је чињеница да су резултати анкетног истраживања показали да је 15% младих возача већ учествовало у једној или више саобраћајних незгода. Основни најчешћи проблеми приликом полагања, а које су возачи по слободној вољи навели су: страх и трема кандидата на испиту, корупција, неискуство, незаинтересованост и непосвећеност испитивача, лоши путеви, непажња и недостатак одговарајуће литературе. Као други најучесталији проблем издвојио се мито или корупција. Ово је системски проблем на простору Републике Српске и Босне и Херцеговине. Мито или корупција су ушли у све поре система, па тако и у систем обуке кандидата за полагање возачког испита. У складу са тим, тј. са величином и озбиљности овог проблема потребно га је систематски рјешавати. Посебно је значајно мијењати општи утисак да корупција помаже или да је неопходна за лакше полагање испита. Неопходно је успоставити систем сталног стручног усавршавања испитивача, чији саставни део би било и стално усаглашавање метода испитивања и критеријума за полагање испита. У складу са усаглашеним ставовима, требало би испитивачима омогућити самосталност у одлучивању, уз истицање њихове пуне одговорности за квалитет будућих возача.

За фонд часова како теоријске, тако и практичне обуке, као и критеријум испитне комисије анкетирани возачи сматрају да је довољан за стицање основног познавања саобраћајних прописа. Међутим, када је у питању постојање и приступ одговарајућој литератури за полагање возачког испита, трећина испитаника сматра да овај сегмент обуке није задовољавајући.Већина испитаника, тј. стручног кадра слаже са тим да је потребно побољшати питања на теоретском дијелу испита за возаче. Такође, већина стручног кадра сматра да кандидати на теоретском дијелу испита највише грешака праве приликом рјешавања раскрсница, што доводи до закључка да би се у оквиру овог дијела теоретске обуке требало посветити више пажње и пружити знатно више знања, квалитетније анализе и стручна тумачења различитих саобраћајних ситуација кандидатима. Од укупног броја анкетираног стручног кадра у аутошколама који су се изјаснили да је потребно унаприједити и практични дио обуке, највише их је рекло да је потребно повећати фонд часова практичне обуке, а затим да је потребно обезбједити и обуку кандидата на полигону.

Поред наведених приједлога, сљедећи најзаступљенији одговори су:

- унаприједити рад са кандидатом током практичног дијела обуке,
- организовати обуку на државном нивоу,
- више пажње посветити радњи паркирања,
- обезбједити боља возила за обуку и
- спроводити обуку и у лошим временским условима.

Значајна већина анкетираних стручних лица у аутошколама сматра да неприлагођена брзина, алкохол, незнање и неискуство, у великој већини, утичу на настанак саобраћајних незгода у којима учествују млади возачи. Стручни кадрови који врше обуку и реализују испит за возача сматрају да младим возачима највише недостаје искуство, надзор родитеља и едукација. Са друге стране, они

сматрају да би се обука кандидата за возаче могла унаприједити повећањем броја часова (теоретске и практичне) обуке, као и да би се систем полагања возачких испита могао додатно унаприједити увођењем видео надзора на испитима.

Резултати спроведене анализе података о саобраћајним незгодама показали су да млади возачи са номиналним возачким стажом до 2 године учествују у 10% од укупног броја саобраћајних незгода на путевима у Републици Српској. Притом, возачи са номиналним возачким стажом између 2 и 7 година, су учесници у 14% свих саобраћајних незгода.

Дакле, у 24% свих саобраћајних незгода на путевима у Републици Српској учесници су били возачи са номиналним возачким стажом до 7 година.

Утврђено је да млади возачи највише учествују у саобраћајним незгодама „бочни удар" и „вожња у истом смјеру", што упућује да млади возачи већином одузимају право првенства другом возилу и не држе безбједно одстојање од другог возила у саобраћају. Анализом тежине посљедица саобраћајних незгода, утврђено је да, са повећањем тежине саобраћајних незгода, долази до пораста учешћа младих возача у њима. Другим ријечима, како расте озбиљност посљедица, од СН са материјалном штетом до СН са погинулим лицима, расте и учешће младих возача (до 7 година возачког стажа) до једне трећине саобраћајних незгода са погинулим лицима у којима су млади возачи учесници.

Велики број саобраћајних незгода догоди се у периоду од 18 до 24h (приближно 23%). Међутим, у истом периоду, млади возачи (до 7 година возачког искуства) учествују у приближно 30% саобраћајних незгода. Многа досадашња објављена истраживања показала су да млади возачи највише страдају викендом. Викендом се посебно повећава број незгода у којима учествују млади возачи, а које се догађају у периоду након поноћи (од 00 до 06h). Период између 18 и 24h се издваја као период у коме се дешава највећи број саобраћајних незгода на путевима у Републици Српској. У овом периоду се догодио највећи број саобраћајних незгода са погинулим лицима (43%, у односу на укупан број ових незгода).

Сви дани током седмице у периоду од 18 до 24h су критични, а посебно се у овом случају издваја велики број СН са погинулим лицима у којима су учесници млади возачи (до 7 година возачког искуства). Када су у питању најтеже посљедице (погинули и тешко повријеђени) у периоду између 18 и 24h могу се издвојити четвртак, петак, субота и недеља као дани са веома високим ризиком страдања обе посматране категорије младих возача.

Анализом фактора брзине кретања возила као узрока саобраћајних незгода у Републици Српској, утврђено је да се 15,3% свих саобраћајних незгода дешава услед фактора брзине. Млади возачи су учествовали у 28% саобраћајних незгода код којих је евидентиран фактор брзине (11,5% до 2 године и 16,5% од 2 до 7 година возачког искуства). Фактор алкохол је евиедntиран као узрочни фактор код 3,2% од укупног броја незгода. Међутим, када се погледа структура (према возачком стажу) саобраћајних незгода гдје је евидентиран алкохол као узрочни фактор, евидентно је да велики број младих возача са возачким стажом до двије године (11,5%) учествује у овим СН.

Фактор недржање одстојања између возила у саобраћајном току је узрок у 21% свих саобраћајних незгода које су се догодиле на путевима у Републици Српској. У овим незгодама значајно чешће учествују возачи са искуством између 2 и 7 година (15,1%), у односу на оне са возачким искуством до двије године (7,5%). Првенство пролаза као узрок СН јавља се у 13% свих саобраћајних незгода на путевима у Републици Српској. Притом возачи са возачким стажом до 7 година учествовали су у 26% СН чији узрок је био одузимање права првенства пролаза. У овим саобраћајним незгодама учествују подједнако обе анализиране категорије младих возача.

Предмет истраживања у оквиру овог пројекта били су различити аспекти безбједности младих возача у саобраћају. Анализирани су најважнији елементи система оспособљавања кандидата за возаче, али и саобраћајне незгоде са учешћем младих возача. С тим у вези, циљ пројекта био је научно сагледавање и боље разумјевање стања и најважнијих фактора који доприносе ризику страдања младих и неискусних возача.

У складу са добијеним резултатима у овом поглављу, предложен је сет свеобухватних мјера и активности у циљу смањивања ризика учешћа младих возача у саобраћају, све са циљем побољшања нивоа безбједности младих возача, али и укупног нивоа безбједности саобраћаја на подручју Републике Српске. Предложене мјере су класификоване у четири групе:

- мјере којима се унапређују процеси пре почетка стручног оспособљавања кандидата за возача,
- мјере којима се унапређује теоријска и практична настава у аутошколи,
- мјере којима се унапређује полагање возачких испита и
- мјере којима се унапређује ставови и понашање нових (неискусних) возача.

Резултати истраживања и описани приједлог мјера треба да помогну свим субјектима који се баве пословима безбједности саобраћаја на свим нивоима (републички и локални) да унаприједе свој рад на

смањењу ризика страдања младих возача на путевима Републике Српске, а самим тим и свих осталих учесника у саобраћају.

Рад представља систематизован преглед истраживања спроведених у оквиру пројекта „БЕЗБЈЕДНОСТ САОБРАЋАЈА МЛАДИХ ВОЗАЧА“. Наручилац пројекта је Министарство за научнотехнолошки развој, високо образовање и информационо друштво Републике Српске, а извођач истог је Саобраћајни факултет Добој, Универзитет у Источном Сарајеву.

5. ЛИТЕРАТУРА

Cartensen, G. (2002). The Effect on Accident Risk of a Change in Driver Education in Denmark, Accident Analysis and Prevention, Vol. 34, Issue 1, pp. 111-121.

Липовац, К. (2008). БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА. Службени лист, Београд.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2006. Young drivers–the road to safety. OECD Report ITRD number E130375.

Пешић, Д., Вујанић, М., Антић, Б. и Смаиловић, Е. (2016). Упоредна анализа угрожености младих возача у Србији и земљама Европске Уније. 11. Међународна Конференција „Безбедност саобраћаја у локалној заједници“ Србија, Врњачка Бања, стр. 9-19.

Стратегија безбједности саобраћаја на путевима Републике Српске, 2013-2022.

World Health Organization, (2015). Global status report on road safety 2015. Geneva.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

TRANSPORT IN THE WHIRLPOOL OF THE LOST DECADE

TRANSPORT U VRTLOGU IZGUBLJENOG DESETLJEĆA

Drago Pupavac[a], Knežević Josip[b]

[a] *Polytechnic of Rijeka, Vukovarska 58, Rijeka 51000, Croatia, drago.pupavac@veleri.hr*

[b] *HŽ Infrastruktura d.o.o., Rijeka, Croatia, josip.knezevic@veleri.hr*

Abstract: *This paper investigates the movement of basic performance indicators in the transport system of the Republic of Croatia (HR) for the period from 2008 to 2020. It's a period of deep crisis in the Croatian economy and a period of survival. The global financial crisis, and then the COVID-19 crisis, with their intensity strongly and negatively affected the general level of economic activities, preventing a greater contribution of transport to economic growth and entering a virtous circle of development. The subject of this paper is focused on quantitative indicators of work in transport, but also on the relationship between transport and the economy in times of crisis. The working hypothesis of this paper is: In the observed period, especially in the specific conditions caused by the COVID-19 crisis, the role of transport as an active promoter of economic growth is missing. The main finding of this paper points to the conclusion that transport in the decade of crisis alleviated the recession to a greater extent than stimulated the economic recovery. The research results are based on methods of analysis and synthesis and methods of descriptive and inferential statistics.*

Key words: *transport, crisis, work indicators, COVID-19, economic growth*

Apstrakt: *U ovome radu istražuje se kretanje osnovnih pokazatelja rada u transportnom sustavu Republike Hrvatske (HR) za razdoblju od 2008. do 2020. godine. Radi se o razdoblju duboke krize hrvatske ekonomije i razdoblju preživljavanja. Globalna financijska kriza, a potom i COVID-19 kriza svojim su intenzitetom snažno i negativno utjecale na opću razinu ekonomskih aktivnosti sprječavajući veći doprinos transporta gospodarskom rastu i izlasku na dobri krug razvoja. Predmet ovoga rada usmjeren je na kvantitativne pokazatelje rada u transportu, ali i na međuodnos transporta i gospodarstva u uvjetima krize. Radna hipoteza ovoga rada glasi: U promatranom razdoblju, posebno u specifičnim uvjetima izazvanim COVID-19 krizom, izostaje uloga transporta kao aktivnog promotora gospodarskog rasta. Glavni nalaz ovoga rada upućuje na zaključak da je transport u desetljeću krize u većoj mjeri ublažavao recesiju nego što je poticao gospodarski oporavak. Rezultati istraživanja temelje se na metodama analize i sinteze te metodama deskriptivne i inferencijalne statistike.*

Ključne riječi: *transport, kriza, pokazatelji rada, COVID-19, gospodarski rast.*

1. UVOD

Globalna gospodarska kriza i njom izazvana recesija usporili su i zaustavili gospodarski rast i razvoj RH. I baš kada se nazirao gospodarski oporavak i izlazak na dobri krug razvoja uslijedila je nova gospodarska kriza izazvana pandemijom COVID-19. Taj udar na hrvatsko gospodarstvo bio je toliko snažan da je razinu realnog BDP-a vratio ispod razine BDP-a iz 2008. godine, i to za čak 6,5 %. Kako je prijevozna potražnja za prometom izvedena potražnja sličnu sudbinu doživio je i sektor prijevoza s tim da je udar COVID-19 krize bio toliko jak da je prihode ostvarene od prijevoza u 2020. godini smanjio za 31,8 % u odnosu na 2008. godinu. Ukupan obujam prijevoza u 2020. godini u odnosu na 2008. godinu u robnom prometu mjereno dinamičkim pokazateljima rada smanjio se za 44,08 %, a u putničkom prometu za čak 143,54 %. Ovi podaci potvrđuju zakonitost po kojoj smanjenje gospodarske aktivnosti slijedi, u pravilu, i smanjenje obujma prijevoza, ali po znatno većim stopama (Pupavac, 2009).

2. TEORIJSKI OKVIR I PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Međuodnos prometa i dostignutog gospodarskog razvoja može se promatrati dvojako: 1) utjecaj gospodarstva jedne regije, države ili jednog šireg regionalnog područja na formiranje prometnog sustava i na promet kao gospodarsku djelatnost; 2) utjecaj prometnog sustava i prometa kao gospodarske djelatnosti na narodno gospodarstvo (Pupavac, 2017). Ti međusobni utjecaji mogu se promatrati na način predočen tablicom 1.

Tablica 1. Međuodnos prometa i gospodarstva

Gospodarstvo	Promet
Obujam proizvodnje	Obujam prijevoza
Struktura proizvodnje	Struktura prijevoza
Teritorijalni razmještaj proizvodnje	Relacije prijevoza
Dinamika proizvodnje	Dinamika prijevoza

Izvor: Božić, V. (2009). Ekonomika saobraćaja, Centar za izdavačku djelatnost Ekonomskog fakulteta u Beogradu, Beograd, p.67

Promatrajući međuodnos razvoja prometa i gospodarstva moguće je izdvojiti pet potencijalnih odnosa (Rodrigue, Comtois, Slack, 2006):

▪ **Slaba međuovisnost** je prvi odnos između razvitka prometa i gospodarstva. Premda je očita uloga prometa u podupiranju gospodarskih i društvenih aktivnosti u ovom slučaju teško je uspostaviti čvrstu korelaciju između prometa i gospodarskog razvoja. To je posebice slučaj za prometnu infrastrukturu koja je izgrađena u prošlom razdoblju i koja je utkana u regionalnu ekonomiju. Vodeća uloga prometne infrastrukture ne može se više istaknuti, ali to ne znači da promet nije ostao temeljenom podupirućom aktivnosti gospodarstva.

▪ **Pozitivna međuovisnost** je drugi odnos između prometa i gospodarskog razvoja. Ulaganja u promet posebice u razvoj infrastrukture, imaju vodeću ulogu u gospodarskom razvoju određenog područja, odnosno povećanju proizvodnje i potrošnje. Ovaj proces dolazi posebno do izražaja kada izgradnja prometne infrastrukture omogućava pristup resursima i novim tržištima, što onda implicira val novih investicijskih ulaganja.

▪ **Slabija razvijenost prometa** u odnosu na gospodarstvo treći je međuodnos koji implicira da razvoj prometnog sustava slijedi gospodarski razvoj. Dobar primjer za ovaj odnos ubrzani je gospodarski razvitak azijskih država (posebice Kine). Naime, u tim državama postojeća prometna infrastruktura nije dostatna da odgovori potrebama potražnje za prometom generirane globalnim modelom gospodarskog razvoja.

▪ Četvrti međuodnos označava pokušaj da se **ulaganjem u prometnu infrastrukturu aktivira gospodarski razvoj** određenog područja i privuče promet. Negativne posljedice takve strategije mogu biti brojne. Kako se prometna infrastruktura gradi uz velika ulaganja neuspjeh u privlačenju novoga prometa rezultira velikim dugom, usporavanjem i odgađanjem gospodarskog rasta. Negativan rezultat takve strategije moguć je i ako izgrađena prometna infrastruktura privuče novi promet. Naime, koristi od novoizgrađene prometne infrastrukture mogu *a priori* biti u funkciji ekonomija drugih država koje će na taj način imati olakšan pristup domaćem tržištu. Odlijev lokalnih resursa, fizičkih i ljudskih (iseljavanje) mogu također biti negativni rezultati takve strategije.

▪ Peti međuodnos predstavlja **najgori mogući scenarij**. Osim negativnih posljedica ulaganja u prometnu infrastrukturu po gospodarski razvoj, ako se ove investicije pokreću ili nastavljaju i u vrijeme pada gospodarskih aktivnosti, takva ulaganja mogu čak i ubrzati gospodarski pad.

Deset godina od globalne financijske krize čije su se razorne posljedice po gospodarstvo RH osjetile od 2009. do 2014. godine, RH zadesila je nova kriza izazvana globalnom pandemijom COVID-19. Covid-19 kriza negativno se odrazila na sve gospodarske sektore izuzev farmaceutske industrije (Duvnjak, 2020). Negativne posljedice krize posebno su bile izražene u sektoru prijevoza, turizma i industrijske proizvodnje čime su izostali njihovi multiplikativni efekti na druge gospodarske sektore i makroekonomske agregate kao što su bruto domaći proizvod i zaposlenost. Svijet se je odjednom počeo zatvarati u nacionalne granice i zagovarati protekcionističke mjere čime je uloga prometa i prometne povezanosti kao ekonomskog faktora bila dodatno smanjena. Najveći gubitnik među prometnim granama bio je zračni prijevoz čiji su gubitci u 2020. godini procijenjeni na 126,4 milijarde USD, dok se za 2021. procjenjuju na oko 47,7 milijardi USD. Razorne posljedice pandemijom izazvane globalne krize po hrvatsko gospodarstvo i društvo u cjelini tek će se analizirati. Gospodarski pad u 2020. od 8,4 % u odnosu na 2019. godinu vratio je *output* hrvatskog gospodarstva na razinu ispod 2008. godine.

Posljedice globalne financijske krize osjećale su se u RH punih šest godina dok se za posljedice nove globalne krize procjenjuje kratkotrajni učinak. Naime, gospodarski oporavak i pozitivne gospodarske stope rasta procjenjuje se na 5,3 % u 2021. i 4,6 % u 2022. godini. Takve procjene ohrabrujuće su i za oporavak prometa kao gospodarske djelatnosti i njegove direktne, indirektne i inducirane učinke po gospodarstvo.

3. PODACI I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

S ciljem sagledavanja uloge prometa u gospodarskom razvoju polazi se od modela otvorene ekonomije po kojemu bruto domaći proizvod narodnog gospodarstva čine (Samuelson & Nordhaus, 2011):

$$BDP = C + I + G + (E - U) \quad (1)$$

gdje je: C – osobna potrošnja, I – investicije, G – budžetska ili opća potrošnja, (E – U) – saldo vanjskotrgovinske bilance.

Osnova neoklasičnog modela rasta je agregatna proizvodna funkcija. Ako se zanemari tehnološki progres, neoklasična funkcija proizvodnje je oblika

$$Y = f(K, L) \quad (2)$$

gde je Y – bruto domaći proizvod, K – kapital, L – rad.

Ako u jednadžbi (1) zanemarimo rast stanovništva odnosno rast ponude rada i pretpostavimo da je ponuda rada konstantna tada agregatnu proizvodnu funkciju možemo napisati kao funkciju kapitala

$$Y = f(K) \quad (3)$$

Funkcija (2) pokazuje koja razina *outputa* može biti proizvedena uz postojeću zalihu kapitala K. Pretpostavka je da se cjelokupni kapital i rad koriste efikasno i u cijelosti te da f(K) predstavlja ne samo što se može proizvesti već i što će biti proizvedeno. Polazeći od funkcije (3) vidljivo je da *output* raste jedino ako se poveća zaliha kapitala.

Ako se u jednadžbi (3) kapital dezagrerira na fiksni kapital u proizvodnji (Kp) i fiksni kapital u djelatnosti transporta tada funkcija dobiva sljedeći oblik

$$Y = f(K_p, K_t) \quad (4)$$

Rezultati istraživanja u ovoj znanstvenoj raspravi temelje se na prikupljenim sekundarnim podacima (cf. tablicu 2).

Tablica 2. Kretanje ukupnog obujma prijevoza, međunarodne razmjene, prihoda i troškova prijevoza, broja zaposlenih u prijevozu i BDP-a, 2008. – 2020.

Godina	Ukupan obujam prijevoza (mil. rkm)	izvoz (fob) (mil.€)	uvoz (cif) (mil.€)	Saldo (mil.€)	Prihodi od prijevoza (mil.€)	Troškovi prijevoza (mil.€)	Saldo (mil.€)	Broj zaposlenih	BDP (stalne cijene iz 1990. u mil HRK)
2008.	168188	9585,1	20817,1	-11232,0	1213,5	808,3	405,2	81220	331155,4
2009.	159337	7529,4	15220,1	-7690,7	942,9	653,7	289,2	80733	306981,1
2010.	183824	8898,3	15132,5	-6234,2	999,1	682,6	316,5	76486	302376,3
2011.	175777	9533,7	16280,9	-6747,2	977,8	700,1	277,7	75827	301469,2
2012.	144950	9448,9	16213,7	-6764,8	966,6	699,0	267,6	76085	294535,4
2013.	147168	9482,9	16567,6	-7084,7	934,4	684,7	249,7	74882	293062,8
2014.	127936	10262,9	17225,0	-6962,1	999,1	567,1	432,0	71276	292769,7
2015.	143856	11434,0	18624,1	-7190,1	1018,2	579,3	438,9	71424	299796,2
2016.	136298	12270,7	19934,2	-7663,5	1077,5	567,4	510,1	75301	310289,0
2017.	132817	13983,4	22077,9	-8094,5	1147,0	652,4	494,6	76892	319908,0
2018.	131431	14505,1	24047,7	-9542,6	1223,9	672,4	551,5	80316	328545,5
2019.	126470	15186,3	25323,1	-10136,8	1252,2	708,3	543,9	84331	338073,3
2020.	114367	14810,0	23041,0	-8231,0	827,3	566,2	261,1	82476	309675,2

Izvor: Državni zavod za statistiku

Primijenjena metodologija u ovom istraživanju temelji se na metodama deskriptivne i inferencijalne statistike. Istražit će se doprinos prometnog sektora uravnoteženju platne bilance, doprinos prometa zaposlenosti te međuovisnost prihoda od prijevoza i međunarodne razmjene i međuodnos prihoda od prijevoza i BDP-a. Predmet istraživanja bit će i udio investicija u promet kao i struktura investicija u promet.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Temeljem podataka iz tablice 2 sačinjena je deskriptivna statistika ukupnog obujma prijevoza (OP) i broja zaposlenih u prometnom sustavu (BZ) HR (cf. tablicu 3).

Tablica 3. Deskriptivna statistika obujma prijevoza i broja zaposlenih u prometnom sustavu HR, 2008.-2020.

	OP (mil.rkm)	BZ
MEAN case 1-13	145571	77481
MEDIAN case 1-13	143856	76486
SD case 1-13	20778	4054
VALID_N case 1-13	13	13
SUM case 1-13	1892419	1007249
MIN case 1-13	114367	71276
MAX case 1-13	183824	84331
_25th% case 1-13	131431	75301
_75th% case 1-13	159337	80733

Temeljem podataka iz tablice 3 može se zaključiti da prosječno godišnje ostvareni obujam prometa iznosi 145 571 mil. rkm (SD=20 778). Najmanji obujam prometa ostvaren je u 2020. godini u iznosu od 114 367 mil.rkm, a najveći 2008. godine u iznosu od 183 824 mil.rkm. Prosječan broj zaposlenih iznosi 77 481 (SD=4054) s time da je najmanji broj zaposlenih bio u 2014. godini kada je bilo zaposleno svega 71 276 radnika, a najveći broj zaposlenih bio je 84 331 u 2019. godini.

Provedena korelacijska analiza (cf. tablicu 4) potvrdila je postojanje pozitivne i srednje jake veze između ukupnog obujma prijevoza i troškova prijevoza ($r=0,55$; $p<0,01$). Ovo je i razumljivo s obzirom da izvršenje određenog obujma prijevoza zahtijeva i određene troškove. Druge veze između obujma prijevoza i drugih varijabli uglavnom su negativne i nisu statistički značajne.

Tablica 4. Korelacijska analiza

	OP	*Izvoz*	*Uvoz*	*Saldo*	*Pr_P*	*Tr_P*	*Salda_P*	*BZ*	*BDP*
OP	1								
Izvoz	-0,7655	1							
Uvoz	-0,65915	0,926725	1						
Saldo	0,23097	-0,45712	-0,75781	1					
Pr_P	-0,06049	0,409018	0,607633	-0,72805	1				
Tr_P	0,556961	-0,27123	0,00424	-0,48103	0,463825	1			
Salda_P	-0,41368	0,627746	0,679815	-0,51909	0,8352	-0,09983	1		
BZ	-0,13973	0,391737	0,58698	-0,70917	0,31925	0,430432	0,091362	1	
BDP	-0,19249	0,595752	0,818993	-0,90409	0,817334	0,428491	0,651977	0,764039	1

Da bi se zorno predočila uloga transporta u gospodarskom razvoju polazi se od pojedinih agregata BDP-a.

Osobna potrošnja. Osobna potrošnja najveći je makroekonomski agregat s velikim udjelom u BDP-u. U gospodarski razvijenim državama udio osobne potrošnje kreće se na razini od oko 60 % BDP-a. Udio osobne potrošnje u BDP-u Hrvatske u 2019. godini procijenjen je na 57,9 % BDP-a. Troškovi prijevoza i komunikacija predstavljaju važnu komponentu osobne potrošnje (cf. tablicu 5).

Tablica 5. Udio izdataka za prijevoz i komunikacije u općoj potrošnji za razdoblje od 2008. do 2019. godine

Godina	Prijevoz i komunikacije (%)
2008.	17,37
2009.	16,12
2010.	17,22
2011.	18,3
2014.	18,5
2017.	20,9
2019.	21,3

Izvor: Državni zavod za statistiku

Investicije.

Razdoblje prije globalne gospodarske krize obilježeno je rastom vrijednosti investicija u fiksni kapital. Udio bruto investicija u fiksni kapital u BDP-u povećan je tijekom tog razdoblja s 20,2 % u 2000. na 30,7 % u 2008. godini (cf. tablicu 6)

Tablica 6. Udio bruto investicija u fiksni kapital u BDP-u

Godina	Bruto investicije
2000.	20,2
2005.	27,0
2008.	30,7
2010.	21,1
2015.	20,6
2019.	22,7

Izvor: Državni zavod za statistiku

Temeljem podataka iz tablice 6 razvidno je da se je udio prijevoza u ukupnim investicijama povećavao u relativnim iznosima u vrijeme financijske gospodarske krize koja je u RH trajala od 2009. do 2014. godine. Razlog tome je iznimno veliki pad vrijednosti ukupnih investicija. Tako su primjerice u 2010. u odnosu na 2008. bruto investicije u dugotrajnu imovinu gotovo prepolovljene. Pad vrijednosti investicija u fiksni kapital imao je najveći utjecaj na smanjenje BDP-a.

Tablica 7. Investicije u dugotrajnu imovinu (000 HRK)

Godina	Ukupno	prijevoz	% udio prijevoza
2008.	83729423	3944564	4,711085
2009.	67461274	3623152	5,370714
2010.	48337243	3822784	7,908569
2011.	46628601	2843426	6,09803
2012.	44116624	2950906	6,688875
2013.	45136163	3700499	8,198524
2014.	46570639	4826446	10,36371
2015.	46439588	5046810	10,86747
2016.	48587408	3867669	7,960229
2017.	52585216	4203290	7,993292
2018.	54693605	4972967	9,09241
2019.	63197596	6394467	10,11821

Izvor: www.dzs.hr (pristup: 26.03.2021.)

Temeljem podataka iz tablice 7 može se konstatirati da su u promatranom razdoblju ukupne investicije u apsolutnom iznosu bile značajno smanjene u odnosu na predkrizno razdoblje, dotle su investicije u sektor prijevoza nakon 2013. godine pokazivale tendenciju rasta kako bi se izvršio proboj začaranog kruga razvoja.

Nakon što je RH 1.07.2013. godine postala punopravnom članicom EU razvidan je rast EU sredstava u apsolutnom i relativnom iznosu kao izvora investicija u prijevoz. Zahvaljujući ulasku RH u EU značajno se smanjio udio kredita kao izvora financiranja što je svakako pridonijelo smanjivanju zaduženosti RH. Jednako

tako razvidno je značajno povećanje udjela vlastitih sredstava kao izvora investicija u javni prijevoz (cf. tablicu 8).

Tablica 8. Izvori investicija u prijevoz (000 HRK)

Godina	ukupno	vlastita sredstva	krediti	sredstva EU	proračunska sredstva	ostalo
2014.	4826446	1602686	2840291	978	325010	57481
2015.	5046810	1738113	2541348	135720	428284	200345
2016.	3857669	1695606	1604841	374074	181563	11585
2017.	4203290	2046350	1366839	479547	299703	10851
2018.	4972967	2194678	1681244	533264	558020	5761
2019.	6394467	2799170	1787835	1297635	502611	7216

Relativni udio pojedinih izvora u investicijama u prijevoz predočen je tablicom 9.

Tablica 9. Postotni udio pojedinih izvora investicija u prijevoz

Godina	ukupno	vlastita sredstva	krediti	sredstva EU	proračunska sredstva	ostalo
2014.	100	33,20634	58,8485	0,020263	6,73394	1,190959
2015.	100	34,43983	50,35553	2,689223	8,486232	3,969735
2016.	100	43,95416	41,60131	9,696892	4,706547	0,300311
2017.	100	48,68448	32,51831	11,40885	7,1302	0,258155
2018.	100	44,13216	33,80766	10,72326	11,22107	0,115846
2019.	100	43,77488	27,95909	20,29309	7,860092	0,112848

Državna potrošnja.

Državna potrošnja kao makroekonomski agregat sudjeluje s oko 20 % u BDP-u Hrvatske (cf. tablicu 10).

Tablica 10.

Godina	Državna potrošnja
2000.	21,6
2005.	18,5
2008.	18,8
2010.	20,6
2015.	20,1
2019.	19,7

Izvor: Državni zavod za statistiku

Državna potrošnja premašivala je po svom iznosu potrošnju iz predkriznog razdoblja. Visina državne potrošnje povezana je s veličinom uloge države u gospodarskom i socijalnom razvoju zemlje te sa stupnjem razvijenosti zemlje. Ostali javni rashodi (kultura, sport, izgradnja stanova, javni promet, itd.) u ukupnim rashodima imaju manji obujam, ali isto direktno utječu na ekonomski i socijalni rast, stoga se ne smiju zanemariti. Ovdje se svakako nameće pitanje, gdje bi se trebao trošiti javni novac? Ovdje na prvom mjestu treba istaknuti ambiciozne projekte u funkciji smanjenja emisija CO_2 poput inteligentnih transportnih sustava, „pametnih mreža“, vizionarskih transportnih sustava, lake željeznice i preoblikovanja gradskih sredina kako bi se uklonili prometni čepovi u kojima građani provode veliki dio života. Umjesto rasprava o visini cijene usluga gradskog prijevoza isti bi trebalo učiniti besplatnim za sve građane i širiti lepezu usluga neovisno o troškovima (Klein, 2014., 101).

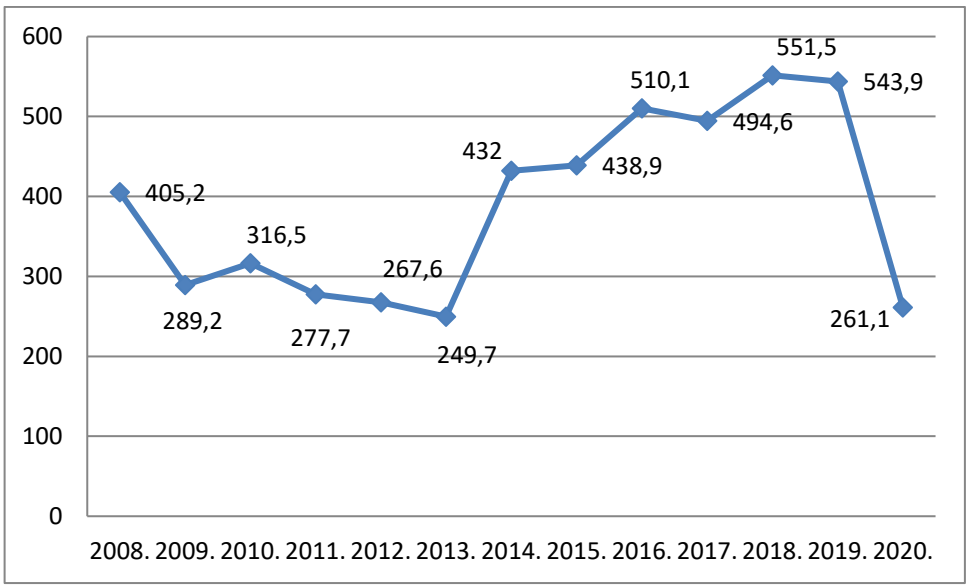
Međunarodna razmjena.

Vrijednosni iskaz izvoza i uvoza za određeno vrijeme (godinu dana) naziva se vanjskotrgovinskom bilancom (VTB).

$$VTB = E - U$$

Ako je E > U, tada je VTB > 0, gospodarstvo ostvaruje suficit. Ako je E < U, tada je VTB < 0, gospodarstvo ostvaruje deficit. Kada je E = U, tada je VTB u ravnoteži. Da bi učinci uključenosti u međunarodnu razmjenu bili što veći, nužno je da izvoz i uvoz budu uravnoteženi.

U razmjeni transportnih i komunikacijskih usluga s međunarodnim okruženjem hrvatska ekonomija ostvaruje pozitivnu bilancu (cf. grafikon 1).



Grafikon 1. Salda razmjene usluga prometnog sektora RH s međunarodnim okruženjem (mil. €)

Prijevoz svojim pozitivnim saldima smanjuje negativni saldo platne bilance Hrvatske. Pozitivna salda su skromna u odnosu na moguće, ali neostvarene koristi od međunarodnog transporta.

U skladu s formulom (4), a temeljem podataka iz tablice 2 i tablice 7 istražit će se međuovisnost između BDP-a, ukupnih investicija u dugotrajnu imovinu i udjela prijevoza u ukupnim investicijama.

Tablica 11. Korelacijska analiza

Correlations (Spreadsheet1) Marked correlations are significant at p < ,05000 N=12 (Casewise deletion of missing data)					
	Means	**Std.Dev.**	**U_I**	**I_P**	**BDP**
U_I	53956948	11895015	1,000000	0,192637	0,705373
I_P	4183082	991786	0,192637	1,000000	0,551190
BDP	309913	15796	0,705373	0,551190	1,000000

Korelacijska analiza potvrdila je postojanje pozitivne i statistički jake veze ($r=0,7$; $p<0,05$) između kretanja BDP-a i ukupnih investicija u dugotrajnu imovinu, ali ne i između investicija u prijevoz i BDP-a ($r=0,55$; $p<0,05$) u promatranom razdoblju. U skladu s tim, varijabla investicije u prijevoz (I_P) ne predstavlja element konkluzivnog regresijskog modela u kojemu se BDP promatra kao funkcija ukupnih investicija (U_I) i investicija u prijevoz za promatrano razdoblje. I ovaj nalaz upućuje na zaključak da je transport u desetljeću krize u većoj mjeri ublažavao recesiju nego što je poticao gospodarski oporavak.

5. ZAKLJUČAK

Globalna financijska kriza, a u novije vrijeme i globalna kriza izazvana pandemijom COVID-19 usporile su i zaustavile gospodarski rast i razvoj hrvatskog gospodarstva. Hrvatska je jedina država EU i regije u kojoj su se posljedice globalne financijske krize osjećale punih šesti godina, od 2009. do 2014. godine. Najveći gubitnik u gospodarskim krizama je transportna industrija. To je glavni razlog da je izostala uloga transporta kao aktivnog promotora gospodarskog rasta u promatranom desetljeću. Transport se je u desetljeću krize našao u vrtlogu recesije čime su u najvećoj meri izostali njegovi indirektni i inducirani učinci po gospodarstvo. U radu je za razdoblje od 2008. do 2020. godine istražena veza između ukupnog obujma prijevoza, međunarodne razmjene, prihoda i troškova prijevoza, broja zaposlenih u prijevozu i BDP-a te utvrđena statistički signifikantna i pozitivna veza jedino između ukupnog obujma prijevoza i troškova prijevoza.

Da bi se zorno predočila uloga transporta u gospodarskom razvoju istražena je uloga transporta u glavnim agregatima BDP-a: osobnoj potrošnji, investicijama, državnoj potrošnji i međunarodnoj razmjeni. Utvrđeno je da

troškovi prijevoza i komunikacija predstavljaju važnu komponentu osobne potrošnje. Udio prijevoza i komunikacija u osobnoj potrošnji HR kreće se oko 20% s tim da je taj udio manji u vrijeme kriza, a veći u vrijeme gospodarskog oporavka. Udio državne potrošnje povećavao se u kriznim razdobljima. Što se tiče državne potrošnje koja se odnosi na javni promet ambiciozni projekti poput inteligentnih transportnih sustava, „pametnih mreža“, vizionarskih transportnih sustava, lake željeznice i preoblikovanja gradskih sredina kako bi se uklonili prometni čepovi u kojima građani provode veliki dio života trebaju imati primat. Umjesto rasprava o visini cijene usluga javnog gradskog prijevoza isti bi trebalo učiniti besplatnim za sve građane neovisno o troškovima. Investicije u sektor prijevoza nakon ulaska HR 2013. godine u EU pokazuju tendenciju rasta u apsolutnom i relativnom iznosu. Sredstva iz izvora EU pokazuju stalnu tendenciju rasta. Prijevoz svojim pozitivnim saldima smanjuje negativni robni saldo platne bilance Hrvatske. Pozitivna salda prometnog sektora skromna su u odnosu na potencijalne, ali neostvarene koristi od međunarodnog transporta.

Između BDP-a, ukupnih investicija u dugotrajnu imovinu i udjela prijevoza u ukupnim investicijama utvrđena je pozitivna veza za razdoblje od 2008. do 2019. godine. Između kretanja BDP-a i ukupnih investicija utvrđena je pozitivna i statistički jaka veza, dok je veza između BDP-a i investicija u transport pozitivna i srednje jaka. Dobiveni nalaz upućuje na zaključak da je u promatranom razdoblju transport u većoj mjeri ublažavao recesiju nego što je poticao gospodarski oporavak.

6. LITERATURA

Božić, V. (2009). Ekonomika saobraćaja, Centar za izdavačku djelatnost Ekonomskog fakulteta u Beogradu, Beograd

Državni zavod za Statistiku, Transport i komunikacije, različita godišta

Duvnjak, V. (2020). Iznenadni događaj (Covid-19 pandemija) – uticaj na finansijsku krizu u preduzeću i privredu u cjelini, Časopis „Poslovne studije“, God. 12, Br. 23-24, Banja Luka, pp. 43-49.

Klein, N. (2014). Ovo mijenja sve, V.B.Z., d.o.o., Zagreb.

Rodrigue, J.P., Comtois, C., Slack, B. (2006). The Geography of Transport Systems, Routledge, London and New York.

Pupavac, D. (2017). Prometna ponuda i prometna potražnja, Veleučilište u Rijeci, Rijeka.

Pupavac, D. (2009). Načela ekonomike prometa, Veleučilište u Rijeci, Rijeka.

Samuelson, P., Nordhaus, W. (2011). Ekonomija, 11. Izdanje, Mate, d.o.o., Zagreb.

Rohatinski, Ž. (2019). Kriza u Hrvatskoj, Naklada Ljevak, Zagreb.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ANALYSIS OF VEHICLE DAMAGE IN PEDESTRIAN TRAFFIC ACCIDENTS

ANALIZA OŠTEĆENJA NA VOZILIMA U SAOBRAĆAJNIM NEZGODAMA SA UČEŠĆEM PEŠAKA

Nenad Saulić[a], Zoran Papić[a], Milan Simeunović[a], Andrijana Jović[a]

[a] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradovic Square 6, 21000 Novi Sad, Serbia, n.saulic@uns.ac.rs, z.papic@uns.ac.rs, milansim@uns.ac.rs, andrijana.jovic@uns.ac.rs*

Abstract: *Expertises of traffic accidents with the participation of pedestrians are specific from the methodological aspect. In addition to pedestrian injuries, one of the important indicators of vehicle impact speed is the damage and traces on the vehicle caused by the accident. The analysis of these traces is extremely important for determining the circumstances under which the accident occurred. By detailed analysis of damage to the vehicle, it is possible to determine the direction of operation of deformation forces and define the potential position of pedestrians in relation to the vehicle at the time of contact. In addition to the point of contact of the pedestrian's head with the upper parts of the vehicle, an important indicator of the impact speed is the intensity of vehicle damage, ie equivalent vehicles speed used in the collision for deformation work (EES – Energy Equivalent Speed).*

Key words: *Vehicle damage, pedestrian traffic accidents, vehicle speed*

Apstrakt: *Ekspertize saobraćajnih nezgoda sa učešćem pešaka su specifične sa metodološkog aspekta. Pored povreda pešaka, jedan od značajnih indikatora brzine vozila u trenutku naleta su oštećenja i tragovi na vozilu nastali u nezgodi. Analiza ovih tragova je od izuzetne važnosti za utvrđivanje okolnosti pod kojima se dogodila nezgoda. Detaljnom analizom oštećenja na vozilu moguće je utvrditi pravac i smer delovanja deformacionih sila i definisati potencijalni položaj pešaka u odnosu na vozilo u trenutku kontakta. Pored mesta kontakta glave pešaka sa gornjim delovima vozila, bitan pokazatelj naletne brzine je i intenzitet oštećenja na vozilu, odnosno ekvivalent brzine vozila utrošene u sudaru na deformacioni rad (EES – Energy Equivalent Speed).*

Ključne riječi: *Oštećenje na vozilu, saobraćajne nezgode sa pešacima, brzina vozila*

1. UVOD

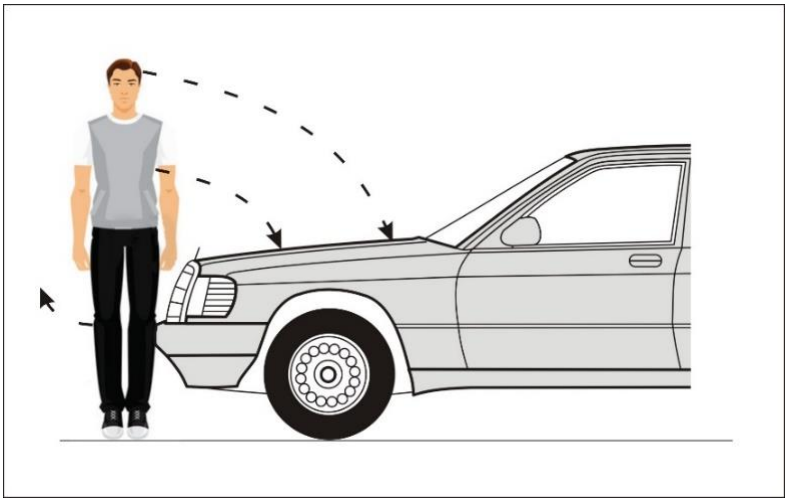
Ekspertize saobraćajnih nezgoda sa učešćem pešaka su specifične sa metodološkog aspekta. U većini saobraćajnih nezgoda ovog tipa u zoni mesta nezgode, osim zaustavne pozicije pešaka, ne ostaju nepokretni tragovi na osnovu kojih bi se sa velikom pouzdanošću mogla izvršiti njihova rekonstrukcija, odnosno utvrditi način i sve okolnosti pod kojima je do nezgode došlo. Povrede pešaka i oštećenja na vozilima mogu ukazivati na njihov međusobni položaj u trenutku primarnog kontakta, dok se brzine i režim kretanja pešaka u principu procenjuju na osnovu iskaza svedoka i učesnika nezgode ili zakonitosti zasnovanih na empirijskim i eksperimentalnim istraživanjima (Kostić, 2009).

Pored povreda pešaka, jedan od značajnih indikatora brzine vozila u trenutku naleta su oštećenja i tragovi na vozilu nastali u nezgodi. Analiza ovih tragova je od izuzetne važnosti za utvrđivanje okolnosti pod kojima se dogodila nezgoda. Sama činjenica da veća kinetička energija vozila u kontaktu sa pešakom indukuje ozbiljnije povrede, ali i veća oštećenja na vozilu, upućuje na zaključak da između naletne brzine vozila, povreda pešaka i intenziteta oštećenja vozila postoji sasvim izvesna jaka korelacija.

Detaljnom analizom oštećenja na vozilu moguće je utvrditi pravac i smer delovanja deformacionih sila i definisati potencijalni položaj pešaka u odnosu na vozilo u trenutku kontakta (Antić i dr, 2014). Lokacija oštećenja na vozilima u saobraćajnim nezgodama sa učešćem pešaka zavisi od oblika karoserije vozila, visine pešaka, položaja pešaka u trenutku naleta, kao i od brzine vozila i pešaka.

2. KINEMATIKA NALETA VOZILA NA PEŠAKA

Kod potpunih čeonih naleta na odraslog pešaka, tragovi i oštećenja na vozilu nastali u primarnom kontaktu nalaze se na najisturenijem delu vozila, odnosno na prednjem braniku i u zoni prednje registarske tablice. Osnovna funkcija branika je da amortizuje udarne sile pri sudarima manjeg intenziteta i time spreči oštećenja karoserije. U skladu sa preporukama vezanim za poboljšanje pasivne bezbednosti učesnika saobraćajnih nezgoda, među kojima su i pešaci, proizvođači motornih vozila su se usmerili i ka dizajnu prednjeg branika, sa ciljem da se ublaže posledice u slučaju naleta vozila na pešaka, tzv. "pedestrian friendly bumper“. U tom smislu, koriste se novi materijali i ispune branika kod kojih pri manjim naletnim brzinama ni ne nastaju plastične deformacije. Zbog ovih činjenica, može se desiti da na braniku, kao najisturenijem delu vozila, i pored povreda u predelu potkolenice pešaka nema značajnih oštećenja, a da donja ivica poklopca motora u primarnoj fazi kontakta bude plastično deformisana, usled kontakta sa nadkolenim delom noge pešaka.



Slika 1. Rotacija tela pešaka prilikom kontakta sa vozilom

Oštećenja na poklopcu motora, prednjem vetrobranskom staklu i krovu vozila, nastaju u sekundarnoj fazi naleta, usled kontakta sa gornjim delovima tela pešaka, odnosno torzom, rukama ili glavom. Kod naleta vozila na odraslu osobu, u uspravnom položaju, oštećenja na donjem delu poklopca motora mogu nastati samo usled kontakta sa karličnim delom tela. S druge strane, oštećenja u predelu gornjeg dela poklopca motora mogu nastati i kao posledica kontakta sa glavom pešaka, ali samo pri manjim naletnim brzinama. Imajući u vidu kinematiku naleta vozila na pešaka, pozicija najvišeg oštećenja na vozilu, posmatrano u odnosu na ravan podloge, definiše položaj glave pešaka u trenutku sekundarnog kontakta. Izuzetak čine oštećenja na krovnom delu vozila, koja kod nekočenih naleta (“roof vault” trajektorija), mogu nastati i usled kontakta sa drugim delovima tela, pa čak i sa nogama pešaka (Brooks i dr, 1987; Fernandes i dr, 2018; Ravani i dr., 1981).

3. OŠTEĆENJA NA VOZILIMA KAO INDIKATOR NALETNE BRZINE

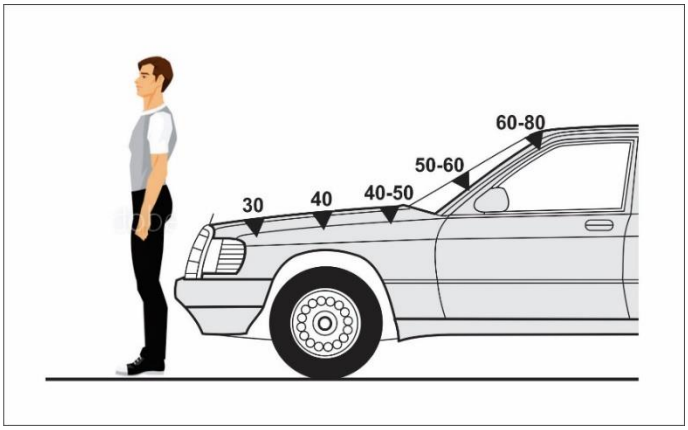
Zbog činjenice da kod saobraćajnih nezgoda sa učešćem pešaka često izostaju tragovi kočenja, sa karakterističnim promenama i prekidima koji ukazuju na mesto naleta, kao i tragovi na osnovu kojih bi se mogla utvrditi daljina odbačaja tela pešaka, oštećenja na vozilu nastala kao posledica naleta na pešaka postala su predmet većeg broja istraživanja. Pri tome je najveći broj njih bio usmeren ka istraživanjima mesta kontakta glave pešaka sa gornjim delom vozila. U svom radu Happer i saradnici (Happer id r, 2000) zaključili su da je pri naletnim brzinama u granicama od 25-40 km/h, mesto kontakta glave odraslog pešaka u zoni gornje ivice poklopca motora. Pri brzinama od 50-55 km/h, mesto kontakta glave je u zoni sredine vetrobranskog stakla, dok je pri brzinama od oko 70 km/h, mesto kontakta u zoni gornje ivice prednjeg vetrobranskog stakla.

Prilikom naleta vozila na pešaka, u sekundarnoj fazi kontakta, glava pešaka često ostvaruje kontakt sa prednjim vetrobranskim staklom, prouzrokujući pri tome na njemu karakteristična oštećenja u vidu koncentričnog kruga, ili više koncentričnih krugova različitog radijusa sa istim centrom, koji zapravo predstavlja mesto kontakta. Od centra oštećenja, u kome se često mogu pronaći i vlasi kose, naprsnuća vetrobranskog stakla se zrakasto šire ka spolja, dajući mu pri tome izgled “paukove mreže”.



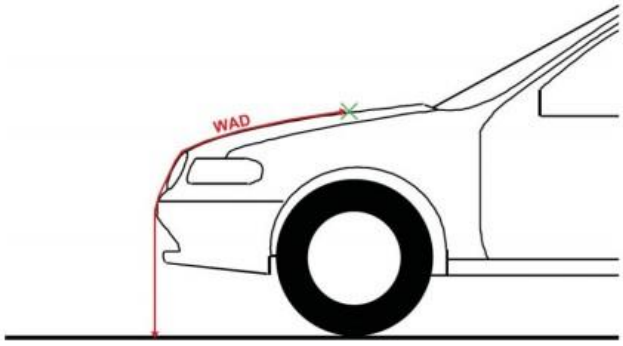
Slika 2. Karakteristično oštećenje vetrobranskog stakla nastalo usled kontakta sa pešakom

Pozicija na automobilu na kojem je došlo do ulubljenja prilikom udara glave pešaka u fazi kontakta može se koristiti za utvrđivanje naletne brzine vozila. Lokacija udara glave pešaka zavisi od tipa vozila odnosno oblika prednjeg dela vozila, visine pešaka kao i naletne brzine vozila. Upoređivanjem eksperimentalno utvrđene zavisnosti sa realnim slučajevima, utvrđeno je da dobijeni rezultati variraju do 20%. Utvrđena zavisnost između naletne brzine vozila i mesta kontakta glave pešaka sa poklopcem motora ili vetrobranskim staklom prikazana je na sledećoj slici (Kostić, 2005).



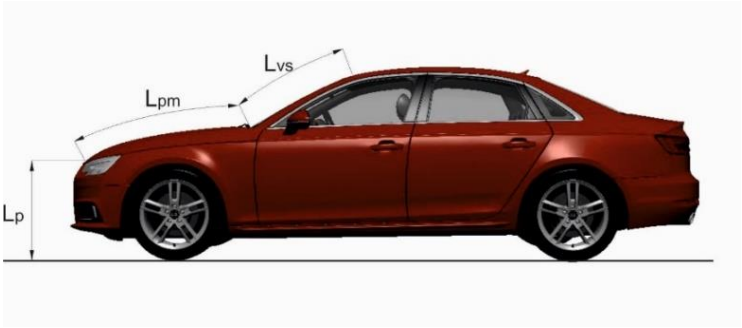
Slika 3. Kontaktna mesta glave pešaka u zavisnosti od naletne brzine vozila

U cilju boljeg razumevanja oštećenja na vozilima nastalih u saobraćajnim nezgodama sa učešćem pešaka (Ashton i dr, 1978), uspostavljena je veličina koja definiše rastojanje između ravni kolovoza i visine na kojoj je glava pešaka ostvarila kontakt sa gornjim delovima vozila (WAD- Wrap Around Distance).



Slika 4- Rastojanje između ravni podloge i mesta kontakta glave pešaka sa vozilom (WAD)

Kako bi prikazali karakteristične delove vozila na kojima mogu nastati oštećenja prilikom kontakta sa glavom pešaka (WAD), Yuan i saradnici (Yuan i dr, 2017), su čeoni deo vozila podelili na tri dela, gde je L_p visina na kojoj se nalazi donja ivica poklopca motora, L_{pm} dužina poklopca motora, a L_{vs} dužina vetrobranskog stakla.



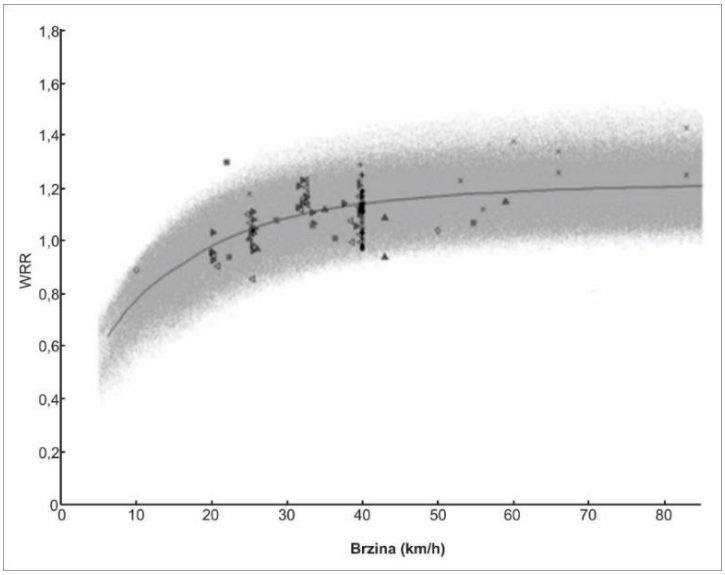
Slika 5. Karakteristične visine na prednjem delu vozila za utvrđivanje parametra WAD

Na uzorku od 20 različitih putničkih automobila, oni su utvrdili karakteristične dužine na prednjem delu vozila relevantne za analizu saobraćajnih nezgoda sa učešćem pešaka, koje su date u narednoj tabeli.

Tabela 1. Karakteristične dužine na vozilu relevantne u analizi naleta na pešaka

	Lp (cm)	Lpm (cm)	Lvs (cm)	Ukupno (cm)
Prosečno	73,9	99,3	95,1	268,3
Minimum	66	76	73	249
Maksimum	82	121	113	286
SD	3,96	13,03	10,00	5,44

Wood i saradnici (Wood i dr, 2013) su zaključili da je pogodniji parametar za analizu saobraćajnih nezgoda sa učešćem pešaka odnos između WAD i stasa pešaka, odnosno WRR (Wrap Arround Ratio), jer on uzima u obzir i visinu pešaka kao bitan parametar u kinematici naleta. Parametar WRR pruža alternativnu mogućnost za utvrđivanje naletne brzine vozila na osnovu oštećenja na njemu, odnosno na osnovu mesta kontakta glave pešaka sa gornjim delovima vozila kod naleta u kojima telo pešaka nakon kontakta biva odbačeno ispred vozila, a koji su ujedno i najčešći (tzv. "wrap" trajektorija) (Brooks i dr, 1987; Fernandes i dr, 2018; Ravani i dr., 1981).



Slika 6. Uporedna analiza Wood-ovog modela dobijenog Monte Carlo metodom sa WRR vrednostima utvrđenim eksperimentalnim istraživanjima

Glynn i Wood su u svom radu prikazali uticaj oštećenja vozila na brzinu kretanja pešaka (Glynn i Wood, 2015). I u ovom istraživanju je uspostavljen model pešaka sa konstantnim inercijalnim svojstvima (CIP-Constan Inertional Property), a na vozilu su definisane lokacije oštećenja u primarnom i sekundarnom kontaktu sa pešakom – odnosno pozicija kontakta prednjeg dela vozila i donjih ekstremiteta pešaka i pozicija kontakta poklopca motora/vetrobranskog stakla sa gornjim delom tela pešaka prilikom nabačaja.

Regresionom analizom je utvrđeno da postoji linearna zavisnost između odnosa brzine pešaka i vozila (Vp/Vs) i odnosa poprečne i uzdužne distance mesta kontakta na vozilu u primarnom i sekundarnom delu naleta (H/L). Linearna zavisnost je utvrđena za tri položaja tela pešaka u trenutku primarnog kontakta i više percentilnih rangova, koja je prikazana u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati regresione analize, koji su sprovedeni na CIP modelima pešaka

Slučaj naleta vozila na pešaka	Percentilni rangovi	Jednačina
pozicija pešaka nepoznata (poznato je samo da se telo pešaka nalazilo unutar profila vozila)	2,5%	$V_p/V_s = -0{,}039 + 0{,}93 \cdot H/L$
	25%	$V_p/V_s = -0{,}013 + 0{,}96 \cdot H/L$
	75%	$V_p/V_s = 0{,}026 + 0{,}94 \cdot H/L$
	97,5%	$V_p/V_s = 0{,}100 + 0{,}97 \cdot H/L$
pešak je u režimu kretanja, a primarni kontakt je ostvaren s nogom, kojom nije oslonjen na podlogu	2,5%	$V_p/V_s = -0{,}049 + 0{,}94 \cdot H/L$
	25%	$V_p/V_s = -0{,}022 + 0{,}95 \cdot H/L$
	50%	$V_p/V_s = -0{,}010 + 0{,}94 \cdot H/L$
	75%	$V_p/V_s = 0{,}002 + 0{,}94 \cdot H/L$
	97,5%	$V_p/V_s = 0{,}030 + 0{,}92 \cdot H/L$
pešak je u režimu kretanja, a primarni kontakt je ostvaren s nogom, kojom je oslonjen na podlogu	2,5%	$V_p/V_s = 0{,}034 + 0{,}85 \cdot H/L$
	25%	$V_p/V_s = 0{,}067 + 0{,}89 \cdot H/L$
	50%	$V_p/V_s = 0{,}078 + 0{,}92 \cdot H/L$
	75%	$V_p/V_s = 0{,}093 + 0{,}94 \cdot H/L$
	97,5%	$V_p/V_s = 0{,}112 + 0{,}94 \cdot H/L$

Pored mesta kontakta glave pešaka sa gornjim delovima vozila, bitan pokazatelj naletne brzine je i intenzitet oštećenja na vozilu, odnosno ekvivalent brzine vozila utrošene u sudaru na deformacioni rad (EES – Energy Equivalent Speed). Dosadašnja praksa u oblasti ekspertiza saobraćajnih nezoda je pokazala da stručnjaci iz ove oblasti, na osnovu stečenog iskustva, mogu dati sasvim objektivne procene u vezi naletne brzine na pešaka na osnovu lokacije i intenziteta oštećenja na vozilu. Saulić je u tokom istraživanja sprovedenog u okviru doktorske disertacije (Saulić, 2021), formirao ordinalnu skalu, na osnovu koje se verbalnim i vizuelnim putem može oceniti i iskazati intenzitet i lokacija oštećenja na vozilu koje je učestvovalo u saobraćajnoj nezgodi sa učešćem pešaka. Definisana skala se sastoji od 15 nivoa - od minimalne vrednosti (1) koja opisuje vozila bez vidljivih oštećenja, do maksimalne vrednosti (15) koja opisuje najveće havarije na vozilu koje je učestvovalo u saobraćajnoj nezgodi sa učešćem pešaka. Detaljan opis svakog nivoa dat je u tabeli 3. Ideja o formiranju ordinalne skale prilikom definisanja oštećenja vozila nastala je na osnovu uspostavljenog sistema kodiranja *AIS* (Abbreviated Injury Scale), kojim se klasifikuju i opisuju težine povreda ljudi, nastalih u saobraćajnim nezgodama (Abbreviated Injury Scale, 2020).

Tabela 3. Vrednosti parametra intenziteta oštećenja vozila

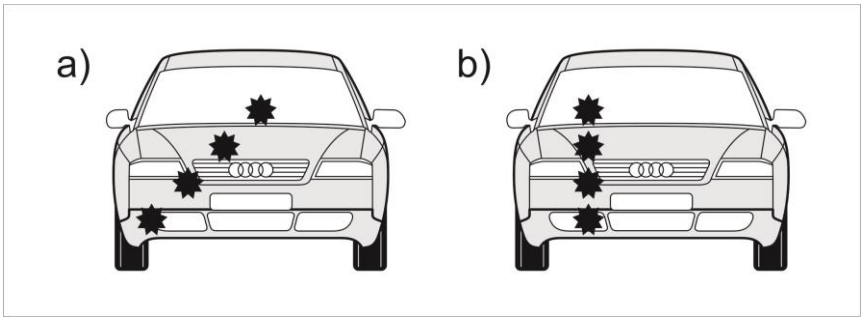
Oznaka	Opis	Vrednost
X7	ne postoje vidljiva oštećenja, osim obrisa prašine	1
	manja oštećenja na prednjem delu - savijena plastika, registarska tablica, napuklo staklo fara, zaparotine na boku vozila	2
	veća oštećenja na prednjem delu - polomljeno staklo fara, polomljen branik, otpali delovi	3
	manja ulubljenja poklopca motora ili prednjeg blatobrana, u prednjem delu, bez vidljivih oštećenja prednjeg dela	4
	manja ulubljenja poklopca motora ili prednjeg blatobrana, u prednjem delu, praćena i oštećenjem prednjeg dela vozila	5
	manja ulubljenja poklopca motora u zadnjem delu, praćena i oštećenjem prednjeg dela	6
	manja naprsnuća vetrobranskog stakla, praćena i oštećenjem prednjeg dela - nije oštećen poklopac motora	7
	manja naprsnuća vetrobranskog stakla, praćena i oštećenjem prednjeg dela, oštećen poklopac motora	8
	veća ulubljenja poklopca motora ili prednjeg blatobrana, u prednjem delu, praćena i oštećenjem prednjeg dela	9
	veća ulubljenja poklopca motora u zadnjem delu, praćena i oštećenjem prednjeg dela	10
	veća naprsnuća vetrobranskog stakla, praćena i oštećenjem prednjeg dela	11
	veća ulubljenja poklopca motora i veća naprsnuća vetrobranskog stakla, praćena i oštećenjem prednjeg dela	12
	veća ulubljenja poklopca motora u zadnjem delu i potpuno	13

	probijeno vetrobransko staklo, praćena i oštećenjem prednjeg dela	
	oštećenje vetrobranskog stakla u vidu probijanja i oštećenje krova vozila, uz vetrobransko staklo	14
	potpuno havarisano vozilo - potpuno deformisan poklopac motora, krov, vetrobransko staklo razbijeno i ispalo	15

Statističkom obradom podataka, utvrđeno je značajna povezanost između inteziteta oštećenja, daljine odbačaja tela pešaka i brzine kretanja vozila u trenutku naleta na pešaka. Na osnovu višefaktorske regresione analize, utvrđeno je da su najznačajniji prediktorski faktori u modelu za utvrđivanje naletne brzine vozila upravo: daljina odbačaja tela pešaka i intenzitet oštećenja na vozilu (Saulić, 2021).

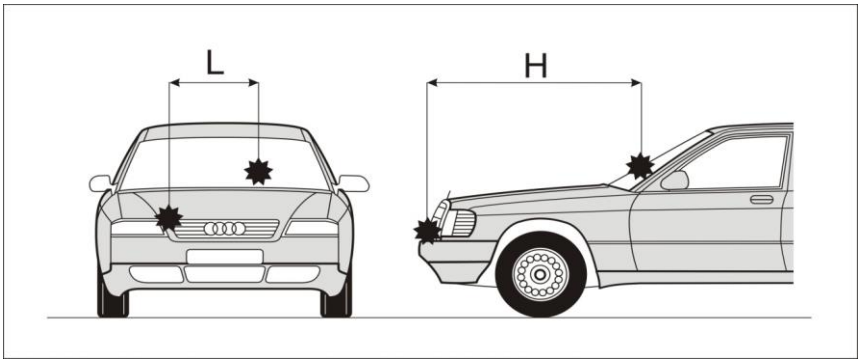
4. OŠTEĆENJA NA VOZILIMA KAO INDIKATOR REŽIMA KRETANJA PEŠAKA

Raspored oštećenja nastalih na vozilu u mnogome može ukazivati na način kretanja i smer kretanja pešaka u trenutku sudara. Postojanje određene usmerenosti oštećenja, gledano od donjih delova vozila ka gornjim (Slika 7.a), ukazuje na postojanje bočne komponente brzine u trenutku sudara, a što može biti posledica brzine i smera brzine koju je pešak imao u trenutku sudara (Franck i Franck, 2010). Ukoliko lokacija oštećenja na vozilu ima izraženu usmerenost tako da se oštećenja na donjim delovima vozila nalaze u visini levog boka, zatim na poklopcu motornog prostora u visini sredine vozila, a na prednjem vetrobranskom staklu u visini desnog dela, to ukazuje da je pešak bio usmeren od levog ka desnom boku vozila u trenutku sudara, odnosno da je komponenta brzine bila usmerena na taj način. Takođe, stepen usmerenja, odnosno zakošenost i bočni pomeraj položaja oštećenja na vozilu ukazuju na brzinu pešaka u trenutku sudara. Naime, ukoliko bi pešak imao veću brzinu u trenutku sudara, a brzina je upravna na osu vozila, to bi bio veći bočni pomeraj nastalih oštećenja, na osnovu čega je moguće izvršiti grubu procenu brzine (načina kretanja) pešaka u trenutku sudara. Ukoliko bi pešak u trenutku sudara bio zaustavljen tada, po pravilu ne bi bilo značajnog bočnog pomeraja oštećenja (Slika 7.b), u uslovima punog čeonog sudara i upravnog položaja osa vozila i pešaka (Antić i dr, 2014).



Slika 7. Prostiranje oštećenja na vozilu u slučaju kada se pešak kretao (a) i kada je pešak bio zaustavljen (b)

Glynn i Wood su u svom radu pokazali da postoji linearna veza između odnosa poprečnog pomaka prema uzdužnom pomaku oštećenja vozila (L/m) i odnosa brzine kretanja pešaka i vozila u trenutku kontakta (V_p/V_s). MADYMO modeli su pokazali da položaj pešaka u trenutku primarnog kontakta ima jak uticaj na kretanje tela pešaka tokom celokupne faze sudara. Pokazalo se da lokacija kontakta glave i vozila može biti korisna za određivanje da li je udarena noga pešaka prednjačila ili zaostajala (Glynn i Wood, 2015).



Slika 8. Poprečni i uzdužni pomeraj oštećenja na automobilu prilikom kontakta sa pešakom

5. ZAKLJUČAK

Osnovne kinematičke parametre prilikom naleta vozila na pešaka čine brzina vozila u trenutku naleta i mesto naleta, odnosno daljina odbačaja tela pešaka. Kao posledica razmene kinetičke energije između vozila i pešaka, na vozilu nastaju kontaktni tragovi i oštećenja, dok se na pešacima ove posledice manifestuju u vidu povreda.

Kako bi se saobraćajna nezgoda sa učešćem pešaka u potpunosti rekonstruisala, analiza oštećenja na vozilima može dati odgovore na sledeća pitanja:

- gde se dogodio primarni kontakt između vozila i pešaka,
- kojom brzinom se kretalo vozilo u trenutku kontakta,
- kako se kretao pešak u trenutku kontakta itd.

Većina postojećih modela za predikciju brzine kretanja vozila se zasnivaju na poznavanju daljine odbačaja tela pešaka. Da bi se utvrdila daljina odbačaja pešaka, neophodno je poznavati mesto primarnog kontakta, kao i zaustavnu poziciju pešaka. Iskustva su pokazala da se u saobraćajnim nezgodama ovog tipa mesto naleta i zaustavna pozicija pešaka često ne mogu sasvim pouzdano utvrditi, zbog nedostatka materijalnih tragova ili napuštanja lica mesta od strane učesnika nezgode, udaljavanjem ili radi ukazivanja lekarske pomoći.

Pojedini autori su pokazali da oštećenja na vozilu mogu biti indikator naletne brzine. Mnogi su definisali brzine kretanja vozila na osnovu pozicije kontakta glave pešaka sa vetrobranskim staklom i poklopcem motora u toku sekundarnoj faze naleta. Takođe, na osnovu oštećenja vozila se može utvrditi i režim kretanja pešaka neposredno pre kontakta.

Jedno od istraživanja u ovoj oblasti, sprovedeno u okviru doktorske disertacije, pokazalo je da u situacijama kada nisu poznati ni jedni drugi parametri (daljina odbačaja tela pešaka, tragovi kočenja na kolovozu, zaustavne pozicije vozila, mesto kontakta i dr.) brzina kretanja vozila se može poudano utvrditi samo na osnovu oštećenja na vozilu, gradacijom u okviru ordinalne skale 1-15. Dodatni parametar koji je potreban jeste i visina na kojoj se nalaze oštećenja na vozilu.

ZAHVALNICA

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja projekta "Razvoj i primena savremenih alata i metoda istraživanja u oblasti saobraćaja i transporta", osnovanog od strane Departmana za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija.

6. LITERATURA

Abbreviated Injury Scale (AIS). (2020). Association for the Advancement of Automotive Medicine.

Antić, B., Cvijan, M., & Ivanišević, T. (2014). Uticaj analize povreda pešaka i oštećenja vozila. Veštačenje Saobraćajnih Nezgoda i Prevare u Osiguranju, 285–312.

Antić, B., Pešić, D., & Marković, N. (2014). Uporedna analiza saobraćajnih nezgoda sa pešacima primenom tradicionalnih metoda i programa PC Crash. In XIII Simpozijum "Veštačenje saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju" (pp. 153–166). Divčibare.

Ashton, S. J., Pedder, J. B., & Mackay, G. M. (1978). Pedestrian head injuries. The Annals of the Advances in Automotive Medicine, 237–244.

Brooks, D., Wiechel, J., Sens, M., & Guenther, D. (1987). A Comprehensive Review of Pedestrian Impact Reconstruction. SAE Technical Paper 870605, 24.

Franck, H., & Franck, D. (2010). Mathematical Methods for Accident Reconstruction. Boca Raton, Florida: Taylor and Francis Group.

Fernandes, F. A. O., Alves De Sousa, R. J., & Ptak, M. (2018). Head Injury Simulation in Road Traffic Accidents (Vol. 1). Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-89926-8

Glynn, C., & Wood, D. P. (2015). Pedestrian Speed from Vehicle Damage. In 24. EVU Conference, (p. 7). Edinburgh.

Happer, A., Araszewski, M., Toor, A., Overgaard, R., & Johal, R. (2000). Comprehensive Analysis Method for Vehicle/Pedestrian Collisions. SAE 2000 World Congress, 1–28.

Kostić, S. (2005). Tehnike bezbednosti i kontrole saobraćaja. Fakultet tehničkih nauka Novi Sad.

Kostić, S. (2009). Ekspertize saobraćajnih nezgoda. Fakultet tehničkih nauka Novi Sad.

Ravani, B., Brougham, D., & Mason, R. T. (1981). Pedestrian Post-Impact Kinematics and Injury Patterns. Proceedings of Twenty-Fifth Stapp Car Crash Conference, 791–822.

Saulić, N. (2021). Oštećenja na vozilu kao indikator sudarnih brzina kod naleta na pešaka, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad

Wood, D. P., Elliott, J. R., Lyons, M., Augy, S., & Simms, C. K. (2013). Applications and limitations of wrap-around ratio to vehicle speed estimation in pedestrian collision analysis. International Journal of Crashworthiness, 18(3), 288–305.

Yuan, Q., Guo, R., & Li, Y. (2017). Connecting impact speed with wrap-around distance of pedestrian-vehicle accidents. Advances in Automotive Engineering, 1(1), 13–23.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

IMPACT OF EXITING VEHICLES ON CRITICAL HEADWAY VALUE

UTICAJ VOZILA NA IZLAZU IZ KRUŽNE RASKRSNICE NA VRIJEDNOST KRITIČNOG INTERVALA SLJEĐENJA

Dunja Radović[a], Vuk Bogdanović[b]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, dunja.radovic@sf.ues.rs.ba*

[b] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradović Square 6, 21000 Novi Sad, Serbia, vuk@uns.ac.rs*

Abstract: *Drivers at the roundabout approach estimate the headways between vehicles in the main flow and look for headways large enough to safely enter the roundabout. However, the question arises whether the vehicles that are exiting the roundabout on the same approach also influence the driver's decision to accept a suitable headway for entering the roundabout. Namely, the driver at the minor approach often hesitates to enter the circulating flow until he is sure whether the vehicle from the main stream will continue circulating or it will exit the roundabout. When analyzing the capacity and level of service at classic non-signalized intersections, the influence of vehicles that make a right turn from the main approach and exit onto the minor approach is taken into account. As roundabouts belong to non-signalized intersections, it is necessary to investigate whether and to what extent the exiting vehicles affect the driver's decision from the minor approach to enter the circulating flow, i.e. the capacity of the roundabout approaches. Within the research conducted for the purposes of this paper, the influence of the exiting vehicles on the critical headway estimated by the maximum likelihood method is analyzed.*

Key words: *roundabouts, critical headway, maximum likelihood method*

Apstrakt: *Vozači na prilazu kružne raskrsnice procjenjuju intervale slijeđenja između vozila u glavnom toku i traže dovoljno velike intervale kako bi bezbjedno izvršili uključenje u zonu kruženja. Međutim, postavlja se pitanje da li i vozila koja se iz zone kruženja isključuju na istom prilazu utiču na odluku vozača o prihvatanju pogodnog intervala za ulazak u zonu kruženja. Naime, vozač na sporednom prilazu često oklijeva da stupi u zonu kruženja dok se ne uvjeri da li će vozilo iz glavnog toka nastaviti kruženje ili će se isključiti iz zone kruženja. Prilikom analiza kapaciteta i nivoa usluge na klasičnim nesignalisanim raskrsnicama uzima se u obzir uticaj vozila koja vrše desno skretanje sa glavnog prilaza i isključuju se na sporedni prilaz. Kako kružne raskrsnice pripadaju nesignalisanim raskrsnicama potrebno je istražiti da li i u kojoj mjeri vozila koja se isključuju iz zone kruženja utiču na odluku vozača sa sporednog prilaza da se uključe u zonu kruženja, odnosno na kapacitet prilaza kružne raskrsnice. U okviru istraživanja koje je sprovedeno za potrebe ovog rada analiziran je uticaj vozila koja se isključuju iz zone kruženja na kritični interval slijeđenja procijenjen metodom maksimalne vjerodostojnosti.*

Ključne riječi: *kružne raskrsnice, kritični interval slijeđenja, metoda maksimalne vjerodostojnosti*

1. UVOD

Proces prihvatanja vremenskih intervala predstavlja jednu od najčešće korišćenih tehnika za proračun kapaciteta na kružnim raskrsnicama. Zasniva se na intervalima slijeđenja/pristizanja koji su prihvaćeni ili odbačeni od strane vozača na sporednim prilazima. Vozači na sporednim prilazima kružne raskrsnice, prije ulaska u zonu kruženja, procjenjuju vremenske praznine, odnosno intervale slijeđenja koji se javljaju u glavnom toku. Kada procijene da je vremenska praznina dovoljno velika i bezbjedna, donose odluku o ulasku u zonu kruženja. Prema (Kuzović i Bogdanović, 2010) interval slijeđenja vozila, kao jedan od osnovnih parametara saobraćajnog toka, predstavlja vrijeme između prolaska čela dva uzastopna vozila, u jednom smjeru za jednosmjerne saobraćajnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne saobraćajnice, kroz zamišljeni presjek posmatranog odsjeka puta. Za definisanje procesa prihvatanja vremenskih intervala je uveden još jedan termin, tzv. interval pristizanja. Interval pristizanja predstavlja vrijeme od trenutka kada vozilo iz sporednog toka stigne

na zaustavnu liniju pa do trenutka kada vozilo iz glavnog toka prođe ispred prilaza na kojem se zaustavilo vozilo iz sporednog toka (Tian i dr., 1999).

Preciznost proračuna kapaciteta raskrsnice je u najvećoj mjeri određena tačnošću utvrđenog kritičnog intervala slijeđenja. U (Kuzović i Bogdanović, 2010) kritični vremenski interval slijeđenja definiše se kao minimalno potrebna veličina intervala slijeđenja u glavnom toku koja omogućava jednom vozilu iz sporednog toka prolazak kroz središte raskrsnice. Pretpostavlja se da je kritični interval slijeđenja najkraći interval koji će vozač prihvatiti. Kritični interval ne može biti direktno izmjeren, a sve što je poznato je da je on manji od bilo kog prihvaćenog intervala, a veći od bilo kog odbijenog intervala. Tako se bar očekuje, jer ponekad vozači odbijaju jedan interval samo da bi kasnije prihvatili kraći interval. Međutim, smatra se da je ponašanje vozača uglavnom dosljedno i jednolično i da će pažljivi i obazrivi vozači čekati veći interval kako bi stupili u glavni tok. Detaljno opisan i ilustrativno prikazan postupak izdvajanja intervala slijeđenja/pristizanja je dat u (Bogdanović i Radović, 2020).

Kapacitet jednog prilaza kružne raskrsnice opada kako konfliktni tok raste. Konfliktni tok je ustvari tok vozila u zoni kruženja koja prolaze ispred posmatranog sporednog prikaza. Dok tok vozila u zoni kruženja direktno dolazi u konflikt sa tokom na ulazu, tok vozila na izlazu može takođe uticati na odluku vozača da stupi u zonu kruženja. Sve dok ovi vozači ne završe u potpunosti izlazak iz kružne raskrsnice, vozači na ulazu mogu imati neku dozu nesigurnosti koja se odnosi na to da li će vozilo izaći iz zone kruženja ili nastaviti kretanje. Međutim, uključivanje ovog efekta u analizu u priručniku (HCM, 2010) nije napravilo značajne promjene i stoga nije ni uključen u postupak proračuna kapaciteta u ovom priručniku. Sa druge strane, rezultati nezanemarivog broja istraživanja su pokazali suprotno, tj. pokazali su da vozila na izlazu iz kružne raskrsnice u znatnoj mjeri utiču na odluku vozača da stupi u središte raskrsnice.

U (Wei i Grenard, 2012) je utvrđeno da je veliki broj najvećih odbačenih intervala od strane vozača na sporedom prilazu nastao usljed toga što vozači nisu mogli procijeniti da li vozači u zoni kruženja kruže ili planiraju da izađu iz kružnog toka. Hagring, (2001) tvrdi da je u slučaju velikog broja vozila koja izlaze iz zone kruženja kritični interval slijeđenja precijenjen zato što se ne uzimaju u obzir vozila sa sporednog toka koja čekaju vozila da izađu. U (Barry, 2012) je ustanovljeno da u slučaju kada su vozila koja napuštaju kružni tok, odnosno vozila na izlazu iz kružne raskrsnice isključena iz proračuna, ponderisana vrijednost kritičnog intervala slijeđenja iznosi 4,17 [s]. S druge strane, kada su vozila na izlazu iz kružne raskrsnice uključena u analizu, ponderisana vrijednost kritičnog intervala slijeđenja iznosi 3,34 [s]. I u drugim istraživanjima je zabilježeno da kritični interval slijeđenja opada kada se vozila na izlazu iz kružne raskrsnice razmatraju u proračunu (Mereszczak i dr., 2006; Zheng i dr., 2011; Suh i dr., 2015). Ove manje vrijednosti intervala nastaju kao posljedica toga što vozila na izlazu iz kružne raskrsnice razdvajaju postojeće intervale između vozila u glavnom toku u manje intervale. Stoga, kada su u proračun uključena vozila na izlazu iz kružne raskrsnice, vozači koji stupaju u zonu kruženja prihvataju i odbijaju manje intervale nego u slučaju kada se vozila na izlazu iz kružne raskrsnice ne razmatraju u proračunu.

Na slici 1. je predstavljen primjer iz spovedenog istraživanja u ovom radu na osnovu kojeg se može uočiti da vozilo na sporednom prilazu (zaokruženo crvenom bojom) oklijeva da stupi u zonu kruženja zbog vozila koja izlaze iz kružne raskrsnice (vozila označena kao A i B). Tek nakon što je vozilo B napustilo kružnu raskrsnicu, vozilo sa sporednog prilaza se uključilo u glavni tok, tj. stupilo u središte raskrsnice.



Slika 1. Uticaj vozila na izlazu iz kružne raskrsnice na odluku vozača na sporednom prilazu da stupi u zonu kruženja

U okviru ovog rada kritični interval slijeđenja je procijenjen za slučaj kada su u analizu uključena vozila na izlazu iz kružne raskrsnice i za slučaj kada nisu, a zatim su dobijene vrijednosti upoređene. Kada su u proračunu razmatrana vozila na izlazu iz kružne raskrsnice, tada interval slijeđenja predstavlja kako vrijeme između prolaska dva vozila iz zone kruženja ispred posmatranog prilaza, tako i vrijeme između prolaska vozila iz zone kruženja ispred prilaza i vozila na izlazu, kao i vrijeme između prolaska dva vozila koja napuštaju zonu kruženja. Sa druge strane, interval pristizanja predstavlja kako vrijeme između dolaska vozila na zaustavnu liniju i prolaska vozila iz zone kruženja ispred posmatranog prilaza, tako i vrijeme između dolaska vozila na zaustavnu liniju i vozila koje izlazi iz zone kruženja. Treba napomenuti da u slučaju kada se u obzir uzimaju vozila na izlazu iz zone kruženja, konfliktni tok predstavlja sumu tokova vozila koja kruže i vozila koja izlaze iz kružne raskrsnice. Cilj istraživanja je na osnovu vrijednosti kritičnog intervala slijeđenja utvrditi da li vozila koja izlaze iz zone kruženja utiču na prihvatanje intervala od strane vozača na sporednom prilazu i ako utiču u kojoj mjeri.

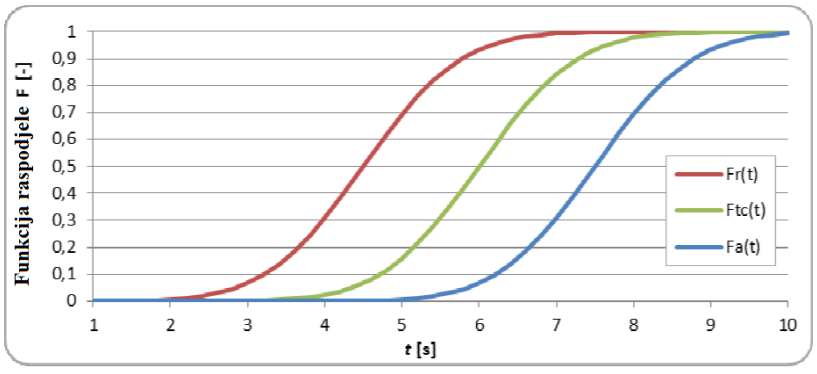
2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je sprovedeno na kružnoj raskrsnici u Bijeljini koja predstavlja raskrsnicu ulica Neznanih junaka, Gavrila Principa, Svetog Save i Filipa Višnjića. U svrhu mjerenja intervala slijeđenja primijenjen je takozvani fotografski metod koji podrazumijeva analizu video snimaka realnog saobraćajnog toka. Primjenom ovog metoda moguće je proučavati ponašanje učesnika u saobraćaju, interakcije između učesnika u saobraćaju, kao i analizirati različite saobraćajne situacije. Glavna prednost ovakvog načina prikupljanja podataka je što učesnici u saobraćaju nisu svjesni da je njihovo ponašanje predmet istraživanja, te se usljed toga dobijaju podaci za obradu koji odražavaju uslove realnog saobraćajnog toka. Fotografski metod je jedan od najrasprostranjenijih metoda, a koristio ga je i Greenshields za mjerenje protoka, gustine i brzine vozila u saobraćajnom toku davne 1933. godine, a na osnovu njegovih fotografskih snimaka su nastali prvi empirijski modeli za opisivanje parametara saobraćajnog toka.

Za proračun samog kritičnog intervala slijeđenja neophodno je sa kružnih raskrsnica izdvojiti tri vremenska trenutka: vrijeme kada se vozilo zaustavilo na zaustavnoj liniji na ulivu u kružni tok, vrijeme prolaska vozila koja kruže u zoni kruženja koja dolaze u direktan konflikt sa vozilom na ulivu (ulazu) u kružni tok, kao i vrijeme kada vozilo iz sporednog toka pređe zaustavnu liniju i uđe u glavni tok, odnosno zonu kruženja. Vrijeme prolaska vozila u glavnom toku definiše početak i kraj intervala slijeđenja u glavnom toku koji su ili prihvaćeni ili odbačeni od strane vozila na sporednom toku.

U dosadašnjim istraživanjima dati su mnogobrojni modeli za procjenu vrijednosti kritičnog intervala slijeđenja, koji su zasnovani kako na terenskim istraživanjima, tako i na matematičkim, odnosno statističkim metodama, sa osnovnom pretpostavkom da će vrijednost kritičnog intervala slijeđenja biti negdje između minimalnog prihvaćenog i maksimalnog odbačenog intervala. Zbog nemogućnosti direktnog mjerenja kritičnog intervala slijeđenja razvijene su brojne metode i procedure za njegovo procjenjivanje (preko 20 metoda). S obzirom na već utvrđenu preciznost i tačnost metode maksimalne vjerodostojnosti u brojnim istraživanjima (Brilon i dr., 1999; Guo, 2010; Vasconcelos i dr., 2013; Troutbeck, 2014), za potrebe ovog rada je izabrana upravo ova metoda za procjenu kritičnog intervala slijeđenja.

Metoda maksimalne vjerodostojnosti za procjenu kritičnog intervala slijeđenja je razvijena u ranim 70-im godinama od strane Miller-a i Pretty-a (Miller i Pretty, 1968; Miller, 1972). Ova metoda za procjenu kritičnog intervala slijeđenja je najpreciznije objašnjena u (Troutbeck, 1992). Metoda maksimalne vjerodostojnosti za procjenjivanje kritičnog intervala slijeđenja je zasnovana na činjenici da se vrijednost kritičnog intervala slijeđenja nalazi između njegovog najvećeg odbačenog intervala i njegovog prihvaćenog intervala (Slika 2.).



Slika 2. Funkcija raspodjele prihvaćenih intervala $F_a(t)$, maksimalnih odbačenih intervala $F_r(t)$ i kritičnih intervala slijeđenja $F_{tc}(t)$

Izvor: (Gavulova, 2012)

Sljedeći parametri se koriste za procjenu kritičnog intervala slijeđenja (Tian i dr., 1999):

- y_i - logaritam prihvaćenog intervala od strane *i*-tog vozača,
- x_i - logaritam najvećeg odbačenog intervala od strane *i*-tog vozača,
- μ - sredina raspodjele logaritama pojedinačnih kritičnih intervala slijeđenja vozača,
- σ^2 - varijansa raspodjele logaritama pojedinačnih kritičnih intervala slijeđenja vozača,
- $f(\,)$ - funkcija gustine vjerovatnoće za normalnu raspodjelu,
- $F(\,)$ - kumulativna funkcija raspodjele za normalnu raspodjelu.

Vjerovatnoća da će se kritični interval slijeđenja nalaziti između prihvaćenog i maksimalnog odbačenog intervala je data kao $F(y_i)$-$F(x_i)$. Maksimalna vjerovatnoća na uzorku od *n* vozača koji imaju prihvaćen interval i najveći odbačeni interval od (y_i, x_i) je:

$$\prod_{i=1}^{n}\left[F\left(y_i\right)-F\left(x_i\right)\right] \tag{1}$$

Logaritam, *L*, od ove vjerovatnoće je onda:

$$L=\sum_{i=1}^{n}\ln\left[F(\mathrm{y}_i)-\mathrm{F}(\mathrm{x}_i)\right] \tag{2}$$

Parametri vjerovatnoće μ i σ^2 koji maksimizuju *L* su rješenja dvije jednačine:

$$\frac{\partial L}{\partial \mu}=0 \tag{3}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \sigma^2}=0 \tag{4}$$

Odnosno, oni su rješenja od:

$$\frac{\partial L}{\partial \mu}=\sum_{i=1}^{n}\frac{\dfrac{\partial F(\mathrm{y}_i)}{\partial \mu}-\dfrac{\partial F(\mathrm{x}_i)}{\partial \mu}}{F(\mathrm{y}_i)-\mathrm{F}(\mathrm{x}_i)}=0 \tag{5}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \sigma^2}=\sum_{i=1}^{n}\frac{\dfrac{\partial F(\mathrm{y}_i)}{\partial \sigma^2}-\dfrac{\partial F(\mathrm{x}_i)}{\partial \sigma^2}}{F(\mathrm{y}_i)-\mathrm{F}(\mathrm{x}_i)}=0 \tag{6}$$

Tada se može pokazati da je:

$$\frac{\partial F(\mathrm{x})}{\partial \mu}=-f(\mathrm{x}) \tag{7}$$

$$\frac{\partial F(\mathrm{x})}{\partial \sigma^2}=-\frac{x-\mu}{2\sigma^2}f(\mathrm{x}) \tag{8}$$

Ovo onda vodi do dvije jednačine koje moraju biti riješene iterativno primjenom numeričkih metoda:

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{f(\mathrm{x}_i)-f(\mathrm{y}_i)}{F(\mathrm{y}_i)-\mathrm{F}(\mathrm{x}_i)}=0 \tag{9}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{(\mathrm{x}_i-\mu)\,\mathrm{f}(\mathrm{x}_i)-(\mathrm{y}_i-\mu)\,\mathrm{f}(\mathrm{y}_i)}{F(\mathrm{y}_i)-\mathrm{F}(\mathrm{x}_i)}=0 \tag{10}$$

gdje su $\mathrm{f}(x_i)$, $\mathrm{f}(y_i)$, $\mathrm{F}(x_i)$ i $\mathrm{F}(y_i)$ takođe u funkciji od μ i σ^2.

Prosječna vrijednost kritičnog intervala slijeđenja t_c i varijansa s^2 mogu se izračunati na sljedeći način:

$$t_c=e^{\mu+0{,}5\sigma^2} \tag{11}$$

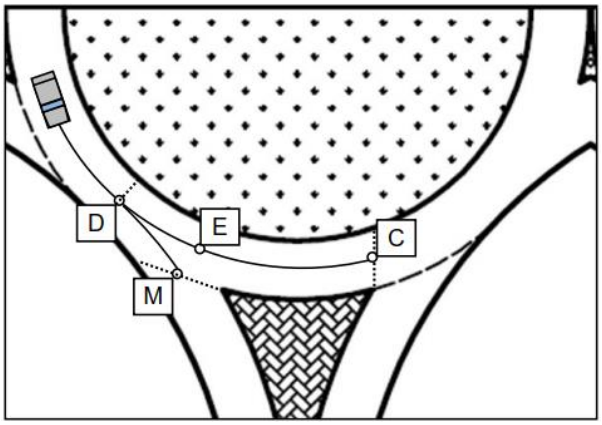
$$s^2=t_c^2(e^{\sigma^2}-1) \tag{12}$$

Upravo je ova prosječna vrijednost kritičnog intervala slijeđenja primjenjivana u različitim proračunima kapaciteta i vremenskih gubitaka koji su zasnovani na prihvatanju intervala.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Vozila na izlazu iz kružne raskrsnice su uključena u postupak procjene kritičnog intervala slijeđenja uvođenjem u proračun tzv. ekvivalentnog vremena putovanja (engl. equivalent travel time). Ovo vrijeme putovanja predstavlja vrijeme koje bi se desilo između izlaza iz zone kruženja i konfliktne tačke ukoliko bi vozilo na izlazu iz kružne raskrsnice nastavilo da kruži. Tačnije, ekvivalentno vrijeme putovanja predstavlja količnik udaljenosti od izlaza iz zone kruženja do konfliktne tačke i prosječne brzine vozila u kružnoj raskrsnici. U ovom istraživanju je usvojena prosječna brzina vozila od 15 [km/h]. Udaljenost od izlaza do konfliktne tačke je izmjerena posebno za svaki krak kružne raskrsnice pomoću alata za mjerenje putanje u aplikaciji Google Maps. Primjer proračuna ovog rastojanja za jedan od krakova kružne raskrsnice je predstavljen na slici 3.

Tačka D je tačka od koje se kružna putanja vozila i putanja prema izlazu iz zone kruženja razdvajaju, dok tačka M predstavlja tačku presjeka između izlazne trake i putanje prema izlazu iz zone kruženja. Tačka E je locirana tako da je dužina segmenta DE jednaka dužini segmeta DM, dok tačka C predstavlja tačku ukrštanja između kružne putanje vozila i konfliktne trake (sporednog prilaza). Kako je segment DE jednak segmentu DM, tačka E se nalazi otprilike na mjestu dokle bi vozilo koje napušta kružnu raskrsnicu stiglo ukoliko bi nastavilo da kruži. Stoga segment EC predstavlja ekivivalentno rastojanje koje se primjenjuje za proračun ekvivalentnog vremena putovanja (Zheng i dr., 2012). Kako su širine razdjelnih ostrva različite za različite krakove raskrsnice tako su ekvivalentna rastojanja proračunata posebno za svaki krak, a samim tim su dobijena i zasebna ekvivalentna vremena putovanja.



Slika 3. Segment kružne raskrsnice za proračun ekvivalentnog vremena putovanja

Izvor: (Zheng i dr., 2012)

Za proračun intervala slijeđenja i intervala pristizanja korišćen je sljedeći izraz kada su razmatrana vozila na izlazu iz zone kruženja (Suh i dr., 2015):

$$t = T_2 - T_1 + \Delta t \tag{13}$$

gdje je:

t = interval slijeđenja kada je T_1 vremenski trenutak dolaska vozila iz zone kruženja ispred posmatranog prilaza ili izlaska vozila iz zone kruženja na istom prilazu, a interval pristizanja kada je T_1 vremenski trenutak dolaska vozila na zaustavnu liniju,

T_1 = vremenski trenutak prolaska prvog vozila iz konfliktnog toka ispred posmatranog prilaza,

T_2 = vremenski trenutak prolaska drugog vozila iz konfliktnog toka ispred posmatranog prilaza,

Δt = ekvivalentno vrijeme putovanja koje je jednako nuli kada je T_2 trenutak prolaska vozila iz zone kruženja ispred posmatranog prilaza, dok je jednako ekvivalentnom vremenu putovanja kada je T_2 trenutak izlaska vozila iz zone kruženja na istom kraku gdje je i posmatrani prilaz.

Dakle, ekvivalentno vrijeme putovanja se dodaje intervalu slijeđenja ili pristizanja samo onda kada je drugo vozilo iz konfliktnog toka (tj. vremenski trenutak T_2) vozilo koje napušta zonu kruženja. Dodavanjem ovog dodatnog vremena putovanja intervalu slijeđenja ili pristizanja nastaje opaženi interval koji vozač primjeti prije nego što spozna da li će vozilo izaći iz kružne raskrsnice ili neće.

Izdvojeno je ukupno 309 parova prihvaćenih i maksimalno odbačenih intervala slijeđenja vozila za procjenu kritičnog intervala slijeđenja. Od toga su izdvojena 92 para intervala u slučaju kada nisu uzeta u obzir vozila na izlazu iz kružne raskrsnice, dok je izdvojeno čak 217 parova intervala u slučaju kada su razmatrana i vozila koja napuštaju zonu kruženja. Ovo dokazuje tvrdnju iz uvodnog dijela ovog rada da vozila na izlazu iz kružne raskrsnice razdvajaju postojeće intervale između vozila u glavnom toku i kreiraju više manjih intervala slijeđenja. Pri tome, prilikom formiranja parova nisu uzeti u obzir prihvaćeni intervali slijeđenja veći od 15 [s]. U situaciji kada vozač nije odbio nijedan interval, usvojena je vrijednost odbačenog intervala od 0,01 [s]. U slučaju kada je vozač odbio jedan interval samo da bi nakon toga prihvatio manji interval, za vrijednost maksimalnog odbačenog intervala je uzeta sljedeća najveća vrijednost odbačenog intervala koja je manja od prihvaćenog intervala. Ako ne postoji manji odbijeni interval od prihvaćenog intervala, usvojena je vrijednost od 0,01 [s] kao u prvoj specifičnoj situaciji.

Nakon primjene metode maksimalne vjerodostojnosti na formirane parove intervala, dobijena je vrijednost kritičnog intervala slijeđenja od 4,19 [s] kada nisu razmatrana vozila na izlazu iz zone kruženja i vrijednost kritičnog intervala slijeđenja od 3,55 [s] kada su vozila na izlazu uzeta u obzir. Kao što je utvrđeno u drugim istraživanjima i ovdje je vrijednost kritičnog intervala slijeđenja manja kada su vozila na izlazu iz zone kruženja uključena u proračun. Tačnije, razlika između ove dvije vrijednosti je 0,64 [s] što pokazuje da vozila na izlazu iz kružne raskrsnice ipak u određenoj mjeri utiču na donošenje odluke vozača da li da private ili odbiju ponuđeni interval.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Iako su kružne raskrsnice sve više zastupljene na uličnoj mreži zbog prednosti u odnosu na standardne četvorokrake ili trokrake raskrsnice, njihova izgradnja nije uvijek opravdana. Detaljnije, u pojedinim slučajevima kružne raskrsnice neće smanjiti zagušenost saobraćaja već će naprotiv doprinijeti ovoj pojavi u većoj mjeri. Stoga, precizna i tačna procjena kapaciteta će omogućiti donošenje boljih i pogodnijih investicionih odluka o izgradnji određenog tipa raskrsnica. Kao što je već navedeno u radu, kritični interval slijeđenja ima ključan uticaj na kapacitet i nivo usluge raskrsnica. Na osnovu proračuna njegove vrijednosti u ovom radu je istaknuta razlika u slučaju kada se zanemaruje uticaj vozila na izlazu iz kružne raskrsnice na donošenje odluke o prihvatanju intervala i u slučaju kada se razmatra njihov uticaj. Iako nije kvantifikovan uticaj vozila na izlazu iz kružne raskrsnice u priručnicima, istraživanje sprovedeno u ovom radu je pokazalo da ova vozila ostvaruju primjetan efekat na kritični interval slijeđenja. Veliki procenat odbijenih intervala na svakom prilazu je nastao iz razloga što vozači na sporednom prilazu nisu mogli sa sigurnošću utvrdili da li vozila u zoni kruženja nastavljaju da kruže ili izlaze iz kružne raskrsnice. S obzirom na primjetnu razliku u vrijednostima kritičnog intervala slijeđenja, preporučuje se uključivanje vozila na izlazu iz zone kruženja u postupak procjene kapaciteta na prilazima kružnih raskrsnica.

Buduća istraživanja bi trebala obuhvatiti veći broj kružnih raskrsnica u razmatranje, a sve sa ciljem preciznijeg utvrđivanja kvantitativnog uticaja vozila na izlazu iz kružne raskrsnice na kritični interval slijeđenja. Takođe, trebalo bi istražiti i efekat vozila na izlazu iz zone kruženje na vrijeme slijeđenja vozila na sporednom toku koji takođe predstavlja značajan parametar saobraćajnog toka. Naime, kako vozila na izlazu razdvajaju veće intervale u manje, tako se smanjuje broj mogućnosti mjerenja vremena slijeđenja vozila u sporednom toku. Prema tome, vozila na izlazu iz kružne raskrsnice vjerovatno ostvaruju uticaj i na ovaj interval. Pored toga, trebalo bi ispitati kako ova vozila utiču i na sam kapacitet prilaza kružne raskrsnice s obzirom na to da se njihov efekat odražava na glavne parametre za proračun kapaciteta.

5. LITERATURA

Barry, C. D. (2012). Calibration of the HCM 2010 roundabout capacity equations for Georgia conditions (Doctoral dissertation, Georgia Institute of Technology).

Bogdanović, V., & Radović, D. (2020). Procjena kritičnog intervala slijeđenja vozila na kružnim raskrsnicama. Put i saobracaj, 66(2), 7-13.

Brilon, W., Koenig, R., & Troutbeck, R.J. (1999). Useful estimation procedures for critical gaps. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 33(3-4), pp.161-186.

Gavulová, A. (2012). Use of statistical techniques for critical gaps estimation. In Proceedings of the 12th international conference, reliability and statistics in transportation and communication (Rel-Stat'12), Riga, Latvia (pp. 17-20).

Guo, R. (2010). Estimating critical gap of roundabouts by different methods. 6th Advanced Forum on Transportation of China.

Hagring, O. (2001). Derivation of capacity equation for roundabout entry with mixed circulating and exiting flows. Transportation research record, 1776(1), 91-99.

HCM. (2010). Highway Capacity Manual. Washington D.C.: Transportation Research Board of The National Research Council.

Kuzović, Lj., & Bogdanović, V. (2010). Teorija saobraćajnog toka. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Mereszczak, Y., Dixon, M., Kyte, M., Rodegerdts, L., & Blogg, M. (2006). Including exiting vehicles in capacity estimation at single-lane US roundabouts. Transportation research record, 1988(1), 23-30.

Miller, A. J., & Pretty, R. L. (1968). Overtaking on two-lane rural roads. Proc. Aust. Rd. Res. Board 4(1), 582-591.

Miller, A. J. (1972). Nine estimators for gap-acceptance parameters. In: Newell, G. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on the Theory of Traffic Flow and Transportation. Berkeley, California June, 1971. Elsevier Amsterdam.

Suh, W., Barry, C., Schmitt, L., Anderson, J., Rodgers, M. O., & Hunter, M. (2015). Impact of including exiting vehicles in single-lane roundabout capacity models. Transportation Research Record, 2517(1), 87-95.

Tian, Z., Vandehey, M., Robinson, B.W., Kittelson, W., Kyte, M., Troutbeck, R., Brilon, W., & Wu, N. (1999). Implementing the maximum likelihood methodology to measure a driver's critical gap. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 33(3-4), pp.187-197.

Troutbeck, R.J. (1992). Estimating the critical acceptance gap from traffic movements. Queensland University of Technology.

Troutbeck, R. J. (2014). Estimating the mean critical gap. Transportation Research Record, 2461(1), 76-84.

Vasconcelos, L., Seco, Á., & Silva, A. B. (2013). Comparison of procedures to estimate critical headways at roundabouts. Promet–Traffic&Transportation, 25, 43-53.

Wei, T., & Grenard, J. L. (2012). Calibration and validation of highway capacity manual 2010 capacity model for single-lane roundabouts. Transportation research record, 2286(1), 105-110.

Zheng, D., Chitturi, M., Bill, A., & Noyce, D.A. (2011). Comprehensive evaluation of Wisconsin roundabouts, Volume 1: Traffic operations. Madison, WI: Traffic Operations and Safety Laboratory.

Zheng, D., Chitturi, M., Bill, A., & Noyce, D. A. (2012). Critical gaps and follow-up headways at congested roundabouts. In Transportation Research Board Annual Meeting, Washington.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ANALYSIS OF THE CONDITION OF FIBER BULBS ON MOTOR VEHICLES AFTER TRAFFIC ACCIDENTS

ANALIZA STANJA VLAKANA AUTO-SIJALICA NA MOTORNIM VOZILIMA POSLE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

Vojkan M. Zorić[a], Dragan Đurđević[a], Igor J. Šetrajčić[b], Siniša M. Vučenović[c], Jovan P. Šetrajčić[b]

[a] *Megatrend University, The Faculty of Civil Aviation, Belgrade, Serbia, vzoric@megatrend.edu.rs, ddjurdjevic@megatrend.edu.rs*

[b] *Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina, seki_1976@yahoo.com, jovan.setrajcic@gmail.com*

[c] *University of Banjaluka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina, vucenovic.s@gmail.com*

Abstract: Objectives: *The paper presents a unique approach to forensic analysis of the spiral fiber of a motor vehicle light bulb that participated in traffic accidents.* ***Approach:*** *It is known that the condition of motor vehicle bulbs can be an indicator of the cause of traffic accidents. In addition to the condition of the bulb it self – molten glass fragments of a broken balloon on fiber carriers and spiral fibers, the difference in elemental fiber composition in several investigated bulbs of the same vehicles can be key evidence for obtaining an answer to the way the accident happened.* ***Results and Contribution:*** *In the study of the present case, such an analysis was crucial evidence for the court and the originally accused in the present case was acquitted. Previously performed forensic forensic-technical expertise of the subject bulbs was done according to the literary rules, without including those relevant findings that were obtained by detailed forensic integral analysis. This case study is unique and new in the case law of Serbia, and was performed using the method of scanning electron microscopy.*

Key words: *Forensic analysis, traffic accidents, car bulbs, spiral fibers*

Apstrakt: Ciljevi: *U radu je predstavljen jedinstveni pristup forenzičkoj analizi spiralnog vlakna sijalice motornih vozila koja su učestvovala u saobraćajnim nezgodama.* ***Pristup:*** *Poznato je da stanje sijalica motornih vozila može biti pokazatelj uzroka saobraćajnih nezgoda. Pored stanja same sijalice – rastopljenih fragmenata stakla slomljenog balona na nosačima vlakana i spiralnih vlakana, razlika u elementarnom sastavu vlakana u više istraženih sijalica istih vozila može biti ključni dokaz za dobijanje odgovora na način na koji se nesreća dogodila.* ***Rezultati i Značaj rada:*** *U proučavanju predstavljenog slučaja takva analiza je bila presudan dokaz za sud i prvobitno optuženi u predmetnom slučaju oslobođen je krivične odgovornosti. Prethodno izvršeno sudsko kriminalističko-tehničko veštačenje predmetnih sijalica rađeno je prema književnim pravilima, bez uključivanja onih relevantnih nalaza koji su dobijeni detaljnom forenzičkom integralnom analizom. Ova studija slučaja je jedinstvena i nova u sudskoj praksi Srbije, a izvršena je primenom metoda skenirajuće elektronske mikroskopije.*

Ključne riječi: *Forenzička analiza, saobraćajne nezgode, automobilske sijalice, spiralna vlakna*

1. UVOD

1.1. Bezbednost i forenzika

Termin bezbednost se generalno koristi za označavanje stanja zaštite od pojava koje mogu naneti štetu. Spisak pretnji po ljudsku bezbednost je veliki i nije konačan, razvoj ljudskog društva i naučna dostignuća utiču na njegovo širenje, a osnovne kategorije su: ekonomska bezbednost, bezbednost hrane, zdravstvena bezbednost, bezbednost životne sredine, lična bezbednost, bezbednost zajednice, politička bezbednost, bezbednost saobraćaja itd. Svaka od ovih kategorija podleže raščlanjivanju na podkategorije, poput bezbednosti saobraćaja na:

bezbednost vazdušnog saobraćaja, bezbednost pomorskog saobraćaja, bezbednost rečnog saobraćaja, bezbednost železničkog saobraćaja, bezbednost drumskog saobraćaja (Milosavljević, 2014).

Bezbednost saobraćaja na putevima je naučna disciplina koja, koristeći naučnu metodologiju, prati, proučava i objašnjava negativne pojave koje ugrožavaju ljude i imovinu u saobraćaju, sa posebnim osvrtom na saobraćajne nezgode, tj.manifestacije, uzroke, uslove i druge lične i spoljašnje faktore zbog kojih nastaju, te strategiju i taktiku za sprečavanje saobraćajnih nezgoda i sličnih negativnih pojava u saobraćaju (Stajić i Pajković, 2011).

Bezbednosni aspekti se prvenstveno ogledaju u preventivnim radnjama, ali se često dešava da situacija na terenu izmakne kontroli i da se dogode incidenti i nesreće, zatim u prvi plan dolaze povezane discipline iz oblasti bezbednosti, poput kriminologije i forenzike. Zadatak ovih disciplina je da na naučnim osnovama utvrde šta se dogodilo i odgovore na "sedam zlatnih pitanja" kriminologije, kako bi sudskim vlastima pružili tačne i pouzdane informacije za pravilno donošenje odluka.

Forenzika (naučno istraživanje kriminalnih događaja i primena naučnih metoda u rešavanju sudskih postupaka) je najpotpunija i najsloženija naučna oblast. Za forenziku je potrebno poznavanje svih naučnih oblasti i najsavremenijih naučno-tehničkih dostignuća fizike, matematike, hemije, fizičke hemije, biologije, medicine, psihologije, tehnologije ...

Fizika i hemija u praksi su se odnosile prvenstveno na istraživanje nežive materije. S obzirom na to da se u kriminologiji pojavljuju tragovi koji potiču i od žive i od nežive materije, vremenom su se razvile različite metode čija je osnova u prirodnim naukama (biofizika i biohemija), a koje služe za njihovo ispitivanje. Iz praktičnih razloga u specijalizovanim biološkim laboratorijama razvijene su metode ispitivanja tragova ljudskog, životinjskog i biljnog porijekla, odnosno žive materije, a metode ispitivanja tragova u vezi sa neživom materijom u zajedničkim laboratorijama prirodnih nauka (Lapally i dr., 2001; Balbino i dr., 2012). Pojavom kriminologije, stvoren je prvi pokušaji da se prevaziđu isključivo zanatski/posmatrački elementi i stvore tačne metode, te izgradi sistem, zasnovan na principima i objektivnim kriterijumima nauke i tehnologije. Forenzika je prerasla u nauku čiji je predmet istraživanja pronalaženje, poboljšanje i primena nauke, ili na osnovu praktičnog iskustva, načina, metoda i sredstava koji su najpogodniji za otkrivanje i rasvetljavanje zločina, identifikaciju njihovih izvršilaca i pružanje materijalnih dokaza o delima i učinioci, a sve u svrhu sprečavanja izvršenja krivičnih dela.

Savremeni razvoj nauke i tehnologije, koji se koriste u različitim vrstama forenzičke ekspertize, doveo je do činjenice da je forenzičkaekspertiza-veštačenje praktično postalo neophodna istražna radnja. U sudskoj praksi dominiraju dve definicije veštačenja: kao dokazno sredstvo u sudskim postupcima i u službi pomoći sudu u utvrđivanju činjenica. Tragovi hemijskih supstancija i tragovi koji čine delove celine pogodni su za primenu fizičko-hemijskih metoda ispitivanja. Najčešće se ispituje sastav samih supstancija, pa je većina fizičko-hemijskih metoda koje se koriste u procesu trasološke identifikacije prilagođena toj svrsi. Ove metode omogućavaju ispitivanje fizičko-hemijskih svojstava i najmanjih tragova supstanciija (mikro-tragova), bez obzira da li su u čvrstom, tečnom ili gasovitom stanju.

Forenzika (naučna istraživanja kriminalnih događaja/primena naučnih metoda u rešavanju sudskih postupaka) je najkompletnija i najkompleksnija naučna oblast. Forenzika zahteva poznavanje svih naučnih oblasti i najsavremenijih naučno-tehničkih dostignuća fizike, matematike, hemije, fizičke hemije, biologije, medicine, psihologije, tehnologije... U razvoju kriminalistike sve širu primenu su nalazili metodi prirodnih nauka, posebno fizike, hemije i fizičke hemije, čiji su metodi (s obzirom na obim, značaj i vreme upotrebe) postepeno prerastali u kriminalističke metode. Primena metoda ovih nauka u kriminalistici ima izuzetan značaj koji se posebno ispoljava u pronalaženju i obezbeđenju materijalnih dokaza. Nauka i tehnika argumentima svojih pronalazaka sve više nalaze mesto u forenzičkim istraživanjima i sve su prisutnije kao metodi dokazivanja u krivično-procesnom pravu. Naučno-stručni prilaz otkrivanju i dokazivanju krivičnih dela doprinosi i naučnom istraživanju kriminaliteta. U postupku naučnog istraživanja kriminaliteta vidna je pomoć fizike, hemije i fizičke hemije, jer se primenom njihovih metodološko-tehničkih dostignuća dolazi do stvarno neophodnih saznanja bitnih za uspešno pronalaženje tragova i obezbeđenje materijalnih dokaza. Suština je u činjenici što se naučna saznanja razlikuju od svakodnevnih običnih i empirijskih saznanja, ne samo po usmerenosti na suštinu određene pojave, već i po metodama kojima se dolazi do takvih saznanja. Osnovna karakteristika naučnog saznanja je u sistematskom, smišljenom, planiranom i metodskom postupku, po čemu se i razlikuje od svakodnevnog običnog opažanja, koje ne može biti usmereno na suštinu određene pojave. Znači, primena naučnog metoda omogućava sticanje, proveravanje i razvijanje naučnih znanja, što faktički nije moguće ostvariti bez postavljanja hipoteza i verzija, jer upravo one iniciraju i određuju pravac traganja za novim relevantnim činjenicama (Maksimović R, 1998.).

Ovde je potrebno istaknuti veštačenje u vezi sa saobraćajnim nezgodama, nakon nepoznatog uzroka nezgode. Saobraćajno-tehničko veštačenje obuhvata sve segmente saobraćajne nezgode koji su sastavljeni u jednu celinu, a zatim se donosi zaključak o uzroku saobraćajne nezgode.Ovo veštačenje uključuje utvrđivanje tehničke ispravnosti vozila, stanja puta, brzine kretanja vozila itd.Saobraćajno-forenzičkaekspertiza/veštačenje se

bavi isključivo forenzičkim tehnikama, koje obuhvataju: određivanje dodirne/kontaktne tačke dva vozila, kao i vozila i pešaka; identifikaciju vozila koje je napustilo mesto događaja; identifikaciju vozača koji je upravljao motornim vozilom u vreme nezgode.

1.2. Sijalice na motornim vozilima

Stanje sijalica u automobilima na motornim vozilima (pozicijska svetla, svetla upozorenja, pokazivači pravca) koji su učestvovali u saobraćajnim nesrećama često su predmet forenzičke analize, zbog njihovog značaja u otkrivanju uzroka događaja, odnosno odgovaranju na pitanje o tome da li je predmetni izvor svetlosti bio aktivan (da li je on emitovao svetlost). Ovo je od posebnog značaja kada je potrebno utvrditi da li je vozilo parkirano na traci za hitne slučajeve imalo uključena pozicijska svetla ili je automobil iznenada stao bez aktivnih svetala upozorenja za opasnost, ili ipak tokom iznenadnih skretanja sa/bez signala za skretanja, koji su često uzroci saobraćajnih nesreća sa velikom materijalnom štetom i/ili smrtnim slučajevima. Podaci u literaturi koji se bave bezbednošću u saobraćaju i kriminalističko-tehničkim i forenzičkim analizama su oskudni, posebno na onokoje se odnosi na laboratorijsku analizu saobraćajnih nezgoda u sijalicama automobila (Horvat, R. i dr. 2010; Mc Donald, P. (2000; Zorić, 2009; Zorić, 2017).

Većina stručnjaka koji analiziraju saobraćajne nesreće upoznati su sa istopljenim krajevima slomljenih spiralnih vlakana – filamentima ili njihovom plastičnom deformacijom u sijalicama automobila koje emituju svetlost, ili u slučajevima implozivne disperzije staklenog balona – istopljenim staklenim fragmentima na vrelim vlaknima (kada je emitovano svetlo u trenutku saobraćajne nezgode). Ovaj rad stavlja poseban naglasak na spiralna vlakna (sa netaknutim staklenim balonom) koja su bila u motornim vozilima koja su učestvovala u saobraćajnim nesrećama.

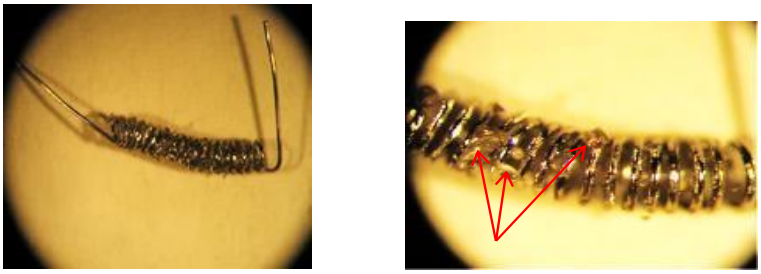
1.3. Ispitivanje stanja vlakana u sijalicama motornih vozila

U toku forenzičke analize svetala za automobile,sreću se dva različita slučaja: u trenutku saobraćajne nesreće stakleni balon se razbio i ostao netaknut (slika 1).

U obaslučaja se vrši analiza kako bi se utvrdilo stanje spiralnih vlakana i nosača vlakana (ako se nalaze u metalnoj podlozi sijalice), i nakupljenog volframovog oksida na fragmentima stakla ako, u slučaju razbijenog staklenog balona, fragmenti stakla ostanu u metalnoj podlozi sijalice (Busarčević i dr. 2001; Maksimović, 2000). U slučaju razbijenog staklenog balona i implozije, manji fragmenti staklenog balona imaju tendenciju da se istopena vrelo spiralno vlakno i nosače vlakana (ako je sijalica automobila u tom trenutku emitovala svetlost, slika 2).

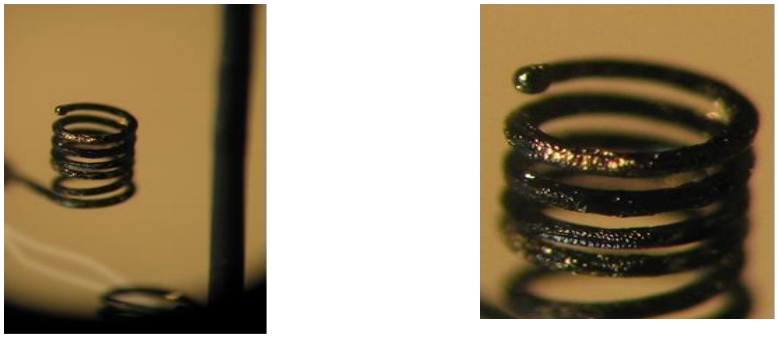


Slika 1. Razbijeni stakleni balon i prekinuto spiralno vlakno (levo) i netaknuti stakleni balon i deformisano spiralno vlakno (desno)



Slika 2. Spiralno vlakno sa istopljenim staklenim fragmentima iz staklenog balona (levo) i bliži pogled na istopljene fragmente stakla (desno)

Ako je sijalica automobila bila aktivna u trenutku saobraćajne nesreće, odnosno da je emitovala svetlost, tj.vrelo spiralno vlakno koje je do tačke pucanja deformisano, pojavljuju se perle, između krajeva vlakana, npr. rezultat prolaska električne struje i formiranja Voltinog luka, koji je – zbog oslobađanja Džulove toplotne energije, istopio krajeve vrelih spiralnih vlakana do trenutka prekida u električnom kolu uzrokovanog nesrećom (prekid u električnom vodu ili uništavanje elementa električnog kola), ili stvaranje rastojanja između krajeva rastopljenih vlakana koje je bilo toliko veliko da električna energija, zbog svoje slabosti i povećanog električnog otpora, nije mogla da teče (slika 3).



Slika 3. Spiralna vlakna sa rastopljenim perlicama(levo) i bliži pogled sa rastopljenim perlicama (desno)

Plastična deformacija i neprekinuto vlakno sugerišu da je u trenutku nesreće tekla električna struja i da je do istezanja vlakana i plastične deformacije došlo usled intenziteta spoljne sile prinude, impulsne sile i momenta sile. Ove deformacije nedvosmisleno ukazuju na to da je u trenutku nesreće sijalica emitovala svetlost (slika4).



Slika 4. Sijalica za automobil sa netaknutim balonom i deformisanim vlaknima(levo),vidljiva deformacija vlakana (u sedini) pogled izbliza na deformacije vlakana (desno)

Ako spiralno vlakno, nakon nesreće, nema plastičnu deformaciju i nije prekinuto vidljivim istopljenim krajevima, a u međuvremenu je provedena forenzička analiza drugih relevantnih parametara (npr. otkrivanje istopljenih fragmenata stakla i tragova volfram-oksida), može se zaključiti da ova sijalica nije emitovala svetlost, odnosno nije imala vrelo spiralno vlakno, u trenutku saobraćajne nesreće.

2. METODOLOGIJA I REZULTATI STUDIJE JEDNOG SLUČAJA

U ovom radu biće predstavljen slučaj koji uključuje sudar dva putnička vozilasa velikim materijalnim štetama na vozilima, ali i teškim povredama koje su zadobili vozači istih vozila. Ova studija je uključivala analizu pokazivača pravca na jednom od uključenih vozila. Tokom sudskog postupka veštačenje zatečenih i prikupljenih podataka, sproveo je prvo-angažovani sudski veštak. Međutim, okrivljeni se žestoko i sa obrazloženim argumentima usprotivio nalazima i mišljenju veštaka, pa je sud naložio da se sprovede kontrolno veštačenje u koje su (direktno i indirektno) bili uključeni autori ovog rada.

Nakon sprovedenih laboratorijskih analiza, koje će biti predstavljene u nastavku, utvrđeno je da literarna pravila nisu dovoljna za potpuno i egzaktno rešavanje/tumečenje konkretnog slučaja i da je bilo neophodno uključiti i druge oblike analize. Pogrešno mišljenje bio je krajnji rezultat početne ekspertize koja je morala biti usaglašena saekspertskim mišljenjem i detaljnog obrazloženog tumačenja koji je sprovedennakon detaljnih laboratorijskih analiza u fizičko-hemijskoj laboratoriji.

Radi boljeg razumevanja moramo detaljnije objasniti događaj: ova nesreća se dogodila na otvorenom putu, po sunčanom i vedrom danu i na suvom putu, kada je pojedinac za volanom Golfa 5 (koji se kretao brzinom oko 100 km/h) počeo da pretiče pojedinca za volanom Renoa 5 (krećući se približnom brzinom od 25

km/h) – koji je, prema izjavi vozača Golfa, naprasno skrenuo na levi sporedni put bez uključivanja pokazivača pravca.Pri tome, ovadva vozila su se silno sudarila. Od jačine udara oba vozila su bila izbačena sa puta, a Renault se nekoliko puta prevrtao oko svojih horizontalnih osa.

2.1. Laboratorijske analize

Prema sudskom nalogu, dve sijalice iz vozila Renault 5 Campus isporučene su sa prednjeg i zadnjeg levog pokazivača pravca: obe sijalice su imale neoštećen svetlosni balon i neprekinuto spiralno vlakno (slika 5-gore).

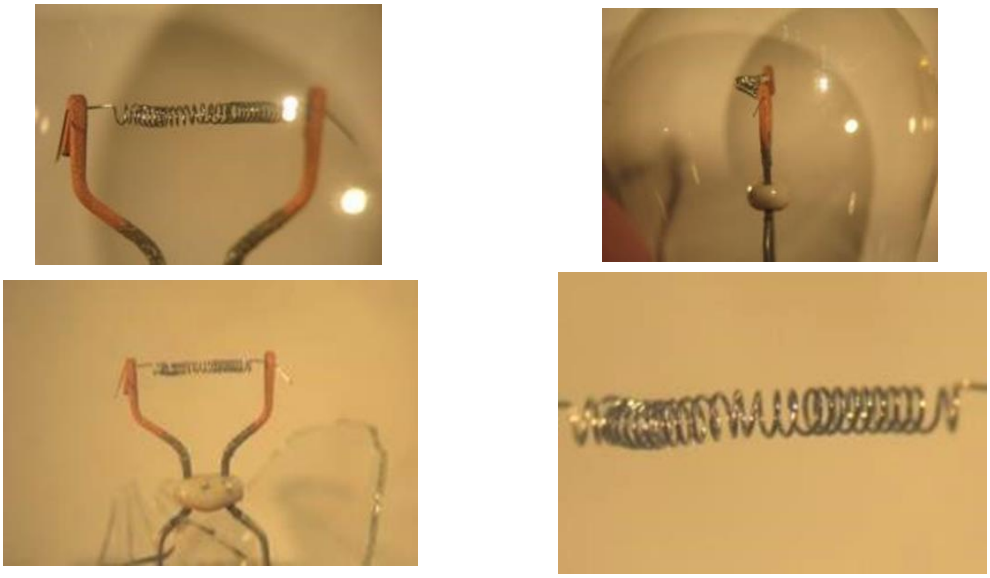


Slika 5. Automobilske sijalice donete na veštačenje: 1 – Osram (levo) i 2 – Norma (desno)

Sijalice automobila testirane su vizuelno stereomikroskopskim pregledom i digitalnim multimetrom DT 890c mernim instrumentom. Utvrđeno je da spiralna vlakna u obe sijalice automobila premošćuju nosače vlakana (nisu prekinuta) i zatvaraju električno kolo, odnosno stvaraju očekivani Omov otpor i sa tehničkog stanovišta – funkcionišu.

Nakon pregleda kroz stereomikroskopski prikaz, pri uvećanju od 50 i 100 puta, pre i posle uklanjanja staklenog balona, stanje na uzorcima je uipak bilo sledeće:

Uzorak 1: Sijalica automobila 1 – spiralno vlakno nije prekinuto i imalo je vertikalne i horizontalne deformacije koje su značajno odstupale od fabričkih podešavanja, ilustrovano u kompromitovanom prostoru između navoja, tj. uočljiva promena „koraka“ spiralnih vlakana duž oba ose, slika 6.



Slika 6. Vlakno iz sijalice 1(gore levo) i prikaz vertikalne deformacije (gore desno); izgled vlakna nakon uklanjanja balona (dole levo) i prikaz horizontalne deformacije (dole desno)

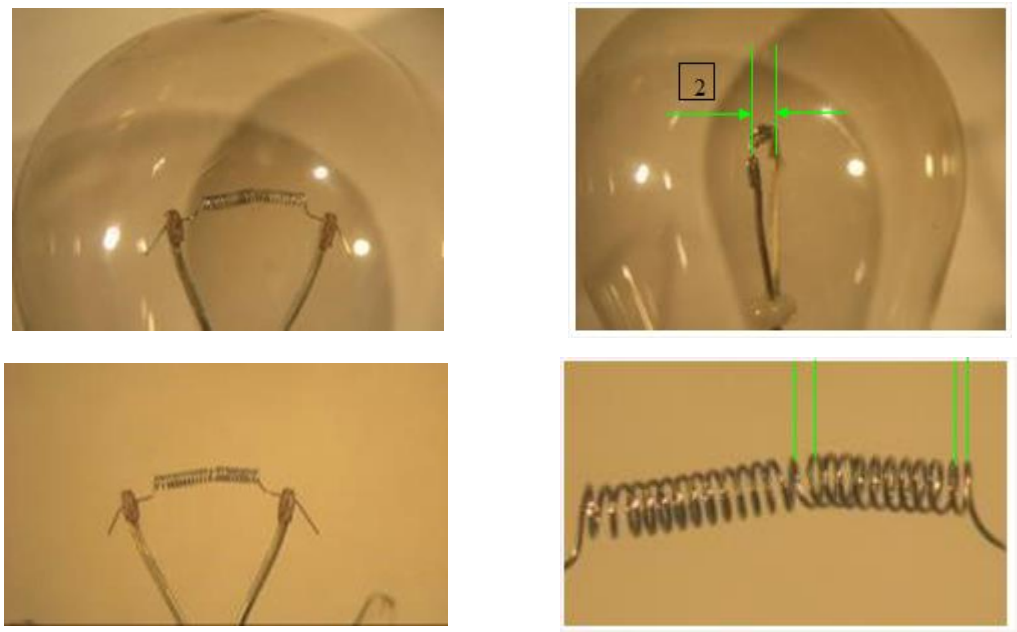
Uzorak 2: Sijalica automobila 2 – spiralno vlakno nije prekinuto i imalo je vertikalne i horizontalne deformacije koje su značajno odstupale od fabričkih podešavanja, ilustrovano u kompromitovanom prostoru između navoja, tj. Evidentna promena „koraka“ spiralnih vlakana duž oba ose, slika 7.

Kao što je primećeno na gornjim slikama, prostor između niti vlakana bio je ugrožen i duž horizontalne i vertikalne ose. Naime, kao što slike prikazuju, vertikalna deformacija vlakana označenih brojem 1 dvostruko je duža od vertikalne deformacije vlakana označene brojem 2. Imajući u vidu stepen deformacije vlakana, u obe ispitivane sijalice automobila zaključeno je da je intenzitet sile koja deluje na vlakna različit.

2.2. Fizičko-hemijske analize

Za potrebe fizičko-hemijske neorganske analize spiralnih vlakana dotičnih sijalica automobila, primenjen je metod skenirajuće elektronske mikroskopije sa energetski disperzivnim spektrometroma x-zraka (SEM/EDS), sprovedenog na laboratorijskom instrumentu Philips FEIQuanta 200 (Zorić, 2014).

Analizom snimljenih dijagrama došlo se do zaključka da se oba vlakna sastoje od volfram-elementa, dok je sijalica proizvođača OSRAM (uzorak 1) sadržavala i osmijum. Tako je zaključeno da su različitog hemijskog sastava.



Slika 7.Vlakno iz sijalice 2 (gore levo) i prikaz vertikalne deformacije (gore desno); izgled vlakna nakon uklanjanja balona (dole levo) i prikaz horizontalne deformacije (dole desno)

3. DISKUSIJA

Obe isporučene sijalice su, u trenutku laboratorijske analize, bile u funkcionalnom stanju: spiralna vlakna su premošćavala nosače i zatvaralasu električno kolo, dajući očekivanu Omovu otpornost u toku rada. Na osnovu toga zaključeno je da se različite vertikalne deformacije na ispitivanim vlaknima nisu dogodile tokom predmetne saobraćajne nezgode, odnosno, u trenutku saobraćajne nezgode spiralna vlakna obe ispitivane sijalice nisu bile vruća, tj. sijalice nisu emitovale svetlost, odnosno pokazivači pravca nisu bili uključeni!

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Isporučene sijalice za automobile su različitih proizvođača, pa su njihova spiralna vlakna bila različitog sastava što utiče na njihov vek eksploatacije i fizičko-hemijske karakteristike, kao drugačiji oblik deformacije vlakana pod uticajem spoljnih sila.

Imajući u vidu stepen deformacije karoserije Renaulta, kao i spoljnu silu visokog intenziteta u trenutku udara (bočni udar pod uglom od skoro 90^o, kao i različitu težinu vozila i brzinu kretanja – različita kinetička energija vozila), zaključeno je da se različite vertikalne deformacije na ispitivanim vlaknima nisu dogodile tokom predmetne saobraćajne nezgode, odnosno, u trenutku saobraćajne nezgode spiralna vlakna obe ispitivane sijalice nisu bile vruće, tj. sijalice nisu emitovale svetlost.

Da su spiralna vlakna bila vrela, tj.da su sijalice emitovale svetlost u trenutku nesreće, spiralna vlakna bi se rastegnula do tačke loma i karakteristično topljenje/očvršćavanje sa formiranjemzrnaca u obliku perli, kao rezultat intenziteta spoljne sile, impulsa i momenta sile, što ovde nije bio slučaj.

Obrađena tema rešava samo jedan segment klasičnih automobilskih sijalica, ali otvara nova pitanja i postavlja nove izazove za rešavanje nadolazećeg trenda svetala na vozilima, poput ksenonskih i LED sijalica.

Fizičko-hemijske metode omogućavaju da se hemijski sastav supstancije koju sadrže tragovi ili objekti, može ispitivati i u kvalitativnom i u kvantitativnom pogledu. U kvalitativnom smislu, ispituje se šta koja supstancija sadrži a u kvantitativnom, koliko čega sadrži. Kvalitativan sastav supstancije, u hemijskom pogledu,

može biti neorganski i organski. U prvom slučaju osnovno obeležje predstavlja njegov mikroelemetarni sastav a u drugom sadržaj karakterističnih grupa molekulskih jedinjenja.

Sa taktičkog gledišta, najvažnija je podela fizičko-hemijskih metoda na destruktivne i nedestruktivne. Naime, primenom prvih dolazi do oštećenja, ili pak uništenja supstancije uzoraka koja se ispituje, dok primenom drugih oni ostaju neizmenjeni. U najvećem broju slučajeva korišćenje destruktivnih metoda predstavlja neminovnost, jer nedestruktivne metode nisu uvek podobne za traženo istraživanje, u prvom redu zbog ograničenja koja proizilaze iz njihove namene. Od nedestruktivnih fizičko-hemijskih metoda za ispitivanje hemijskog sastava supstancija, najčešće se koristi rendgenska fluorescentna, rendgenska difrakciona i neutronska aktivaciona analiza. Sve ostale metode su destruktivne: spektrografija, laserska mikro-spektralna analiza, atomska apsorpciona spektrofotometrija, infracrvena spektrofotometrija, hromatografija na tankom sloju i gasna hromatografija [2].

Osnovne prirodne nauke kao što su fizika, hemija i fizička hemija međusobno su toliko povezane, pre svega po oblasti istraživanja, da je i povlačenje oštrije granice između njih skoro nemoguće. Sve tri navedene discipline za težište izučavanja imaju oblast nežive materije. Međusobno prožimanje ovih disciplina naročito je došlo do izražaja posle spoznaje o kvantnoj prirodi materije, tj. pravilnim tumačenjem pojava vezanih za atome i molekule.

Sve osnovne naučne discipline nalaze primenu u kriminalistici i forenzici kao jednoj od primenjenih nauka sa epitetom najprimenjivije, jer se u kriminalistici/forenzici, pored osnovnih, koriste i metodi ostalih primenjenih nauka,kao što su tehničko-tehnološke, medicinske, društvene itd.

Primenom odgovarajućih metoda fizike, hemije i fizičke hemije u kriminalistici/forenzici, koja je sa razvojem prirodnih nauka sve prisutnija i nužnija, proširuje se polje kriminalističko-forenzičke delatnosti, što direktno utiče na veću efikasnost i stvaranje uslova za razvoj novih oblasti u kriminalistici. Fizika, hemija i fizička hemija pronalaze odgovarajuće metode koje kriminalistika/forenzika prihvata, prilagođava i primenjuje radi rasvetljavanja i dokazivanja krivičnih dela. Sve veća prisutnost ovih prirodnih nauka u postupku otkrivanja ovih krivičnih dela i njihovih učinilaca, nameće i potrebu određivanja njihovog mesta u kriminalistici kao nauci.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je urađen u okviru naučnoistraživačkih projekata br. 19.032/961-2/18, 19.032/961-35/18, 19.032/961-42/19 i 19.032/961-36/19, koji su delimično finansirani od strane Ministarstva za naučnotehnološki razvoj, visoko obrazovanje i informaciono društvo Republike Srpske.

5. LITERATURA

Busarčević, M. i dr. (2001): Osnove kriminalističkih veštačenja, Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije, Beograd.

Horvat, R. i dr. (2010). Method of Light Bulbs Analysis on Vehicles Damaged in Traffic Accidents. Safety and Security in Traffic, 22(4), 259-271

Balbino M.A. i dr. (2012): Development of Mev-Eds Methodology for Forensic Analysis on Automotive Headlights, Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics 1(2): 20-28.

Lapally, E.T. i dr.. (2001): Micellar Electrokinetic Chromatography Separations and Analyses of Biological Samples on a Cyclic Planar Microstructure, Anal. Chem. 73, 565.

Mc Donald, P. (2000): Light Bulb Analysis & Investigation, Cis, Aaustralia.

Maksimović R. i dr. (1998): Metode fizike, hemije i fizičke hemije u kriminalistici, Policijska Akademija, Beograd.

Maksimović R. i dr. (2000): Metode fizike, hemije i kriminalistike, Policijska akademija, Beograd.

Milosavljević B. (2014): Prilog teorijsko-pravnom određenju pojma bezbednosti, Pravni zapisi, god. V, br. 1; Pravni fakultet Univerziteta Union, str. 95-119 ;https://doi.org/10.5937/pravzap0-6036

Stajić Lj., Pajković Dragić (2011): Sistem zaštite ličnosti i objekata, Pravni fakultet u Novom Sadu, Novi Sad 2011, ISBN : 978-86-7774-079-5

Zorić, V.M. (2009): Analiza mehaničkih oscilacija u obojenim slojevima i njihova primena u forenzičkim istraživanjima, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, Univerzitet u Novom Sadu.

Zorić, V.M. i dr. (2009): Određivanje vinovnika saobraćajne nezgode primenom novog teorijskog metoda, Časopis za pravo i forenziku NBP, Kriminalističko-policijska Akademija, Beograd.

Zorić, V.M.(2014): Forenzičko istraživanje obojenih slojeva, Zadužbina Andrejević, ISSN 1450-801X; 366, Beograd, 2014.

Zorić V. (2017): „Mikro tragovi – materijalni dokazi u sudskim postupcima i njihov značaj u sistemu bezbednosti Srbije“, Tematska monografija - Integralna bezbednost republike Srbije, praktični aspekt, Fakultet za poslovne studije i pravo, Fakultet informacionih tehnologija i inženjerstva, Univerzitet Union – Nikola Tesla, Beograd.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

PREDICTION OF ACCIDENT USING TIME SERIES METHODS AND MODELS IN SERBIA

Miloš Pljakić[a], Predrag Stanojević[b], Dragan Jovanović[c]

[a] *Faculty of Technical Sciences, University of Priština in Kosovska Mitrovica, Serbia, milos.pljakic@pr.ac.rs*

[b] *Academy of Applied Studies, Department of Road Traffic and Transport, Leposavić, Serbia, stanojevicpredrag@yahoo.com*

[c] *Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, draganj@uns.ac.rs*

Abstract: ***Objectives:*** *The aim of this paper is to predict traffic accidents using time series techniques. Time-series models have a significant role in analyzing the time effects of policy, economic, climate and social conditions on traffic safety. This paper covers the frequency of traffic accidents by months in the period 2011-2020. in order to forecast accidents in the Republic of Serbia. The study observed accidents with fatalities, accidents with injuries, as well as the total number of accidents per month.* ***Approach:*** *The prediction of traffic accidents was carried out using methods and models of time series that predict future events based on historical data. Four time series methods based on central tendency measures as well as non - seasonal and seasonal ARIMA model were used in the paper.* ***Results****: The results showed that seasonal ARIMA models have the best predictive performance for predicting fatal accidents, injured accidents and the total number of accidents.* ***Contribution****: These results can be helpful to all traffic safety entities as well as decision makers in the field of traffic engineering.*

Key words: *Accidents; Time Series; ARIMA; Traffic Safety;*

1. INTRODUCTION

In recent years, the development of road transport has been noticeable, which significantly benefits society in terms of mobility and accessibility. However, the provision of transport services also depends on the development of the traffic system, which is accompanied by a number of negative consequences, among which the largest share are traffic accidents. The trend of increasing fatal traffic accidents has been identified globally and reaches as much as 1.35 million per year (WHO, 2016). However, traffic mortality rates in relation to the size of the world population, as well as in relation to the degree of motorization growth, have stabilized in recent years.

In addition to traffic deaths, traffic injuries are now the leading cause of death for children and young adults aged 5 to 29. It is the eighth leading cause of death for all age groups overcoming HIV / AIDS, tuberculosis and diarrhea. A large share of injuries and deaths in traffic are disproportionately borne by vulnerable road users and those living in low- and middle-income countries. Between 2013 and 2016, there was no decrease in the number of traffic deaths in any low-income country, while a certain decrease was recorded in 48 middle- and high-income countries (WHO, 2016). Traffic accidents can be an everyday occurrence, but they can be predicted and prevented, as illustrated by the large body of evidence on key risk factors and effective measures (Lord and Mannering, 2010; Savolainen et al., 2011).

The application of certain measures in order to prevent traffic accidents requires a painstaking process that includes the identification of problems depending on the type of data. The data that monitor the functioning of the traffic system are often divided into real-time data and data collected in a certain previous period. The complexity and complexity of traffic accident data allows researchers different methodological approaches that depend on the type of data. In general, real-time data collection systems are often inaccessible to developing countries, making it difficult to establish a proactive approach to accident prevention. On the other hand, collecting data on traffic accidents in previous time periods opens up new potential paradigms to predict future spatial (Siddiqui et al., 2012; Pljakić et al., 2019) or temporal based on historical accident data (Quddus, 2008; Feng et al., 2020) dimensions of traffic accidents.

Analyzing the time aspect in the literature, traffic accident forecasts can be viewed as multiregression and autoregressive. Multiregression methods include a wide range of influential temporal factors that affect the frequency of traffic accidents in a given time period (Quddus, 2008). These methods are very acceptable among

researchers, however, the unavailability of quality data significantly complicates their application and the reliability of the obtained results. On the other hand, autoregressive methods enable tracking of events in the previous time period and predict future events on that basis. McLeod and Vingilis (2008) pointed out that autoregressive time series methods are the most efficient methods for predicting future events. One of the most widely used time series techniques in traffic accident analysis is the autoregressive integrated moving average (ARIMA), based on Box and Jenkins (1976). Many researchers have confirmed these facts, and added that the ARIMA model is best for predicting an aggregate number of accidents (Quddus, 2008).

Considering the numerous benefits of traffic accident forecasting, autoregressive models and methods were applied in this study. Accident forecasting has a significant role in creating traffic safety policy, establishing the concept of traffic safety management, defining intervention measures, as well as the proper allocation of funds in relation to the analyzed, ie forecasted, time period. Considering all the benefits of accident forecasting in the study were applied: classical forecasting methods, where their significance is described, as well as ARIMA models that were applied with non-seasonal and seasonal data. The expected results of the research can help the adoption of strategic documents in the Republic of Serbia in order to prevent traffic accidents and establish a proactive way of managing traffic safety.

2. METHODOLOGY

In this study, the frequency of traffic accidents by months in the Republic of Serbia (2011-2020) was observed. The observed period covers 10 years, where time entities are observed on a monthly basis 10x12 = 120 entities. The traffic accidents included in the analyzed period are accidents with fatalities, accidents with injuries and the total number of traffic accidents. Accidents were viewed as time series of an aggregated number of accidents for each time entity. Accident forecasting was performed using (1) nonparametric time series methods; (2) parametric models applied to non-seasonal and seasonal data.

2.1. Time series methods

Average method. This method represents the prediction of all future values that are equal to the mean value of the observed data. If the observed data are denoted by $y_1, \ldots y_T$, the prediction can be written as:

$$\hat{y}_{t+h|T} = \bar{y} = (y_1 + \cdots + y_T)/T$$

The notation $\hat{y}_{t+h|T}$ represents the estimate y_{1+h} based on $y_1, \ldots y_T$.

Naïve method. Within the Naïve method, it is hypothesized that all predictions are values of the last observation. This method can be expressed as:

$$\hat{y}_{T+h|T} = y_T$$

Seasonal Naïve method. The seasonal Naïve method is very suitable for data that have a high seasonal structure. This method assumes that each prediction is equal to the last observed observation from the same season in the year. Formally, the forecast during $T + h$ can be expressed as:

$$\hat{y}_{T+h|T} = y_{T+h-m(k+1)}$$

where, m represents the seasonal period, and k represents the integer part $(h-1)/m$ (ie the number of complete years in the predicted period that passed before the time $T + h$). For example, when observing monthly data, the forecast for all future values in February will be equal to the values from February of the previous year.

Drift method. Variations in the Naïve method allow forecasts to increase or decrease over time, with the change over time set as the average change seen in historical data. Based on this, the drift method during $T + h$ can be expressed as:

$$\hat{y}_{t+h|T} = y_T + \frac{h}{T-1}\sum_{t=2}^{T}(y_t - y_{t-1}) = y_T + h\left(\frac{y_T - y_1}{T-1}\right)$$

This is equivalent to creating a predictive line between the first and last observations and extrapolating them in the future.

2.2. Time series models

ARIMA models are a popular class of models used to predict data observed over a period of time. The applied ARIMA models represent a linear combination of autoregressive models (AR) and moving average models (MA), which can be determined with three parameters (p, d, q). The first parameter p is the part of the autoregressive model (AR) that predicts the observed values using a linear combination of lag values of the variable. The self-regression model can be expressed as:

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \cdots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

where y_t is the frequency of traffic accidents in the observed time interval, c is a constant, ϕ is the autoregressive coefficient, y_{t-1} is the first lag value of the observed sequence, ε_t represents the standard error.

The second parameter (d) of the ARIMA model is series differentiation in order to convert non-stationary series into stationary series for the purpose of more accurate predictive performance. Time series differentiation can be performed using: Random walk model, Second-order differentiation, Seasonal differentiation or Unit root tests. All models were used in this paper and the value of the parameter d was taken on the basis of the best predictive performance.

The third parameter (q) of the ARIMA model represents the moving average models order q which considers the value lag in the regression errors. This model can be expressed as:

$$y_t = c + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \cdots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

where y_t is the frequency of traffic accidents in the observed time interval, c is a constant, θ is the coefficient, ε_{t-1} is the first lag value of the regression error.

Based on the presented parameters, the final ARIMA (p, d, q) model can be expressed as:

$$y_t' = c + \phi_1 y_{t-1}' + \cdots + \phi_p y_{t-p}' + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \cdots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t$$

The previous specification does not include a seasonal component that may play a significant role in traffic accident modeling. ARIMA models can also be determined through a seasonal structure. In this case, the model specification consists of two sets of parameters: (p, d, q) as described above and (P, D, Q) m parameters describing the seasonal components of the m period.

Once the order and value of the model parameters have been identified, an assessment of the model coefficients is performed. The maximum reliability method was applied when estimating the coefficients of the ARIMA model. This method analyzes the values of parameters that maximize the probability of obtaining data. Model selection was performed using Akaike's Information Criterion (AIC) and Bayesian information criterion. Data analysis was performed in the R statistics program where various packages were used for data preparation, analysis and visualization of results.

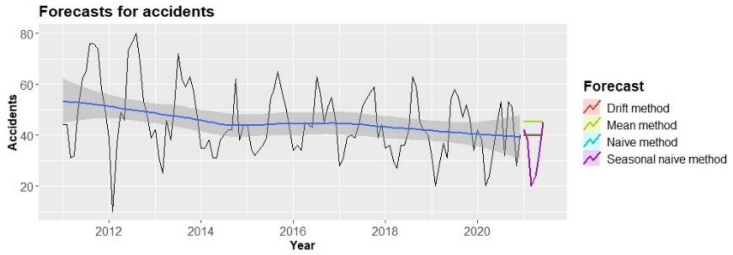
3. RESULTS

In the analyzed period (2011-2020), accidents with fatalities, accidents with injuries and the total number of accidents per month were observed. The analysis of accidents was observed by months, where due to seasonal oscillations the number at the annual level is significantly higher in: accidents with fatalities (Mean = 542; Standard Deviation = 66.32), accidents with injuries (Mean = 13.229; Standard Deviation = 728.55), as well as the total number of accidents (Mean = 36116; Standard Deviation = 2943.9).

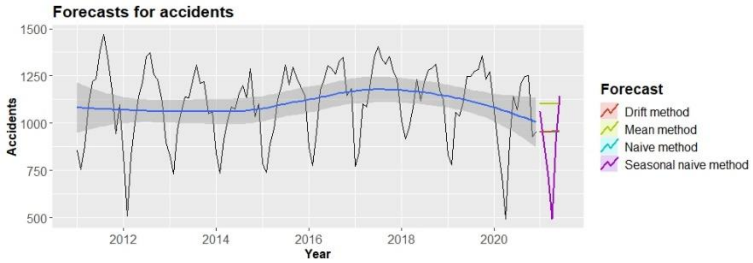
All three frequencies of traffic accidents were analyzed using non - parametric time series methods. The results of these methods are illustrated in Figure 1. Figure 1 shows simple forecasts for the next 6 months based on the observed 120 months. Due to the small data set, the commitment of the forecast period was reduced from one year to six months. Visualization of the predicted line indicates that the methods show different results. In all types of accidents, three methods (mean, drift and naive) show a straight line, which is an indicator of the central tendency of traffic accidents. The Seasonal naive method shows a slight decrease in all types and then an increase in traffic accidents.

The following procedure was used to develop the ARIMA model: (1) a plot diagram was created and all unusual observations were identified; (2) data transformation was performed as needed (using Box-Cox transformation) to stabilize data variance; (3) models of assistance of information criteria were selected; (4) residues were checked using an ACF plot; (5) the accident forecast was calculated and visualized.

a) Fatalities accidents



b) Injuries accidents



c) All accidents

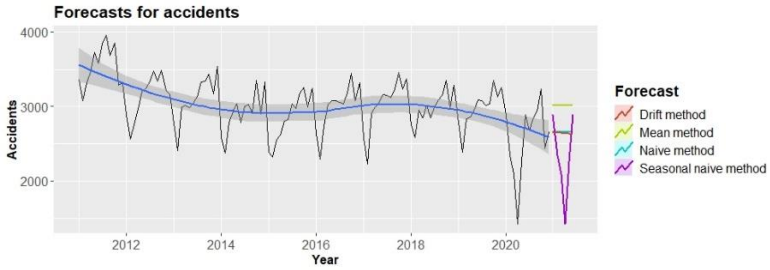


Figure 1. Accident forecast results by months (2011-2020)

One way to determine more objectively whether differentiation is needed is to use the Unit Root Test. The Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) test is used in this analysis (Kwiatkowski et al., 1992). The results showed that it is necessary to differentiate the series of accidents with fatalities (p = 0.0148) and the total number of accidents (p = 0.0179). After this test, models were developed and their results are shown in Table 1.

Table 1 contains the results of the ARIMA model when the data are viewed as non-seasonal and seasonal. A total of six models were developed, where, based on information criteria, decisions were made on the models that best predict accidents in the observed time period. In addition, based on the information criteria, the models with the best predictive performance of autoregressive models were highlighted. The results showed that Seasonal ARIMA models most closely fit the observed data.

The results of the fatalities accident forecast showed that the ARIMA (1,0,3) (0,1,1) [12] model best fits the data. The time plot of this type of accident shows seasonal variations during the analyzed period, which also lead to a change in variance.

Table 1. Results of the ARIMA accident model by months (2011-2020)

Coefficients:	Fatalities accidents		Injuries accidents		All accidents	
	Non-seasonal	Seasonal	Non-seasonal	Seasonal	Non-seasonal	Seasonal
ar1	0.2999	0.2232	1.2134	0.5785	1.3241	0.6974
ar2	-0.1365		-0.4749		-0.3574	
ar3	0.2928		0.0806		-0.2712	
ar4	-0.3196		-0.2312			
ar5	-0.1565		-0.5065			
ar6	-0.4076					
ma1	-0.8129	0.2850	-0.5065		-1.7851	
ma2		0.4765			0.8658	
ma3		-0.8310				
mean			1103.54			
drift					-10.466	-7.5789
sma1				-0.5920		-0.4496
log-likelihood	-410.92	-385.53	-742.34	-647.2	-836.45	-722.5
AIC	837.84	783.05	1498.68	1300.4	1686.9	1452.99
AICc	839.15	783.89	1499.68	1300.64	1687.91	1453.38
BIC	860.07	799.15	1518.19	1308.4	1706.36	1463.72

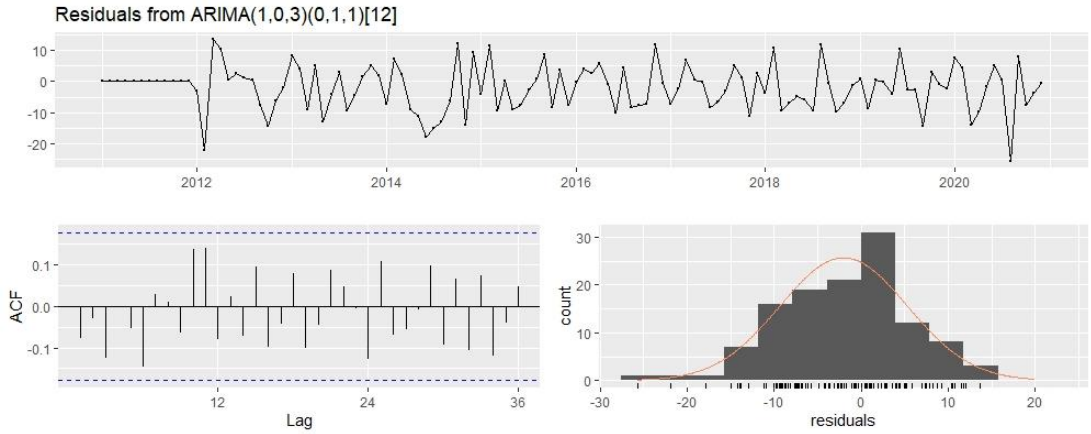


Figure 2. Residual analysis of the ARIMA model (1,0,3) (0,1,1) [12] for fatal accidents

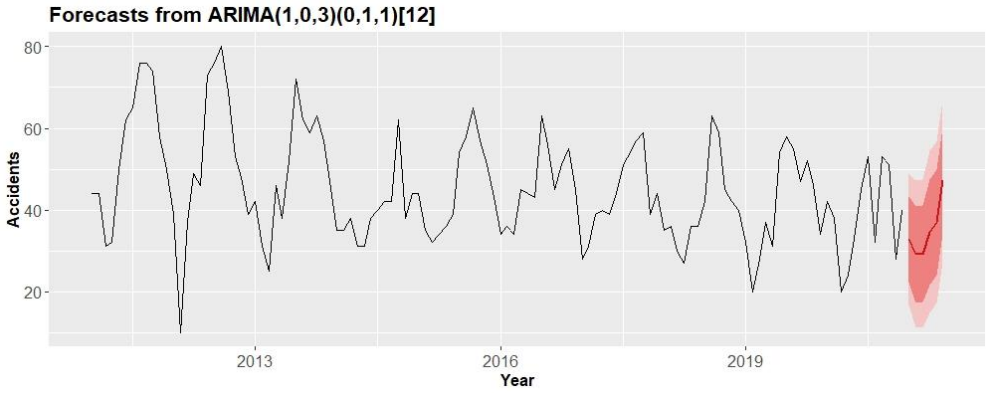


Figure 3. Predicted number of accidents with fatalities in the next 6 months

After model development, the autocorrelation between the residues was tested using the Ljung-Box test and the ACF plot (Fig. 2). The results indicated that autocorrelation was not present (Q * = 23.005, df = 19, p-value = 0.2371). The forecast of forecasted accidents in the next 6 months of the analyzed period is shown in Figure 3. Figure 3 shows the forecasted increase in accidents with fatalities in the months leading up to the summer time period.

Injury accident forecasting was performed with the seasonal ARIMA model, whose specification is (1,0,0) (1,1,0) [12]. Accidents with injuries are different in time than accidents with deaths. The residual analysis of this model is shown in Figure 4. The ACF plot shows that the residues fit with 95% confidence. This is also proven by the Ljung-Box test (Q * = 12.804, df = 22, p-value = 0.9385). Figure 5 shows the projected monthly values of accidents with injuries in the next 6 months. Based on the predicted line, oscillations were observed at the beginning of the period and then a growth trend was observed.

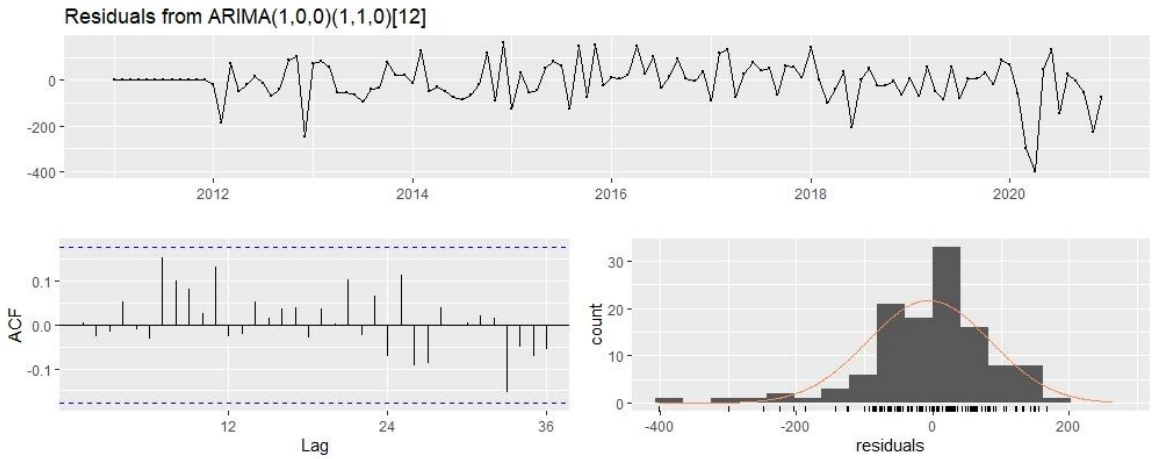


Figure 4. Residual analysis for model ARIMA (1,0,0) (1,1,0) [12] for accidents with injuries

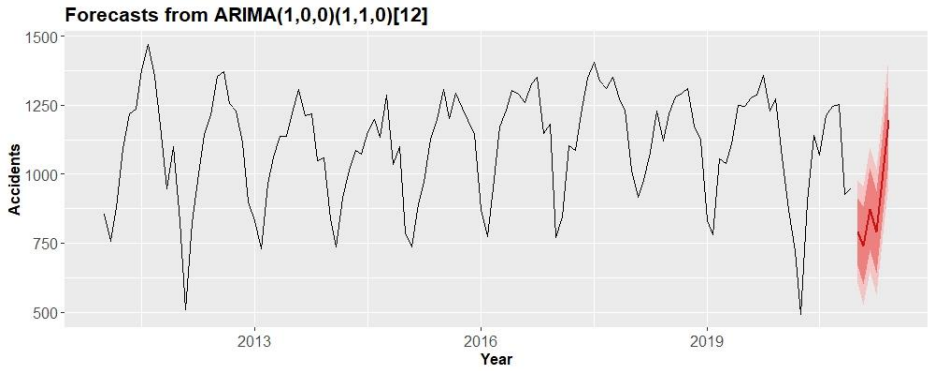


Figure 5. Forecast of accidents with predictions in the next 6 months

The total number of accidents contains oscillations in the analyzed period. There is often a growth trend in the first six months of the year, however in the second half of the year, these seasonal variations were also proven by the seasonal ARIMA (1,0,0) (0,1,1) [12] model. This model has better predictive performance than the non-seasonal ARIMA model. After development on the selection of the model with the best performance, the residues were tested (Figure 6). From the figure it can be seen that the residues follow the white noise so that the model is suitable for predicting accidents. This is also confirmed by the Ljung-Box test (Q * = 19.045, df = 21, p-value = 0.5823). The forecast for the next six months of the total number of accidents is shown in Figure 7. The initial period of estimated accidents tends to decline slightly, however, the continuation of the period records a constant increase.

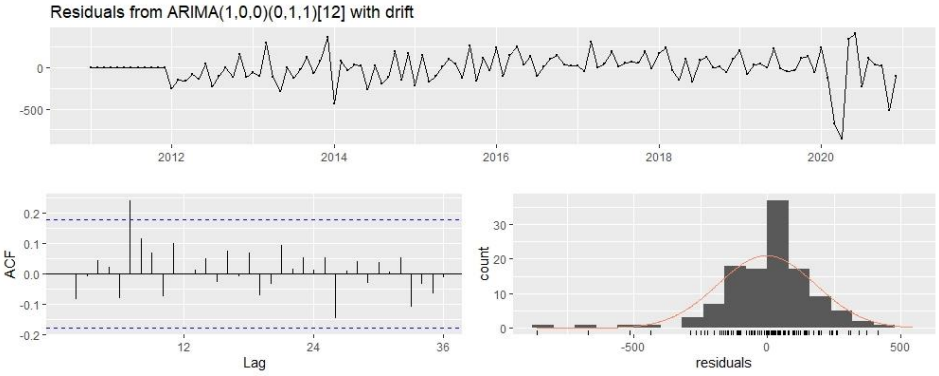


Figure 6. Residue analysis of ARIMA (1,0,0) (0,1,1) [12] models for the total number of accidents

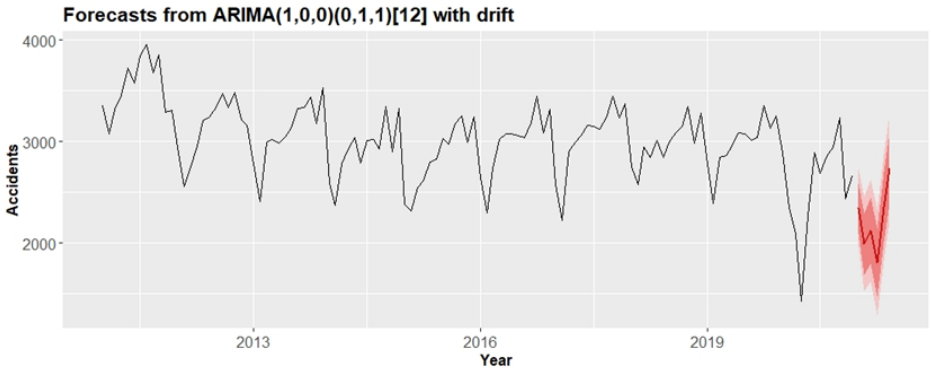


Figure 7. Forecast of the total number of accidents in the next 6 months.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

In this study, weather forecasting of traffic accidents by weather methods and autoregressive models is presented. The analysis includes accidents with fatalities, accidents with injuries, as well as the total number of accidents in the territory of the Republic of Serbia in the ten-year period (2011-2020). In the first part, the methods of time series were applied, which enabled the forecast of accidents by means of measures of central tendency. On the other hand, ARIMA models for non-seasonal and seasonal data have been developed.

The time series of the frequency of traffic accidents by months represents a non-stationary time series whose properties depend on the observed time period, ie the month. This proves the presence of trends and seasonalities that affect the predicted accident frequencies in different time periods. Differentiation is one of the ways to make non-stationary time series stationary - calculating the differences between successive observations. Transformations such as logarithms can help stabilize time series variance. Differentiation can help stabilize the time series mean by removing changes at the time series level, and thus removing (or reducing) the trend and seasonality. The seasonality of accidents is often associated with a number of factors such as traffic characteristics, infrastructural characteristics, environmental characteristics, behavior of traffic participants, weather conditions, etc. (Lavrenz et al., 2018).

The time series methods applied to accidents are based on central tendency measures and most of them allow accident forecasting based on the estimated mean. Based on these methods, it was concluded that the seasonal naive method best describes the seasonal structure. However, all of these methods are based on observations from a previous time entity and often show the same values as the distribution of accidents during 2020. In order to examine the results in more detail, ARIMA models have been applied, which are the most represented in the literature so far (Al-Ghamdi, 1999; Quddus, 2008; Avuglah et al., 2014).

In addition to methods, ARIMA models for non-seasonal and seasonal data have been developed in order to forecast accidents as reliably as possible. In the case of accidents with fatalities, accidents with injuries, as well as in the total number of traffic accidents, the seasonal ARIMA model (SARIMA) has the best performance. This confirms the previous facts about the presence of seasonal variations that are present in the analysis of the frequency of traffic accidents. Models with a 95% confidence interval predict traffic accidents in the next six months. In order for the forecast to be reliable, a semi-annual period is taken. In all types of accidents, there is an increasing trend of traffic accidents, which tends to peak in the summer months. This is justified by the fact of the presence of such a trend in previous years.

The results of this research are useful for the application of these models in traffic safety research. They enable monitoring of the state of the traffic safety system and forecasting the expected number of accidents by certain weather entities. In addition to the analysis of accidents in time entities, ARIMA models in traffic safety can have a wide field of application such as determining the influencing weather factors, testing and monitoring traffic safety indicators, monitoring the behavior of traffic participants in real and experimental conditions, modeling traffic flows and their connection with traffic accidents, analysis of vehicle movements and their performance.

On the other hand, the results of this research provide significant information on the forecast of road accidents in Serbia by months. This information is useful to all subjects in traffic safety that enable efficient management of traffic safety with the aim of reducing traffic accidents. Measures that can be proposed from these results relate to the consideration and adoption of strategic documents, the availability of funds intended for traffic safety, organizing campaigns and education in the months in which the trends of accidents are recorded, as well as encouraging repressive measures during the summer.

The limitations of this study relate to the unavailability of data on exposure measures in the analyzed time period. In addition to these measures, there is a lack of data on changes in traffic conditions in time units of less than one year. Advanced technologies tend to address these shortcomings, which can provide better quality analyzes with a higher level of reliability in the future. Future research should focus on smaller time units and cover different types of accidents as well as a wider range of factors that affect accidents in certain time entities.

5. REFERENCES

Al-Ghamdi, A. S. (1995). Time series forecasts for traffic accidents, injuries, and fatalities in Saudi Arabia. Journal of King Saud University-Engineering Sciences, 7(2), 199-217.

Avuglah, R. K., Adu-Poku, K. A., & Harris, E. (2014). Application of ARIMA models to road traffic accident cases in Ghana. International journal of statistics and applications, 4(5), 233-239.

Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). Time series analysis: forecasting and control. John Wiley & Sons.

Feng, M., Wang, X., & Quddus, M. (2020). Developing multivariate time series models to examine the interrelations between police enforcement, traffic violations, and traffic crashes. Analytic methods in accident research, 28, 100139.

Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. Journal of econometrics, 54(1-3), 159-178.

Lavrenz, S. M., Vlahogianni, E. I., Gkritza, K., & Ke, Y. (2018). Time series modeling in traffic safety research. Accident Analysis & Prevention, 117, 368-380.

Lord, D., & Mannering, F. (2010). The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. Transportation research part A: policy and practice, 44(5), 291-305.

McLeod, A. I., & Vingilis, E. R. (2008). Power computations in time series analyses for traffic safety interventions. Accident Analysis & Prevention, 40(3), 1244-1248.

Pljakić, M., Jovanović, D., Matović, B., & Mićić, S. (2019). Macro-level accident modeling in Novi Sad: A spatial regression approach. Accident Analysis & Prevention, 132, 105259.

Quddus, M. A. (2008). Time series count data models: an empirical application to traffic accidents. Accident Analysis & Prevention, 40(5), 1732-1741.

Savolainen, P. T., Mannering, F. L., Lord, D., & Quddus, M. A. (2011). The statistical analysis of highway crash-injury severities: a review and assessment of methodological alternatives. Accident Analysis & Prevention, 43(5), 1666-1676.

Siddiqui, C., Abdel-Aty, M., & Choi, K. (2012). Macroscopic spatial analysis of pedestrian and bicycle crashes. Accident Analysis & Prevention, 45, 382-391.

World Health Organization. (2018). Global status report on road safety 2018: summary (No. WHO/NMH/NVI/18.20). World Health Organization.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ANALYSIS OF PEDESTRIANS' ATTITUDES ABOUT THE LEVEL OF SERVICE AT THE PEDESTRIAN CROSSING IN THE AREA OF THE INTERSECTION WITH A DEFINED EXCLUSIVE PEDESTRIAN PHASE

ISPITIVANJE STAVOVA PEŠAKA O NIVOU USLUGE NA PEŠAČKOM PRELAZU, U ZONI RASKRSNICE SA DEFINISANOM EKSKLUZIVNOM PEŠAČKOM FAZOM

Boris Antić[a], Mladen Kovač[a], Dalibor Pešić[a], Jelena Divac[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, b.antic@sf.bg.ac.rs, mladenkovac94@gmail.com, d.pesic@sf.bg.ac.rs, jelena.jecy.divac@gmail.com*

Abstract: *: In the period from 2010 to 2019, in the city of Belgrade, 452 pedestrians were killed, which is a percentage of 41.2% of all deaths in traffic accidents, observed for the same period. However, new approaches to assessing the state of road safety, in addition to data on traffic accidents, increasingly use indirect indicators of traffic safety,, which more comprehensively defines the influential factors of pedestrian casualties. Surveys of pedestrian attitudes, regarding the application of the exclusive pedestrian phase in the world, have shown that pedestrians believe that this measure is effective in order to increase pedestrian safety. However, the observance of the new mode of operation of light signals by pedestrians also depends on the understanding and acceptance of pedestrians to use the phase provided for pedestrians. In this regard, the implementation of the exclusive pedestrian phase in Toronto (Canada) is followed by the placement of posters, the presence of the police, media campaigns and other activities to inform traffic participants. In order to examine the attitudes of pedestrians, a survey scientific method was used. The paper will present an analysis of pedestrians' attitudes about understanding the functioning of the pedestrian crossing in Belgrade, with a defined exclusive pedestrian phase, but also attitudes regarding the impact on road safety and efficiency (time losses) of this solution. The results presented in the paper should enable the definition of the necessary guidelines in order to implement campaigns and ways of informing traffic participants, especially pedestrians, on the implementation of future pedestrian crossings with a defined exclusive pedestrian phase.*

Key words: *Diagonal pedestrina crossing, pedestrian safety, Belgrade*

Apstrakt: *U periodu od 2010. do 2019. godine, u gradu Beogradu, poginulo je 452 pešaka, što procentualno čini 41,2% svih poginulih u saobraćajnim nezgodama, za taj period. Ipak, novi pristupi sagledavanja stanja bezbednosti saobraćaja, u sve većoj meri, osim podataka o saobraćajnim nezgodama, koriste indirektne pokazatelje bezbednosti saobraćaja, čime se sveobuhvatnije definišu uticajni faktori stradanja pešaka. Istraživanja stavova pešaka, u vezi sa primenom ekskluzivne pešačke faze u svetu, pokazala su da pešaci smatraju da je ova mera efikasna u cilju povećanja bezbednosti pešaka. Međutim, poštovanje novog režima rada svetlosnih signala, od strane pešaka, zavisi i od razumevanja i prihvatanja pešaka da za kretanje preko kolovoza koriste fazu koja je predviđena pešacima. S tim u vezi, imlementacija ekskluzivne pešačke faze u Torontu (Kanada), praćena je postavljanjem plakata, prisustvom policije, medijskim kampanjama i drugim aktivnostima informisanja učesnika u saobraćaju. U cilju ispitivanja stavova pešaka korišćen je anketni naučni metod. U radu će biti prikazana analiza stavova pešaka o razumevanju načina funkcionisanja semaforizovanog pešačkog prelaza u Beogradu, sa definisanom ekskluzivnom pešačkom fazom, ali i stavova u vezi sa uticajem na bezbednost i efikasnost (vremenske gubitke) ovog rešenja. Rezultati prikazani u radu treba da omoguće definisanje neophodnih smernica u cilju sprovođenja kampanja i načina informisanja učesnika u saobraćaju, a pre svega pešaka, na implementaciji budućih pešačkih prelaza sa definisanom ekskluzivnom pešačkom fazom.*

Ključne riječi: *Dijagonalni pešački prelaz, Bezbednost pešaka, Beograd*

1. UVOD

Tokom 2019. godine, u SAD poginulo je 6205 pešaka, što je činilo 17,2% ukupnog broja poginulih lica u saobraćajnim nezgodama (NHTSA, 2020). Na svetskom nivou taj procenat je oko 22% (WHO, 2015). U prethodnom desetogodišnjem periodu, na teritoriji Republike Srbije, smrtno je stradalo 1494 pešaka, odnosno svaki četvrti poginuli u saobraćajnim nezgodama bio je pešak. Na teritoriji grada Beograda procentualno učešće je veće, odnosno 40,3% od ukupnog broja poginulih i 37,3% od ukupnog broja teško telesno povređenih, za isti period (Kovač, 2021). Sa druge strane, i ispitivanje stavova, kojim su se bavili Antić et al. (2021) pokazalo je da učesnici u saobraćaju, na teritoriji grada Beograda, smatraju pešačenje manje bezbednim načinom kretanja u odnosu na svojstvo vozača, a i svojstvo putnika u putničkom vozilu.

Prethodno izneti podaci ukazuju da pešaci predstavljaju posebno ranjivu kategoriju učesnika u saobraćaju. Uzrok takve ranjivosti dovodi se u vezu sa direktnim kontaktom tela pešaka sa karoserijom vozila, u slučaju sudara sa pešakom. Ipak, neka svetska iskustva su pokazala da je moguće stvoriti takvo saobraćajno okruženje u kom neće biti poginulih pešaka, kao što je to bio slučaj sa gradovima Oslo i Helsinki, u 2019. godini (ETSC, 2020).

Primena različitih upravljačkih mera omogućava unapređenje bezbednosti pešaka. Jedna od takvih mera je i ekskluzivna pešačka faza, koja obezbeđuje da nijedno vozilo ne može, na propisan način, stupiti, niti se kretati površinom, kojom se u to vreme kreću pešaci. Kretanje preko pešačkih prelaza, u zoni raskrsnice, omogućeno je definisanjem posebne faze u radu svetlosnih signala. Često se, zbog načina obeležavanja, ova mera naziva i "dijagonalni pešački prelaz" ili "X pešački prelaz".

Prvi takav pešački prelaz u Srbiji, implementiran je u Beogradu (koordinate: 44.815685, 20.462310) u decembru 2020. godine. Promeni režima rada na raskrsnici Dečanske i Makedonske ulice, prethodila je Ekspertiza, koju je za potrebe grada Beograda uradio Saobraćajni fakultet u Beogradu. Jedna od važnih napomena, navedena u Ekspertizi, je neophodnost sprovođenja medijskih kampanja, pravilnog informisanja i isticanja pogodnosti, kako bi se uticalo na prihvatanje novog režima rada od strane pešaka, ali i drugih učesnika u saobraćaju. Osim toga, autori Antić et al. (2021) su dali detaljan pregled svetskih iskustava koja se odnose na primenu ekskluzivne pešačke faze.

Autori su obuhvatili istraživanja u vezi sa uticajem ove mere na bezbednost pešaka, ali i na efikasnost, u pogledu vremenskih zadržavanja i moguće pojave zagušenja. Na taj način naveli su najznačajnije kriterijume primene, prednosti i nedostatke ove mere, o kojima je važno voditi računa prilikom implementacije u našim uslovima. Svakako, mnoga istraživanja su potvrdila pozitivan uticaj ove mere na bezbednost pešaka (Zaidel and Hocherman, 1987; Garden, 1989; Bechtel, 2004; Yang et al., 2005) iz razloga potpunog isključivanja saobraćajnih konflikata, tipa vozilo-pešak. U cilju istraživanja uticaja na bezbednost saobraćaja, autori su najčešće koristili konfliktnu tehniku, kao pogodnu metodu za definisanje stanja bezbednosti saobraćaja pre i posle primene ekskluzivne pešačke faze. Sa druge strane, jedan od nedostataka efikasne primene ekskluzivne pešačke faze predstavlja nepoštovanje propisa, odnosno prelazak kolovoza od strane pešaka, za vreme trajanja crvenog signalnog pojma (Bachtel et al, 2003). Razlog tome može biti produženo vreme čekanja na pojavu zelenog signalnog pojma, s obzirom da pešaci gube strpljenje i započinju prelazak na nepropisan način. Ipak, određen procenat prekršilaca prelazi kolovoz na „bezbedan bočni prelaz", paralelno sa vozilima, što je u vezi sa navikama pešaka na standardnim, konvencionalnim pešačkim prelazima.

Kattan et al. (2009) su se u svom radu bavili istraživanje stavova, pri čemu su došli do rezultata da 79% ispitanika smatra da je primena ekskluzivne pešačke faze doprinela unapređenju bezbednosti pešaka. Kada je u pitanju način primene pešačke faze, isti istraživači su naveli da 37% ispitanika smatra da je potrebno ovu fazu primeniti u kontinuitetu (svakodnevno, bez prekida danju i noću), dok 28% prepoznaje efekte samo tokom vršnog perioda. Slično, 22% smatra da taj period treba da bude od 7 do 18 časova radnim danima, a preostali (13%) period od 7 do 19 časova, uključujući i dane vikenda. Samoprijavljeno ponašanje pešaka, u istraživanju autora Kattan et al. (2009), pokazalo je da 73% pešaka često prelazi kolovoz dijagonalno, u zoni raskrsnice sa definisanom ekskluzivnom pešačkom fazom.

Cilj ovog rada je da se ispitaju stavovi, odnosno da se oceni percepcija učesnika u saobraćaju, a naročito pešaka, o postignutim efektima primene ekskluzivne pešačke faze.

2. METODE

U cilju ispitivanja stavova ispitanika, o primeni ekskluzivne pešačke faze, korišćen je anketni naučni metod. Anketni upitnik sadržao je 10 pitanja, sa ukupno 19 promenljivih. Prema mogućnosti odgovora korišćena su pitanja zatvorenog tipa i poluzatvorenog tipa. Kako bi se utvrdio stepen slaganja ispitanika sa ponuđenim tvrdnjama ili učestalost činjenja navedene radnje, korišćena je Likertova skala. Prilikom formiranja pitanja korišćena su osnovna pravila, koja se odnose na to da pitanja budu razumljiva, nedvosmislena i nesugestivna.

Deo pitanja se oslanja na slična istraživanja u svetu, pre svega autora Kattan et al. (2009), prilagođena ovoj analizi. Prikupljanje podataka zbog bezbednosti istraživača, a u vezi sa merama protiv širenja virusa COVID-19, odnosno nemogućnosti fizičkog anketiranja većeg broja ispitanika, sprovedena su putem onlajn aplikacije *Google upitnici*. Period u kom su podaci prikupljeni je maj i jun 2021. godine. Anketni upitnik je popunilo 175 ispitanika, pri čemu je 147 ispitanika makar jednom prelazilo kolovoz u zoni predmetne raskrsnice. Prikupljeni podaci su analizirani u programskom paketu Microsoft Office Excel.

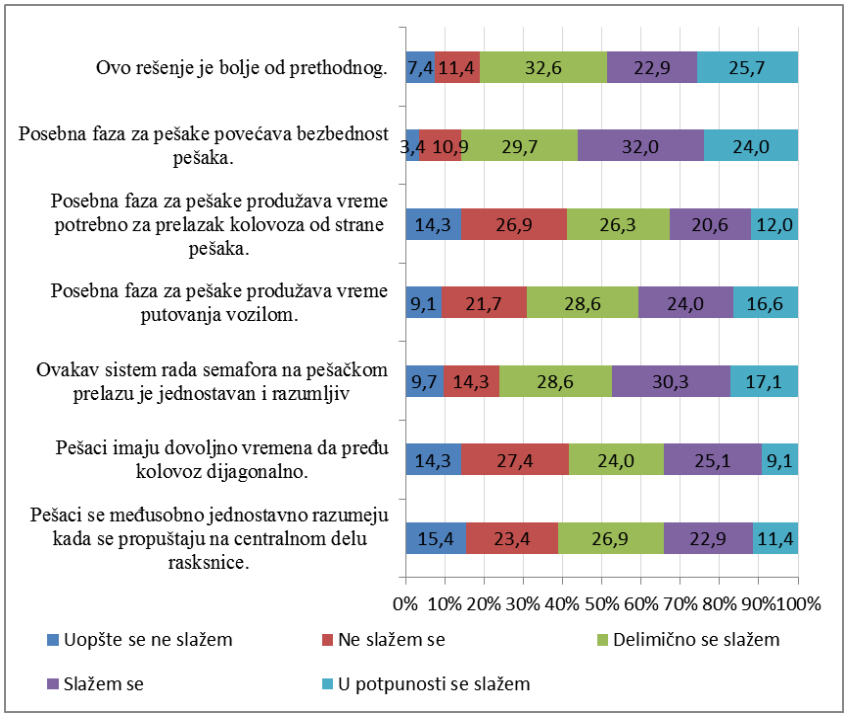
Određeno ograničenje, u sprovođenja predmetnog istraživanja, odnosi se na pojavu društveno prihvatljivih odgovora.

3. REZULTATI

Od ukupnog broja ispitanika njih 69,1% je ženskog pola. Kada je u pitanju starosna struktura ispitanika, najveći procenat ispitanika (69,7%) pripada starosnoj grupi od 19 do 25 godina, zatim 21,7% starosnoj grupi od 26 do 45 godina, 7,4% starosnoj grupi od 46 do 65 godina, dok su preostali ispitanici mlađi od 18 godina. Među ispitanicima nije bilo starijih od 65 godina. Kada je u pitanju iskustvo, u pogledu prelaska dijagonalno obeleženih pešačkih prelaza, tek 9,1% ispitanika je imalo priliku da se susretne sa takvim tipom rešenja, u drugim gradovima.

Društvene mreže su najzastupljeniji odgovor (65,1%), u pogledu načina na koji su ispitanici imali priliku da saznaju za pešački prelaz sa definisanom ekskluzivnom pešačkom fazom, kod Doma omladine Beograda. Informisanjem na televiziji ili radiju – 13,1% ispitanika, zatim lično, kada su prvi put prelazili kolovoz na pomenutoj lokaciji – 11,4%, informisanjem od prijatelja i poznanika – 8,0% i na neki drugi način se informisalo 2,3% ispitanika.

Prilikom prelaska kolovoza u zoni raskrnice, dijagonalno obeleženi pešački prelaz koristi 10,9% pešaka, svaki put kada prelazi kolovoza, zatim 27,2% često i 49,7% povremeno, dok 12,2% pešaka nikad ne prelazi kolovoz dijagonalno. Samoprijavljenim ponašanjem, utvrđeno je da 78,2% pešaka nikad ne prelazi kolovoz u zoni predmetne raskrsnice na crveni signalni pojam, dok 18,4% to čini povremeno i 3,4% često.



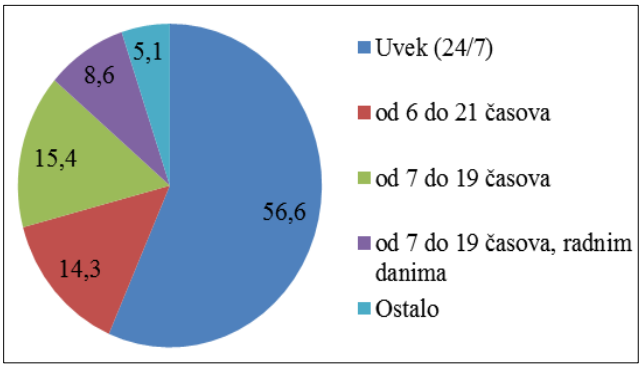
Dijagram 1: Procentualna raspodela u zavisnosti od stepena slaganja ispitanika sa datom tvrdnjom

Više od polovine ispitanika (56%) se slaže ili se u potpunosti slaže da primena ekskluzivne pešačke faze utiče na povećanje bezbednosti pešaka, dok se još 32,6% delimično slaže sa datom tvrdnjom. Skoro svaki četvrti ispitanik (24%) smatra ovakav sistem rada svetlosnih signala nerazumljivim, dok 38,8% prepoznaje problem međusobnog nerazumevanja pešaka na centralnom delu pešačkog prelaza (Dijagram 1).

Istraživanjem stavova u pogledu vremenskog perioda u toku dana i sedmice, u kom bi ekskluzivna pešačka faza dala najveće efekte, utvrđeno je da 56,6% ispitanika smatra da bi taj period trebao da bude bez prekida, odnosno "24/7". Sa druge strane, 15,4% je mišljenja da je posebnu pešačku fazu potrebno primeniti samo u periodu od 6 do 21, zatim 14,3% u period od 7 do 19 časova i 8,6% u periodu od 7 do 19 časova (radnim

danima). Zbog mogućnosti slobodnog upisivanja odgovora, preostalih 5,1% se odnosi na pojedinačno određene periode i na odgovor „nikad“ (Dijagram 2).

Pri proceni nivoa bezbednosti pešaka u zoni raskrsnice, korišćena je skala sa vrednostima od 1 do 10, pri čemu je vrednost 1 – veoma nebezbedno, a 10 – veoma bezbedno. Za proračun srednje vrednosti korišćeni su odgovori ispitanika koji su makar jednom prešli kolovoz na predmetnoj raksnici (njih 147) i utvrđena je vrednost od 7,1 kao ocena bezbednosti.



Dijagram 2: Odgovor ispitanika u vezi sa definisanjem vremenskog perioda u kom, po njihovom mišljenju, treba da bude operativan ovakav sistem rada svetlosnih signala

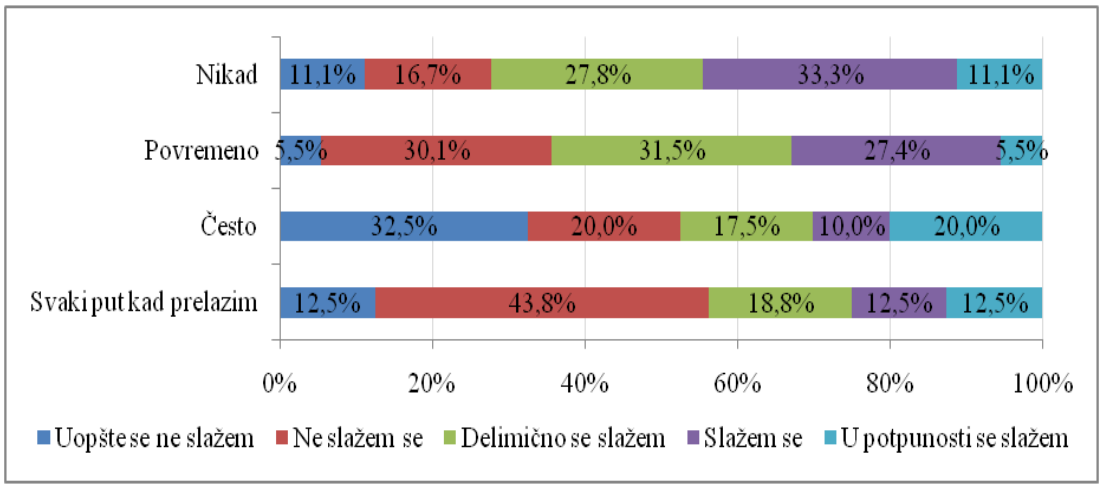


Slika 1: Autobus pri levom skretanju blokira raskrsnicu i ometa prelazak pešaka, za vreme trajanja ekskluzivne pešačke faze (Kovač, 2020)

Kada je u pitanju prepoznavanje nedostataka pešačkog prelaza sa definisanom ekskluzivnom pešačkom fazom, ispitanici su imali mogućnost označavanja (“čekiranja”) većeg broja odgovora. Ukupan broj tako prepoznatih nedostataka je pet i grupa nedostataka “ostalo”. Navedeni nedostaci su prepoznati ukupno 303 puta. Procentualna zastupljenost istih je sledeća: predugo čekanje na pojavu zelenog signalnog pojma za pešake - 23,2%; zadržavanje vozila u zoni raskrsnice kada pešaci prelaze kolovoz – 22,6% (Primer- slika 1); nedovoljno trajanje pešačke faze – 16,8%; produženo vreme putovanja vozilima 14,9%; nejasan sistem rada – 13,7% i četiri ostala nedostatka. Od ukupnog broja ispitanika njih 7,6% smatra da predmetni pešački prelaz nema nedostatke.

Ispitanici koji su imali priliku da vide ovakav način definisanja pešačke faze, u nekom drugom gradu, u većoj meri prepoznaju doprinos unapređenja bezbednosti pešaka. Naime, među tim ispitanicima je 75% onih koji se slažu ili se u potpunosti slažu da mera ekskluzivne pešačke faze doprinosi unapređenju bezbednosti pešaka, dok je taj procenat u grupi ispitanika koji nisu imali ranijih iskustava sa ovom merom manji, i iznosi 52,8%.

Kada su u pitanju ispitanici koji često ili svaki put prelaze dijagonalno, oni u većoj meri smatraju da se pešaci na centralnom delu jednostavno razumeju pri međusobnom propuštanju, u odnosu na ispitanike koji nikad ili povremeno prelaze dijagonalno. Takođe, 56,3% ispitanika koji svaki put prelaze dijagonalno se ne slažu i uopšte se ne slažu da ekskluzivna pešačka faza produžava vreme potrebno za prelazak kolovoza od strane pešaka. Smanjenjem učestalosti prelaska dijagonalno obeleženim pešačkim prelazom, raste procentalno učešće ispitanika koji smatraju da će potrebno vreme, ipak, biti produženo (Dijagram 3).



Dijagram 3: Stepen slaganja ispitanika sa tvrdnjom da ekskluzivna pešačka faza produžava vreme potrebno za prelazak kolovoza od strane pešaka u odnosu na učestalost prelaska kolovoza dijagonalno obeleženim pešačkim prelazom

Definisano vreme trajanja zelenog signalnog pojma za pešake predstavlja dovoljno vreme za prelazak kolovoza dijagonalno, odnosno sa tom tvrdnjom se slaže ili se u potpunosti slaže 56,3% ispitanika koji svaki put prelazi dijagonalno. Sa druge strane, 27,8% onih koji nikad ne prelaze dijagonalno i 35,6% koji to čine povremeno, imaju osećaj nedovoljnog vremena za prelazak kolovoza dijagonalno.

Kada je u pitanju stav ispitanika o promeni saobraćajnih okolnosti, na predmetnoj raskrsnici, njih 45,6% koji su se prvi put informisali o postojanju ovog pešačkog prelaza na društvenim mrežama se slaže ili se u potpunosti slaže da je ovo bolje rešenje od prethodnog. Kada je u pitanju informisanje televizijskim i radio programom, taj procenat je 47,8%, odnosno 56,1% preko prijatelja i poznanika, 65% u slučaju ispitanika koji su prvi put videli ovaj sistem rada svetlosnih signala kod Doma omladine Beograda, lično.

Od ispitanika koji nikad ne prelaze kolovoz na crveni signalni pojam, na predmetnoj raskrsnici, njih 31,3% se slaže ili se u potpunosti slaže sa tvrdnjom da ekskluzivna pešačka faza produžava vreme za prelazak kolovoza od strane pešaka. Nešto veći procenat (33,3%) je kod ispitanika koji čine prekršaj povremeno, dok je 60% kod ispitanika koji često prelaze na crveni signalni pojam.

4. DISKUSIJA

Stavovi učesnika u saobraćaju su prepoznati kao značajan pokazatelj bezbednosti saobraćaja. Shvatajući njihov značaj, važno je sprovoditi istraživanja i kvantitativno ih ocenjivati, kako bi prepoznali moguće pravce delovanja, mogućnosti rešavanja uočenih problema i pratili promene istih. Sprovodenim istraživanjem je utvrđeno da ispitanici prepoznaju unapređenje nivoa bezbednosti, primenom ekskluzivne pešačke faze, uz postojanje određenih nedostataka. Prepoznavanje nedostataka od strane učesnika u saobraćaju omogućava "učenje na greškama" od strane kreatora sistema, ali i njihovo rešavanje, pre nastanka saobraćajnih nezgoda.

Dakle, rešavanjem uočenih nedostataka, kao što je zadržavanje vozila u zoni raskrsnice kada pešaci prelaze kolovoz (slika 1) ili nejasan sistem rada, moglo bi dodatno uticati na bezbednost pešaka, na predmetnoj raskrsnici. Najčešće prepoznati nedostatak (23,2%) se odnosi na preduženo vreme čekanje na pojavu zelenog signalnog pojma za pešake, a što je moguće rešiti postavljanjem zanimljivih sadržaja na prostoru namenjenom za čekanje, što je analizirano i kroz Ekspertizu uticaja, koja je prethodila primeni ekskluzivne pešačke faze.

Od ukupnog broja ispitanika, njih 65,1% se o pešačkom prelazu kod Doma omladine Beograda, prvi put informisalo preko društvenih mreža. Ovi rezutati ukazuju na značaj prepoznavanja načina na koje će učesnici u saobraćaju biti informisani. Naročito je važno definisati jasne poruke i informacije koje se na taj način žele preneti učesnicima u saobraćaju. Kako u ovom istraživanju nije bilo ispitanika starosti 65 i više godina, potrebno je uzeti u obzir i načine informisanja ovih kategorija učesnika u saobraćaju, o značajnijim promenama režima saobraćaja, kao što je primena ekskluzivne pešačke faze. Sve prethodno navedeno je u vezi sa činjenicom da skoro četvrtina pešaka smatra da sistem rada svetlosnih signala, na predmetnoj raskrsnici, nije jednostavan i razumljiv.

Osećaj kod pešaka o nedovoljnom vremenu za prelazak kolovoza dijagonalno, može uticati na njihovo odustajanje od korišćenja dijagonalno obeleženog pešačkog prelaza. Ovo je posebno značajno za grupe pešaka starije starosne dobi i pešake sa ograničenom sposobnošću kretanja. Takođe, obezbeđivanje zaštitnog vremena dovoljnog trajanja nije od značaja za ove kategorije pešaka, jer mnogi od njih ne znaju da takav period postoji (TRL, 2006). Rezultati ovog istraživanja su pokazali da više od trećine ispitanika koji nikad ili povremeno prelaze kolovoz dijagonalno, imaju osećaj nedovoljnog trajanja zelenog signalnog pojma. Eventualno, zbog ograničenja ovog istraživanja (prikupljanje podataka *online*), koje je uticalo da ispitanici starosti 65 i više godina ne budu zastupljeni, bi imalo uticaj na povećanje ove procentuale zastupljenosti.

Rezultate istraživanje autora Kattan et al. (2009) ukazali su da 73% pešaka često prelazi kolovoz dijagonalno, dok su rezultati ovog istraživanja pokazali da 38,1% to čini svaki put ili često, odnosno 49,7% pešaka povremeno. Razlike u procentima se mogu dovesti u vezu sa uočenim nedostacima na konkretnoj lokaciji u Beogradu, ali i zbog definisanja skale "učestalosti", koju autori Kattan et al. (2009) ne navode. Sa druge strane, autori Antić et al. (2021), pozivajući se na druga strana istraživanja, su ukazali da je jedan od kriterijuma opravdanosti uvođenja ekskluzivne pešačke faze postojanje makar 15% zahteva za prelazak kolovoza dijagonalno. Istraživanja samoprijavljenog ponašanja u ovom radu ukazuju da je ovako definisana pešačka faza kod Doma omladine Beograda, bila opravdana.

U pogledu vremena primene ekskluzivne pešačke faze, veći procenat ispitanika ovog istraživanja (56,6%) smatra da je potrebno da to bude u kontinuitetu, u odnosu na vrednost 37% do koje su došli Kattan et al. (2009). Ipak, značajan je procenat (43,4%) onih koji smatraju da je potrebno definisati period u toku dana kada bi se koristila ekskluzivna faza, dok bi u ostalim periodima rad svetlosnih signalana bio "standardni". Mogući razlog postojanja procentualne razlike se može dovesti u vezu sa različitim faktorima, kao što je saobraćajno opterećenje, obim pešačkih tokova, širina kolovoza u zoni rasksnice, vreme trajanja crvenog signalnog pojma za pešake i drugo, a što nije bilo moguće posebno analizirati.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Istraživanje stavova je ukazalo da ispitanici prepoznaju postojanje unapređenja nivoa bezbednosti pešaka u zoni rasksnice sa definisanom ekskluzivnom pešačkom fazom, uz postojanje određenih nedostataka. Korigovanje rada svetlosnih signala i pravilno informisanje učesnika u saobraćaju, kroz isticanje pogodnosti ovog rešanja, moglo bi doprineti rešavanju uočenih nedostataka.

Buduća istraživanja efekata primene ekskluzivne pešačke faze kod Doma omladine Beograda, treba da uzmu u obzir i analizu ostalih pokazatelja bezbednosti saobraćaja. Pre svega analizu saobraćajnih nezgoda, saobraćajnih konflikata i indikatora bezbednosti saobraćaja koji se, pre svega, odnose na prelazak kolovoza od strane pešaka na crveni signalni pojam. Uporednom analizom pomenutih pokazatelja bezbednosti saobraćaja, može se pouzdano utvrditi promena stanja bezbednosti saobraćaja pre i posle primene ekskluzivne pešačke faze, a posebno utvrde propusti i definišu kriterijumi primene na drugim lokacijama.

6. LITERATURA

Antić, B., Pešić, D., Smailović, E., & Kovač, M. (2021). Pedestrian crossing in crossroads with exclusive pedestrian phase - world experiences. Put I Saobracaj, 67(2), 35-42. https://doi.org/10.31075/PIS.67.02.04

Antić B., Davidović J., Kovač M., (2021) Analiza stavova učesnika u saobraćaju na teritoriji grada Beograda primenom ESRA metodologije, 16. Međunarodna konferencija Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Kopaonik

Bechtel, K. A. MacLeod, E. K. Ragland, P. D. (2003), Oakland Chinatown Pedestrian Scramble: An Evaluation. UC Berkeley, Research Reports.

Bechtel A., MacLeod K., Ragland D., (2004), Pedestrian Scramble Signal in Chinatown Neighborhood of Oakland, California: An Evaluation

Kattan I., Acharjee S., Taz R., (2009), Pedestrian Scramble Operations: Pilot Study in Calgary, Alberta, Canada

Vaziri, B. (1998). Exclusive pedestrian phase for the business district signals in Beverly Hills: 10 years later. Institute of Transportation Engineers. District 6 Meeting (51st : 1998 : San Diego, CA), compendium of technical papers. Washington, D.C.: Institute of Transportation Engineers, 1998

Pedestrian safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners, World Health Organization, 2013, ISBN 978 92 4 150535 2

Zhang Y., Mamun S., Ivan J., Ravishanker N., Haque K., (2015), Safety effects of exclusive and concurrent signal phasing of pedestrian crossing

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

MICROMOBILITY AND ROAD TRAFFIC SAFETY OF VULNERABLE ROAD USERS

MIKROMOBILNOST I BEZBEDNOST RANJIVIH UČESNIKA U SAOBRAĆAJU

Dušan Mladenović[a], Krsto Lipovac[a], Jelica Davidović[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, d.mladenovic@sf.bg.ac.rs, k.lipovac@sf.bg.ac.rs, jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *According to the World Health Organization, about half of those killed on world roads are vulnerable road users, including pedestrians, cyclists, two-wheelers and their passengers. According to the OECD report, cities are more likely to be killed in a car or motorcycle accident than micro-vehicles. The aim of this paper is to present the results of the suffering of vulnerable traffic participants in Serbia and to define measures to improve traffic safety with special reference to micro-vehicles.*

Key words: *Micromobility, Road traffic safety, Micro-vehicles*

Apstrakt*: Prema Svetskoj zdravstvenoj organizaciji, oko polovine poginulih u saobraćajnim nezgodama čine ranjivi učesnici u saobraćaju, a to su pešaci, biciklisti i dvotočkaši i njihovi putnici. Prema izveštaju OECD-a veća je verovatnoća stradanja u putničkom automobilu nego u mikro-vozilu. Cilj ovog rada je da se prikažu rezultati stradanja ranjivih učesnika u saobraćaju u Srbiji i da se definišu mere za unapređenje bezbednosti saobraćaja sa posebnim osvrtom na mikro-vozila.*

Ključne riječi: *Mikromobilnost, Bezbednost saobraćaja, Mikro-vozila*

1. UVOD

Termin mikromobilnost popularizovao je Horace Dediu, američki industrijski analitičar i investitor, 2016. godine povezujući usluge deljenja bicikala, skutera i mopeda. Prema Dediu izraz „mikro“ može se odnositi na vozila koja se koriste i koja su obično manje mase od 500 kg, mogu biti zabavna na kratkim putovanjima, jeftina i pogodna. Bezbednosne performanse mikro-vozila i usluge deljene mikromobilnosti su izložene intenzivnoj medijskoj pažnji (OECD, 2020). Iste godine O'Hern et all (2020) ističu da je mikromobilnost novo saobraćajno polje, koje se odnosi na putovanja koja se obavljaju pomoću mikro-vozila. Mikro-vozila uključuju tradicionalne i nove vrste vozila od konvencionalnih bicikala i dvotočkaša na pogon, pa sve do e-bicikala i e-skutera, e-skejtbordova i hoverbordova. Autori ističu da još uvek postoji mnogo nepoznanica koje treba rešiti u istraživanjima i treba učiti iz ustaljenih režima i primeniti ih na nove tipove vozila. Takođe, ukazuju da će polje mikromobilnosti i dalje rasti podstaknuto popularnošću deljenog sadržaja.

Bezbednost drumskog saobraćaja predstavlja globalni zdravstveni problem jer svake godine oko 1,35 miliona ljudi izgubi život u saobraćaju, a oko 50 miliona bude povređeno u saobraćajnim nezgodama (WHO, 2018). Prema Svetskoj zdravstvenoj organizaciji, oko polovine poginulih u saobraćajnim nezgodama čine ranjivi učesnici u saobraćaju, a to su pešaci, biciklisti i dvotočkaši i njihovi putnici. Pored izrazitog stradanja u saobraćajnim nezgodama, izraženi su i drugi negativni efekti kao što je emisija štetnih gasova što dovodi do zagađenja životne sredine, buka, zauzimanje prostora, iscrpljivanje prirodnih resursa i dr. Gradovi na globalnom nivou suočavaju se sa negativnim uticajima putovanja automobilom i zato nastoje da se krene ka održivijem sistemu gradskog prevoza. Uvođenje i popularnost novih načina ličnog prevoza, poput e-skutera i električnih bicikala, potencijalno bi mogli ubrzati ovu tranziciju jer postaju uobičajeni i prihvaćeni u regulativnom okviru (Oeschger et all, 2020).

Prvi dokumentovani uticaji deljene mikromobilnosti se pored povećane mobilnosti, odnose i na smanjenje emisije gasova koji dovode do efekta staklene bašte, smanjenje upotrebe automobila, ekonomski razvoj i zdravstvene koristi (Shaheen et all, 2019).

Prema izveštaju OECD-a veća je verovatnoća stradanja u putničkom automobilu nego u mikro-vozilu (OECD, 2020). Cilj ovog rada je da se prikažu rezultati stradanja ranjivih učesnika u saobraćaju u Srbiji i da se definišu mere za unapređenje bezbednosti saobraćaja sa posebnim osvrtom na mikro-vozila.

2. METODE

U ovom radu izvršena je analiza saobraćajnih nezgoda i posledica sa učešćem ranjivih učesnika u saobraćaju za period prve Decenije akcija za bezbednost saobraćaja, odnosno od 2011. do 2020. godine. Izvršene su analize četiri kategorije učesnika u saobraćaju, i to:

- Analiza stradanja pešaka;
- Analiza stradanja biciklista;
- Analiza stradanja na mopedima;
- Analiza stradanja na. motociklima

Podaci su preuzeti iz Integrisane baze podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji (http://195.222.99.60/ibbsPublic/) i analizirani su:

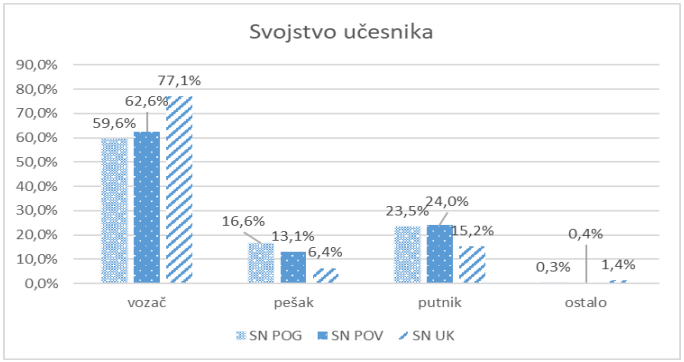
- Opšti podaci o saobraćajnim nezgodama i posledicama prema analiziranim kategorijama učesnika;
- Podaci o vremeskoj raspodeli stradanja prema analiziranim kategorijama učesnika;
- Prostorna raspodela saobraćajnih nezgoda prema analiziranim kategorijama učesnika (podaci su dostupni od 2014. godine);
- Grupe uticajnih faktora saobraćajnih nezgoda prema analiziranim kategorijama učesnika (podaci su dostupni od 2016. godine).

Analiza je izvršena grafički i opisno, a detaljni rezultati su prikazani u okviru trećeg poglavlja ovog rada.

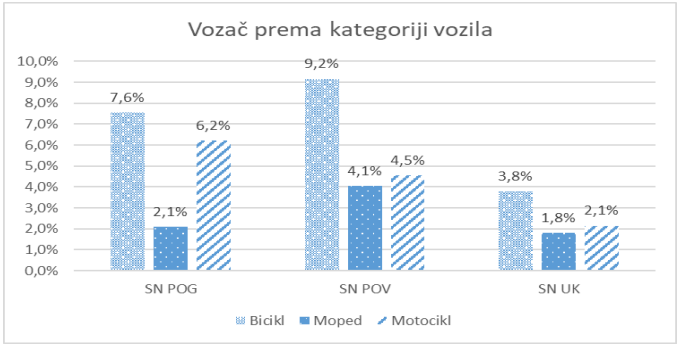
3. REZULTATI

3.1. Opšti podaci

Analizom svojstva učesnika u saobraćajnim nezgodama uočava se da najviše stradaju vozači, zatim putnici, pa pešaci (Slika 1). Daljom analizom stradanja vozača prema odabranim kategorijama vozila i to bicikla, mopeda i motocikla kao ranjivih učesnika u saobraćaju utvrđeno je da je među saobraćajnim nezgodama sa nastradalima najviše biciklista (Slika 2).



Slika 1. Raspodela saobraćajnih nezgoda prema svojstvu učesnika



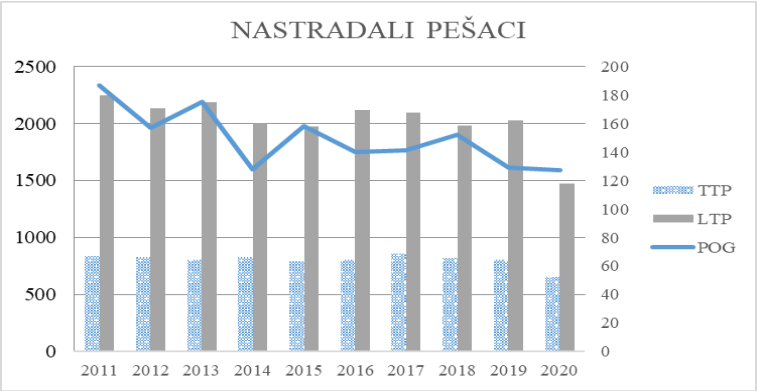
Slika 2. Raspodela saobraćajnih nezgoda u svojstvu vozača prema (odabranoj) kategoriji vozila kojim je upravljao

3.2. Analiza stradanja pešaka

Analizom saobraćajnih nezgoda sa pešacima utvrđeno je da je uspostavljen opadajući trend stradanja pešaka od 2011. do 2020. godine (Slika 3), međutim još uvek čine četvrtinu poginulih u saobraćajnim nezgodama kao i 2011. godine.

Najviše pešaka je nastradalo u decembru, 11,7% poginulo, 11,62 zadobilo teške telesne povrede i 10,74% zadobilo lake telesne povrede. Pešaci su najviše stradali petkom, 16,33% poginulih je petkom, kao i 16,06% teško i 17,59% lako povređenih. Analizom časovne raspodele nastradalih izdvaja se 18. sat sa najviše stradanja (9,3% poginulih, 8,1% teško povređenih i 7,8% lako povređenih).

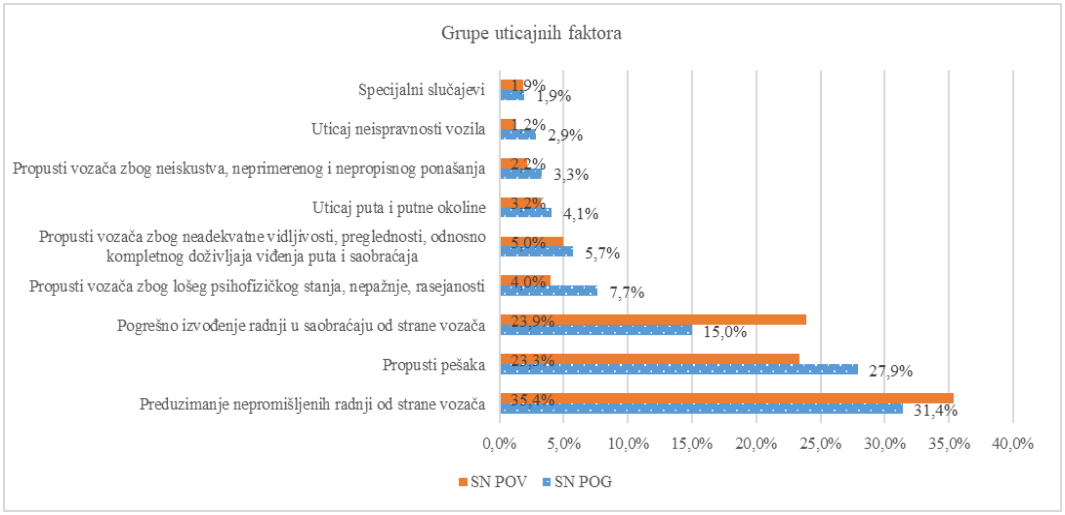
Detaljnijom analizom časovne raspodele nastradalih pešaka uočava se da su smrtna stradanja najčešća u period od 17-21 časova, teške telesne povrede od 17-19 časova, dok su lake telesne povrede izražene u dužem periodu i to od 11-19 časova.



Slika 3. Raspodela nastradalih pešaka prema težini posledica

Pešaci znatno više stradaju u naselju, nego van naselja. U period od 2014. godine 73% saobraćajnih nezgoda sa poginulim pešacima se dogodilo u naselju i 96% saobraćajnih nezgoda sa povređenima.

Saobraćajne nezgode sa pešacima najviše se događaju na ulicama višeg reda i to 31% saobraćajnih nezgoda sa poginulim i 53% saobraćajnih nezgoda sa povređenim. Analizom specifičnog mesta saobraćajne nezgode utvrđeno je da pored stradanja na pešačkom prelazu, od 2016. godine 3% saobraćajnih nezgoda sa povređenim pešacima se dogodilo u zoni škole, a 3% sa poginulim u krivini.



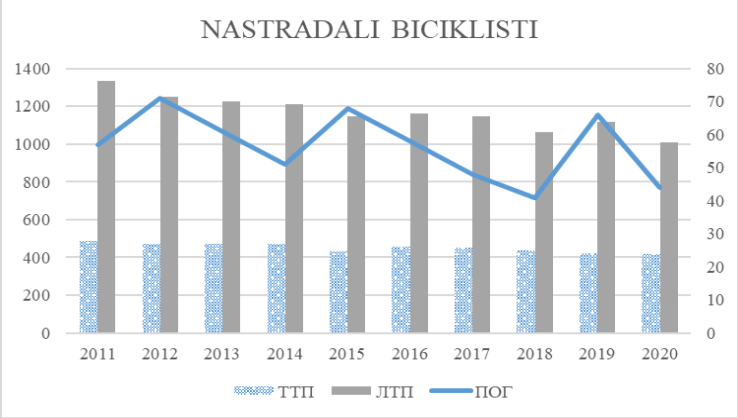
Slika 4. Grupe uticajnih faktora kod SN sa pešacima

Kao dominantne grupe uticajnih faktora u saobraćajnim nezgodama sa poginulim pešacima izdvajaju se preduzimanje nepromišljenih radnji od strane vozača (31,4%) i propusti pešaka (27,9%). Sa druge strane, u saobraćajnim nezgodama sa povređenim pored preduzimanje nepromišljenih radnji od strane vozača (35,4%) druga dominatna grupa uticajnih faktora je pogrešno izvođenje radnji u saobraćaju od strane vozača (23,9%). Učešće grupa uticajnih faktora prikazano je na slici 4.

Na osnovu analize stradanja pešaka može se zaključiti da je izražen problem bezbednosti saobraćaja pešaka u Srbiji, veliko je učešće pešaka među stradalima, a najviše stradaju u decembru, od 17 do 21 čas što je u zimskom periodu u uslovima noćne vidljivosti.

3.3. Analiza stradanja biciklista

Analizom stradanja biciklista uočava se da je došlo do smanjenja nastradalih u odnosu na 2011. godinu, međutim učešće poginulih biciklista u ukupnom broju poginulih je povećano sa 8% na 9%. Razlog za to povećenje je potrebno detaljnije ispitati, odnosno analizirati saobraćajni i dinamički – saobraćajni rizik. Uporednom analizom sa stradanjem pešaka, zaključuje se da biciklisti znatno manje stradaju od pešaka.



Slika 5. Raspodela nastradalih biciklista prema težini posledica

Biciklisti najviše smrtno stradaju u avgustu i oktobru (po 13%), teške telesne povrede zadobijaju u avgustu (13%) i julu (12%), a lake telesne povrede u avgustu (13%), junu i julu (po 12%). Dakle, biciklisti najviše stradaju u letnjim mesecima i u oktobru. Nnjviše ginu subotom (18%), a povrede zadobijaju petkom (16%). Analizom časovne raspodele utvrđeno je da biciklisti najviše smrtno stradaju u 17. satu, dok povrede zadobijaju preko dana u periodu od 10-19 časova.

Analizom prostorne raspodele saobraćajnih nezgoda sa biciklistima uočava se da je najviše saobraćajnih nezgoda sa poginulim evidentirano na ulicama nižeg reda (25%), a sa povređenima na ulicama nižeg reda (41%) i ulicama višeg reda (34%).

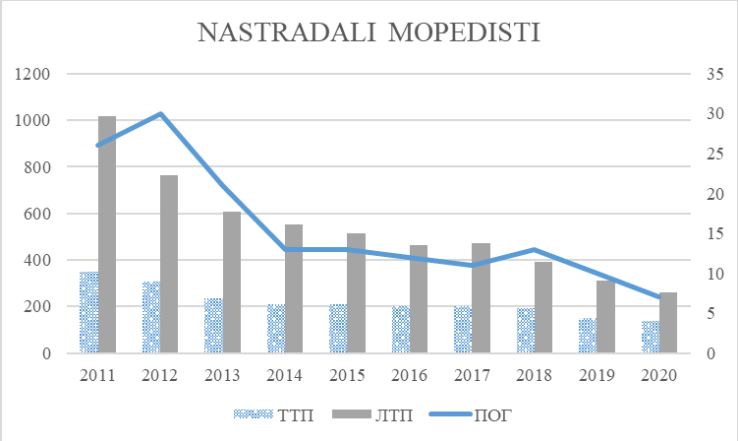
Kod saobraćajnih nezgoda sa biciklistima dominantni uticajni faktori su preduzimanje nepromišljenih radnji od strane vozača (SN POG 33%, SN POV 37%) i pogrešno izvođenje radnji u saobraćaju od strane vozača (SN POG 24% i SN POV 33%).

3.4. Analiza stradanja na mopedima

Stradanje na mopedima je značajno smanjeno u odnosu na 2011. godinu. Saobraćajni rizik smrtnog stradanja mopedista je sa 25 poginulih na 10.000 registrovanih mopeda smanjen na 2 poginula na 10.000 registrovanih mopeda. Raspodela nastradalih mopedista prema težini posledica prikazana je na slici 6.

Stradanje mopedista je dominantno preko leta, odnosno od juna do avgusta. kada strada i zadobije povrede oko 45% mopedista. Mopedisti najviše stradaju nedeljom (18%) i subotom (17%).

Analizom časovne raspodele nastradalih mopedista izdvaja se 18. sat kada najviše smrtno stradaju (10%), dok kod povređivanja nema istaknutih pikova, već je povređivanje najčešće u period od 10 do 20 časova.

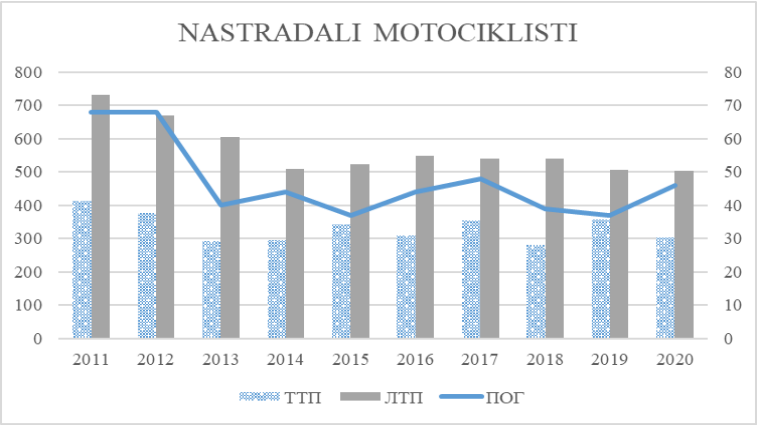


Slika 6. Raspodela nastradalih mopedista prema težini posledica

Najčešće grupe uticajnih faktora su preduzimanje nepromišljenih radnji od strane vozača (SN POG 32%, SN POV 37%) i pogrešno izvođenje radnji u saobraćaju od strane vozača (SN POG 26% i SN POV 28%). Na ulicama nižeg reda je najviše saobraćajnih nezgoda sa poginulim mopedistima (25%), a na ulicama višeg reda sa povređenim (38%).

3.5. Analiza stradanja na motociklima

Raspodela nastradalih motociklista prema težini posledica (Slika 7) pokazuje da je došlo do smanjenja stradanja, ali da nije stabilan trend poginulih. U odnosu na 2011. godinu nisu utvrđene promene u ukupnom procentu poginulih motociklista u odnosu na sve poginule u saobraćajnim nezgodama, ali je smanjen saobraćajni rizik smrtnog stradanja motociklista sa 23 na 11 poginulih na 10.000 registrovanih motocikala.



Slika 7. Raspodela nastradalih motociklista prema težini posledica

Motociklisti najviše stradaju tokom letnjih meseci (jun-avgust) i za dane vikenda. Smrtno stradaju najčešće u 15. (10%) i 18. (9%) satu, teške telesne povrede zadobijaju od 17-19 časova (po 8%), a lake telesne povrede u 15. satu (9%).

41% saobraćajnih nezgoda sa povređenima se dogodi na ulicama višeg reda, kao i 20% saobraćajnih nezgoda sa poginulim. Najčešće grupe uticajnih faktora su kao i kod biciklista i mopeda, preduzimanje nepromišljenih radnji od strane vozača (SN POG 42%, SN POV 43%) i pogrešno izvođenje radnji u saobraćaju od strane vozača (SN POG 23% i SN POV 32%).

4. DISKUSIJA

Trenutno, sa aspekta mikromobilnosti najveći problem predstavlja nedostatak zakonske regulative za mikro-vozila, ne samo u Srbiji, već širom sveta na šta ukazuju brojni autori. Pojava e-skutera prouzrokuje izazove upravljanja u gradovima, kao što su saobraćajni propisi, javna bezbednost, propisi o parkiranju i pitanja odgovornosti (Feng et all, 2020). Zemlje i gradovi počeli su da prilagođavaju svoje propise o bezbednosti saobraćaja na putevima mikromobilnosti, što dovodi do različitih rešenja. U Francuskoj i Nemačkoj „uređaji za ličnu mobilnost“ su integrisani u saobraćajne propise 2019. godine, zahtevajući od korisnika mikro-vozila da se voze biciklističkim površinama, ukoliko iste postoje. U Portugaliji su od 2013. godine za e-skutere isti saobraćajni propisi kao i bicikle i e-bicikle. Suprotno tome, u Južnoj Koreji se zahteva da se mikro-vozila pridržavaju istih propisa kao za automobile i ne dozvoljava im se pristup biciklističkim stazama. U Velikoj Britaniji i Irskoj, motorna mikro-vozila su jednostavno isključena sa javnih puteva dok se ne izmene propisi koji će im dozvoliti upotrebu na javnom putu (OECD, 2020). Električni skuteri donose korist korisnicima u transportu na zahtev, prevoz od tačke do tačke, ali predstavljaju nove izazove za opštinske propise, uključujući pitanja u vezi sa pristupom i njihovom geografskom dostupnosti. Veličina i položaj geografskih područja usluge ili „geoograde“ deljenja skutera određuju gde korisnici mogu da pronađu vozila kako bi započeli vožnju i parkiraju ih kako bi završili vožnju. (Moran et all, 2020). Reck et all, (2021) su se bavili procenom uticaja mikromobilnosti na sistem i njenim potencijalom da zamene privatne automobile, ublaže zagušenja na putevima tokom vršnih perioda i smanje opterećenje gradskog prevoza. Autori ukazuju da se mora razviti odgovarajuća regulativa o kritičnim pitanjima kao što su licenciranje vozila, dodela parking mesta i plan transportne infrastrukture za podršku održivom razvoju

Na osnovu svega navedenog, prvi korak u regulisanju ove oblasti jeste adekvatna zakonska regulativa koja će regulisati kretanje mikro-vozila i upotrebu adekvatne zaštitne opreme.

Pored zakonske regulative, značajna uticaj na mikromobilnost imaju i vremenski uslovi. Korišćenje zajedničkih e-skutera i e-bicikala povezano je sa vremenskim prilikama. Niže temperature, vetar i kiša smanjuju upotrebu, udaljenost i trajanje upotrebe e-bicikala. Vreme utiče i na upotrebu e-skutera, iako rezultati sugerišu da loše vremenske prilike imaju manji uticaj na upotrebu e-skutera nego na upotrebu e-bicikala. Posebne manifestacije mogu uticati na povećanu upotrebu e-skutera i e-bicikala. Takođe, veća upotreba e-skutera vikendom sugeriše da su to potencijalno popularni rekreativni režimi. Mikromobilnost obećava održiviji način prevoza na kratkim putovanjima u gradovima. (Noland, 2021).

Autori su se bavili i ekonomskim procenama mikromobilnosti, na primer, Shaheen et all, (2019) su pokazali da bi tržišni potencijal mikromobilnosti mogao da obuhvati između 8 i 15 procenata putovanja kraćih od pet milja i iznosi 200 do 300 milijardi dolara u SAD-u.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu svega iznetog može se zaključiti da je tema mikromobilnosti i njen odnos sa ranjivim učesnicima u saobraćaju mlada i u razvoju. Jasno je prepoznat primarni problem, a to je nepostojanje zakonske regulative koja se odnosi na upotrebu mikro-vozila i da predstavlja primarnu stvar u uspostavljanju sistema mikromobilnosti kako u svetu, tako i u Srbiji.

Takođe, utvrđeno je da ranjivi motorizovani učesnici u saobraćaju najviše stradaju u letnjem periodu na ulicama nižeg i višeg reda, tako da bi e-skutere ili e-bicikle u ovom periodu bio održiv, ekološki povoljniji, ali i bezbedniji vid prevoza u ketnjem periodu.

Pešaci među ranjivim učesnicima u saobraćaju imaju najveći rizik stradanja. Četvrtinu poginulih u saobraćajnim nezgodama čine pešaci i njihovo učešće među nastradalima je isto kao i na početku prve Decenije akcija za bezbednost saobraćaja, što predstavlja alarm za hitne mere i aktivnosti, koje mogu početi od istraživanja prihvatljivosti prelaska na neki održivi vid kretanja u pogledu zdravlja i bebzbednosti.

Mere za unapređenje bezbednosti ranjivih učesnika u saobraćaju usmeriti u sledećim pravcima:

- Usvajanje i primena adekvatne zakonske regulative koja će regulisati kretanje mikro-vozila i upotrebu adekvatne zaštitne opreme;
- Unapređenje znanja učesnika u saobraćaju o mikromobilnosti, održivim vidovima kretanja i njihovom značaju za bezbednost saobraćaja;
- Razvoj svesti učesnika u saobraćaju o mikromobilnosi kroz edukativne aktivnosti.

Buduća istraživanja usmeriti na istraživanje znanja, stavova i ponašanja učesnika u saobraćaju, kako vozača putničkih automobile, tako i pešaka i korisnika mikro-vozila. Zatim, praćenje izmena i implementacije zakona u ovoj oblasti. Definisanje indikatora ponašanja korisnika mikro-vozila kako bi se sagledalo njihovo ponašanje i utvrdili problemi pre nego što dođe do nezgoda, a sve u cilju preventivnog delovanja i unapređenja bezbednosti svih učesnika u saobraćaju.

6. LITERATURA

Agencija za bezbednost saobraćaja – Integrisana baza podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja - http://195.222.99.60/ibbsPublic/, posećeno 12.07.2021. godine

Moran, E.M., Laa, B., Emberger, G. (2020). Six scooter operators, six maps: Spatial coverage and regulation of micromobility in Vienna, Austria. Case Studies on Transport Policy, 8, 658–671.

Oeschger, G., Carroll, P., Caulfield, B. (2020). Micromobility and public transport integration: The of knowledge. Transportation Research Part D, 89, 102628. https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102628

Noland, R. (2021). Scootin' in the rain: Does weather affect micromobility? Transportation Research Part A, 149, 114–123. https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.05.003

Reck D.J., Haitao, H., Guidon, S., Axhausen, K.W. (2021). Explaining shared micromobility usage, competition and mode choice by modelling empirical data from Zurich, Switzerland. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 124, 102947, ISSN 0968-090X, https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102947.

Shaheen, S., Cohen, A. (2019). Shared Micromoblity Policy Toolkit: Docked and Dockless Bike and Scooter Sharing. UC Berkeley, 10.7922/G2TH8JW7.

OECD/ITF (2020). Safe Micromobility. Corporate Partnership Board Report.

O'Hern, S., Estgfaeller, N. (2020). A Scientometric Review of Powered Micromobility. Sustainability, 12, 9505; doi:10.3390/su12229505.

World Health Organization. Global Health Estimates [Internet]. World Health Organization; 2018 [cited 2018 Oct 29]. Available from: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/en/

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

DRIVING STYLES AMONG PROFESSIONAL DRIVERS IN MONTENEGRO

STILOVI VOŽNJE MEĐU PROFESIONALNIM VOZAČIMA U CRNOJ GORI

Boško Matović[a], Dragan Jovanović[b], Milanko Damjanović[a], Spasoje Mićić[c], Demir Đešević[d], Aleksandar Bulajić[e], Miloš Pljakić[f], Svetlana Bačkalić[b]

[a] *Faculty of Mechanical Engineering, University of Montenegro, Bulevar Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Montenegro, boskom@ucg.ac.me*

[b] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradović Square 6, 21000 Novi Sad, Serbia, draganj@uns.ac.rs*

[c] *Ministry of Transport and Communications of the Republic of Srpska, Trg Republike Srpske 1, 78000 Banja Luka, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina, s.micic@msv.vladars.net*

[d] *Ministry of Capital Investments, Rimski trg 45, 81000 Podgorica, Montenegro, demir.djesevic@mki.gov.me*

[e] *Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, Školska 1, 21000 Novi Sad, Serbia, bulajic@vtsns.edu.rs*

[f] *Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica, Knjaza Miloša 7, 38220 Kosovska Mitrovica, Serbia, milos.pljakic@pr.ac.rs*

Abstract: *The Multidimensional Driving Style Inventory is very prominent instrument for assessing driving styles. Nevertheless, there is a lack of empirical research that utilize the MDSI among professional drivers. The aim of the present study is twofold. Firstly, this study tended to examine psychometric properties and factor structure of the MDSI scale, and to validate it in sample of Montenegrin professional drivers. Secondly, the present research aimed to investigate differences in driving styles among different groups of professional drivers, such as: taxi, bus and truck drivers. The sample consisted of 467 professional drivers aged between 19 and 75 years. Confirmatory factor analysis and one-way ANOVA test were used to analyze data in R Statistics. The results indicated that eight-factor structure of the MDSI was adequate, supporting originally established solution. In addition, the present findings revealed that taxi drivers had a tendency to show more risky and dissociative driving styles compared to other professional drivers. Truck drivers were less prone to show unsafe driving styles. Overall, the current study might play an important role in a process of understanding mechanism of risky driving behavior and injury prevention among professional drivers.*

Key words: *driving styles, risky driving, professional drivers, instrument, MDSI*

Apstrakt: *Višedimenzionalna skala za mjerenje stilova vožnje je veoma važan instrument za procjenu stilova vožnje. Ipak, postoji nedovoljno empirijskih istraživanja koja koriste MDSI skalu među profesionalnim vozačima. Cilj ovog istraživanja je dvostruk. Prvo, ovo istraživanje teži da ispita psihometrijska svojstva i faktorsku strukturu MDSI skale i ispita njenu validnost u uzorku crnogorskih profesionalnih vozača. Drugo, ovo istraživanje ima za cilj da istraži razlike u stilovima vožnje među različitim grupama profesionalnih vozača, kao što su vozači taksi, autobusa i teretnih vozila. Uzorak se sastoji od 467 profesionalnih vozača starosti između 19 i 75 godina. Konfirmatorna faktorska analiza i jednosfaktorski ANOVA test korišteni su za analizu podataka u R statistici. Rezultati pokazuju da je osmofaktorska struktura MDSI skale adekvatna, podržavajući originalno uspostavljeno rješenje. Pored toga, rezultati otkrivaju da su taksi vozači imali tendenciju da pokažu mnogo rizičnije i disocijativnije stilove vožnje u poređenju sa drugim profesionalnim vozačima. Vozači teretnih vozila su bili skloni da pokažu bezbjednije stilove vožnje. Sveukupno, ovo istraživanje može imati značajnu ulogu u procesu razumijevanja mehanizma rizične vožnje i prevenciji povreda kod profesionalnih vozača.*

Ključne riječi: *stilovi vožnje, rizično ponašanje, profesionalni vozači, instrument, MDSI*

1. UVOD

Saobraćajne nezgode predstavljaju višedecenijski problem koji opterećuje društvene zajednice širom svijeta i u velikoj mjeri utiče na kvalitet života ljudi. Procjenjuje se da se na globalnom nivou povrede pretrpi između 20 i 50 miliona ljudi, a dodatnih 1,35 miliona ljudi godišnje smrtno strada u saobraćajnim nezgodama. Većina ovih nezgoda dešava se u zemljama sa niskim i srednjim prihodima paralelno sa tempom ekonomskog rasta (WHO, 2018). Saobraćajne nezgode motornih vozila na radu, odnosno profesionalnih vozača u saobraćaju, događaju se na radnom mjestu, tokom vožnje povezane sa poslom. Nezgode motornih vozila profesionalnih vozača na poslu, često su vodeći uzrok smrti i glavni faktor gubitka života na radnom mjestu u industrijalizovanim zemljama. Većina saobraćajnih nezgoda vezanih za posao uključuju službene automobile. U SAD, Australiji i Evropskoj uniji, saobraćajne nezgode profesionalnih vozača (na radu) doprinose otprilike jednoj četvrtini, do preko trećine svih smrtnih slučajeva na radu.

Profesionalni vozači su oni vozači koji koriste vozila u svrhu rada. Vožnja vozila u svrhu rada aktivnost je koju preduzimaju mnogi učesnici u saobraćaju (Davey, Rowland i Freeman, 2010). Profesionalni vozači koji upravljaju vozilom kao dio svog posla izloženi su velikom riziku od nezgode zbog značajne kilometraže (izloženosti) (Baker, Wong i Baron, 1976). Istraživanja su pokazala razlike između ponašanja profesionalnih i neprofesionalnih vozača. Profesionalna vožnja zahtjeva neke unaprijed određene zadatke, dok neprofesionalna vožnja sama određuje svoje rizike i poteškoće u vožnji (Caird i Kline, 2004). Preciznije, neprofesionalni vozači fleksibilnije biraju kada će voziti, koje će vozilo i put koristiti, kao i brzinu vožnje. Međutim, profesionalni vozači voze u skladu sa unaprijed utvrđenim redom vožnje, propisima o radnom vremenu, itd (Caird i Kline, 2004). Pored toga, profesionalni vozači ponekad moraju da voze u nepoznatom okruženju na velikim udaljenostima kao dio svoje radne prakse (Lam, 2004). Profesionalni vozač poštuje pravila i procedure kompanije i istovremeno uzima u obzir situaciju na putu i varijabilne odnose sa okolinom kao što su uslovi na putu, osvijetljenost, vremenske uslove i uslove sezone (Caird i Kline, 2004). Prema tome, bezbjednost profesionalnih vozača u saobraćaju postaje sve veća briga vlade, organizacija i zajednice.

U istraživanjimu koje istražuje ponašanje srpskih vozača, prijavljeno je da u poređenju sa neprofesionalnim vozačima, profesionalni vozači čine manje grešaka, sa više pozitivnim ponašanjem (Maslać, Antić, Lipovac, Pešić i Milutinović, 2018). U drugom istraživanju utvrđeno je da su vozači teških teretnih vozila skloniji umoru od neprofesionalnih vozača (Öz, Özkan i Lajunen, 2010). Međutim, važno je napomenuti da se profesionalne grupe vozača takođe međusobno razlikuju (tj. taksisti, vozači teretnih vozila, vozači službenih automobila) u pogledu ponašanja u saobraćajnom okruženju. Wang, Li, Feng i Peng (2014) su upoređivali različite grupe vozača i zaključili su da je vejrovatnije da će taksisti učestvovati u rizičnim ponašanjima vozača, dok su vrlo male vjerovatnoće da će to činiti vozači službenih automobila. Pored toga, utvrdili su snažnu vezu između rizičnog ponašanja vozača i saobraćajnih nezgoda i njihovih posledica. Grupa autora (Useche, Cendales, Alonso, Pastor i Montoro, 2019) je sprovela istraživanje u Kolumbiji u cilju utvrđivanja uspostavljanja validne skale za mjerenje stilova vožnje kod profesionalnih vozača. Koristili su višedimenzionalni instrument za mjerenje stilova vožnje koji je originalno razvijen od strane Taubman-Ben-Ari, Mikulincer i Gillath (2004).

Taubman-Ben-Ari i dr. (2004) su sproveli istraživanje čiji je fokus bio konceptualizacija nečijeg rutinskog stila vožnje kao specifičnog vozačkog faktora, koji direktno može objasniti uključenost u saobraćajne nezgode. Pod stilom vožnje se podrazumjeva način na koji vozači uobičajno biraju da upravljaju vozilom. Ovo podrazumjeva izbor brzine kretanja, veličine odstojanja između vozila, i rutinski nivo greneralne pažnje i asertivnosti. Autori ističu da u prethodnom periodu nije postojala usaglašenost u pogledu konceptualizacije i mjera stila vožnje. Oni navode da su korištene različiti instrumenti zasnovani na tehnici samoprijavljivanja za mjerenje ponašanja vozača i drugih kognitivnih komponenti ličnosti. Analizirajući prethodno navedene skale autori smatraju da mnogi fakori mogu biti integrisani u četiri aspekta: (1) bezobziran i neoprezan stil vožnje; (2) nervozan stil vožnje; (3) ljutit i neprijateljski stil vožnje; (4) strpljiv i oprezan stil vožnje. Bezobziran i neoprezan stil vožnje odnosi se na namjerne prekršaje saobraćajnih pravila, odnosno bezbednih vozačkih normi, kao i traženje senzacija i uzbuđenja tokom vožnje. Ovaj stil vožnje karakteriše osobe koje brzo voze, koji imaju tendenciju da se trču automobilima, pretiču druge na mjestima gde je to zabranjeno i voze pod uticajem različitih psihoaktivnih supstanci, na taj način ugrožavajući i sebe i druge. Nervozan stil vožnje odražava osjećanja opreznosti i napetosti kao i nemogućnosti opuštanja tokom vožnje. Ljutit i neprijateljski stil vožnje odnosi se na ispoljavanje iritacije, bijesa i neprijateljskih stavova i ponašanja tokom vožnje, a odražava tendenciju agresivnog ponašanja na putu, psovanje, trubljenje na sirenu, ili blicanje drugim vozačima. Strpljiv i oprezan stil vožnje odražava odgovarajući stil vožnje koji podrazumeva planiranje unaprijed, pažnju, strpljenje, učtivost i smirenost tokom vožnje, kao i poštovanje saobraćajnih propisa.

Primarni cilj ovog rada je da ispita razlike u stilovima vožnje između tri grupe profesionalnih vozača (tj. taksi vozača, vozača autobusa i vozača teretnih vozila). Sekundarni cilj istraživanja je da ispita faktorsku strukturu i psihometrijska svojstva višedimenzionalnog instrumenta za mjerenje stilova vožnje.

2. METODE

2.1. Ispitanici

Uzorak je sačinjen od 467 profesionalnih vozača Crne Gore, od kojih je 140 taksi vozača, 141 vozača autobusa i 186 vozača teretnih vozila. Godine starosti ispitanika su se kretale u rasponu od 19 do 75 godina starosti (M = 43,2; SD = 11,3). Najveći procenat vozača je bio muškog pola (97,6%) sa završenom srednjom školom (85,2%). Vozačko iskustvo profesionalnih vozača se kretalo između jedne i 54 godina (M = 23,5; SD = 11,0). Broj kilometara koje su prešli u poslednjih dvanaest meseci se kretao u opsegu između 4,000 i 175,000 kilometara (M = 41369,8; SD = 42488,5). Oko dvije trećine ispitanika (66,2%) je prijavilo da su bili bar jednom uključeni u saobraćajni prekršaj u poslednje tri godine. Pored toga, oko jedne četvrtine ispitanika (25,7%) je prijavila učešće u najmanje jednoj saobraćajnoj nezgodi u poslednje tri godine.

2.2. Instrumenti

Upitnik koji je korišten u ovom istraživanju je preveden sa engleskog jezika primjenom metodologije koja je predložena od strane Brislin (1970). Proces prevođenja upitnika je inicijalno sproveden od strane autora. Dalje, profesionalni lektori za sve jezike su proverili lingvističku validnost prevedenog upitnika. Sve razlike u sadržaju koje su identifikovane u ovom procesu su dalje razmotrene i usklađene. Konačno, autori su zajedno sa prevodiocima analizirali prevode upitnika i otklonili potencijalne nedostatke. Upitnik se sastojao od dva dijela, uključujući socio-demografske i vozačke karakteristike ispitanika i višedimenzionalni instrument stilova vožnje.

2.2.1. Socio-demografske i vozačke karakteristike

Podaci o socio-demografskim karakteristikama su uključivali pol, starost, nivo obrazovanja, dok su podaci o vozačkim karakteristikama obuhvatili podatke o pređenoj kilometraži i vozačkom iskustvu, kao i podatke o istoriji učešća u saobraćajnim prekršajima i saobraćajnim nezgodama.

2.2.2. Višedimenzionalni instrument za mjerenje stilova vožnje

Višedimenzionalni instrument stilova vožnje se sastoji od 44 stavke (Taubman-Ben-Arivi dr., 2004) Ovaj upitnik je primenjen da izmjeri načine ponašanja vozača i sastoji se od osam konstrukata: disocijativni način vožnje, nervozan način vožnje, rizični način vožnje, ljutit način vožnje, vožnja velikim brzinama, opušten način vožnje, strpljiv način vožnje i oprezan način vožnje. Ispitanici su davali odgovore koji su bili skalirani korištenjem Likertove skale od šest modaliteta (tj. od 1 – ne uopšte do 5 – veoma mnogo).

2.3. Procedura

Istraživanje je ukratko predstavljeno putem telefona direktorima transportnih kompanija. Kada su neki od njih prihvatili da sarađuju, nazvali smo transportne rukovodioce i tražili od njih da distribuiraju upitnike profesionalnim vozačima u transportnom sektoru. Uz njihovu pomoć, upitnici su bili podijeljeni u papirnom formatu. Ispitanici su ukratko bili informisani o tome da je njihovo učešće dobrovoljno i da će njihovi odgovori biti anonimni i strogo povjerljivo tretirani. Oni koji su prihvatili da učestvuju dobili su obrazac saglasnosti koji su potpisali u okvirno oko 30 minuta na raspolaganju da popune upitnik na radnom mjestu. U cilju obezbjeđivanja njihove privatnosti, ispitanici su ubacivali kompletiran upitnik u zapečaćenu kutiju, koja je bila postavljena u svaku kompaniju. Njima je data informacija o njihovim etičkim pravila i mogućnosti da odustanu kada god to oni požele. Sveukupno je od 600 podeljenih upitnika vraćeno 467 uspešno popunjenih obrazaca, što čini stopu odziva od 77,8%. Nacrt istraživanja je odobren od Etičkog odbora Mašinskog fakulteta Univerziteta Crne Gore u 2020. godini.

2.4. Statistička analiza

Analiza podataka je sprovedena u četiri faze. Prvo, preliminarna procena podataka je sprovedena u cilju identifikovanja nedostajućih podataka i ekstremnih vrijednosti. Višestruka tehnika zamene nedostajućih podataka sa pet imputacija je sprovedena za 1,1% nedostajućih podataka koristeći IBM SPSS Statistics (V26). Univarijantne ekstremne vrednosti su uklonjene iz svih setova podataka nezavisno. Pored toga, sprovedena je deskriptivna statistika (tj. tabele učestalosti, mjere centralne tendencije i mjere disperzije) je primenjena u cilju sažete analize podataka. Drugo, faktorska struktura skraćene verzije skale ispoljavanja agresije u vožnji je za svaku zemlju ispitana koristeći konfirmatornu faktorsku analizu u statističkom paketu R statistika. Multivarijantna normalnost podataka je testirana primjenom Mardia testa u R statistici. Zbog utvrđenog

odstupanja od normalne distribucije, korišten je DWLS procjenitelj (en. Diagonally Weighted Least Squares). Treće, testirana je invarijantnost skale po kategoriji profesionalnih vozača. Četvrto, sproveden je ANOVA test u cilju utvrđivanja razlika u stilovima vožnje između tipova profesionalnih vozača.

3. REZULTATI

Konfiratorna faktorska analiza je sprovedena korištenjem DWLS metode procjene parametara, a koja se primjenjuje u slučaju kada podaci ordinalne prirode i kada ne prate multivarijantnu normalnu distribuciju podataka (vidi Kline, 2016). Sveukupno, rezultati su pokazali da skorovi indeksa podesnosti odgovaraju presječnim vrijednostima pragova prihvatljivosti (tabela 1).

Tabela 1. Индекси подесности за višedimenzionalni instrument za mjerenje stilova vožnje

DWLS χ^2	df	RMSEA	RMSEA CI	SRMR	CFI	TLI
2931,49	946	0,071	[0,068; 0,074]	0,089	0,899	0,891

U tabeli 2 prikazani su rezultati deskriptivne statistike, odnosno aritmetička sredina i standardna devijacija za sve profesionalne vozače, kao i u zavisnosti od njihove kategori i F vrijednosti jednofaktorskog ANOVA testa. Sveukupno, profesionalni vozači su među nebezbjednim stilovima vožnje prijavili najviše vrijednosti u pogledu nervoznog stila vožnje i stila vožnje velikim brzinama. Sa druge strane među bezbjednim stilovima vožnje strpljiv i oprezan stil vožnje su imali vrijednosti iznad prosjeka. Rezultati su pokazali da je postojala statistički značajna razlika između grupa profesionalnih vozača kada je u pitanju disocijativni stil vožnje $F(2, 464) = 8.41$; $p < 0.001$, rizičan stil vožnje $F(2, 464) = 7.56$; $p < 0.01$, ljutit stil vožnje $F(2, 464) = 6.94$, $p < 0.01$ i stil vožnje velikim brzinama $F(2, 464) = 13.89$, $p < 0.001$. Tukey HSD post-hoc test je pokazao da su taksi vozači (AS = 2.22; SD = 1.04) pokazali više vrijednosti u pogledu disocijativnog stila vožnje u odnosu na vozače autobusa (AS = 1.96; SD = 0.82) i teretnih vozila (AS = 1.83; SD = 0.71). Takođe, Tukey HSD post-hoc analiza je pokazala da vozači taksi vozila (AS = 2.22; SD = 1.08) u većoj mjeri ispoljili rizičan stil vožnje u poređenju sa vozačima autobusa (AS = 1.80; SD = 0.92) i teretnih vozila (AS = 1.88; SD = 0.77). Pored toga, vozači teretnih vozila (AS = 1.95; SD = 0.83) su statistički značajno u manjoj mjeri prijavili ljutit stil vožnje za razliku od vozača taksi vozila (AS = 2.30; SD = 1.06) i autobusa (AS = 2.26; SD = 0.92). Konačno, vozači teretnih vozila si ispoljili manju tendenciju učešća u stilovima vožnje koji su povezani sa velikim brzinama (AS = 2.10; SD = 0.83) u poređenju sa vozačima taksi vozila (AS = 2.61; SD = 1.08) i autobusa (AS = 2.50; SD = 0.92).

Tabela 2. Deskriptivna statistika i jednofaktorski ANOVA test prema kategoriji profesionalnih vozača

	Ukupno (n=467)		Taksi (n=140)		Autobus (n=141)		Teretna vozila (n=186)		F vrijednost
	AS	SD	AS	SD	AS	SD	AS	SD	
Disocijativni	1.99	0.87	2.22	1.04	1.96	0.82	1.83	0.71	8.41^{***}
Nervozan	2.37	0.67	2.41	0.73	2.37	0.58	2.33	0.67	0.62
Rizičan	1.95	0.93	2.20	1.08	1.80	0.92	1.88	0.77	7.56^{**}
Ljutit	2.15	0.94	2.30	1.06	2.26	0.92	1.95	0.83	6.94^{**}
Vožnja velikim brzinama	2.38	0.96	2.61	1.08	2.50	0.92	2.10	0.83	13.89^{***}
Opušten	3.36	0.93	3.48	1.11	3.35	0.86	3.27	0.84	1.95
Strpljiv	4.21	1.08	4.10	1.18	4.23	0.96	4.29	1.09	1.26
Oprezan	4.81	0.82	4.78	0.80	4.84	0.77	4.80	0.86	0.14

Napomena: $^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$, $^{***}p < 0.001$

U tabeli 3. prikazana su Pirsonovi korelacioni koeficijenti između posmatranih varijabli. Rezultati pokazuju da postoji pozitivna statistička povezanost između nebezbjednih stilova vožnje međusobno, kao i negativna veza između bezbjednih i nebezbjednih stilova vožnje, što ukazuje na postojanje konvergentne validnosti skala. Pored toga, postoji statistički značajna povezanost između samoprijavljenih prekršaja i disocijativnog, rizičnog, ljutitog i opuštenog stila vožnje, kao i negativna značajna povezanost između samoprijavljenih prekršaja i strpljivog i opuštenog stila vožnje. Identifikovana je i statistički značajna pozitivna veza između samoprijavljenog učešća u saobraćajnim nezgodama i disocijativnog, rizičnog i opuštenog stila vožnje, kao i između samoprijavljenih prekršaja i saobraćajnih nezgoda.

Tabela 3. Pirsonovi korelacioni koeficijenti između varijabli (n=467)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Disocijativni	-	-	-	-	-	--	-	-	-	-
2	Nervozan	0.66**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Rizičan	0.63**	0.48**	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Ljutit	0.67**	0.54**	0.62**	-	-	-	-	-	-	-
5	Vožnja velikim brzinama	0.611**	0.42**	0.54**	0.70**	-	-	-	-	-	-
6	Opušten	0.33**	0.04	0.22**	0.24**	0.36**	-	-	-	-	-
7	Strpljiv	-0.23**	-0.23**	-0.24**	-0.28**	-0.19**	0.23**	-	-	-	-
8	Oprezan	-0.45**	-0.50**	-0.40**	-0.36**	-0.27**	0.03	0.45**	-	-	-
9	Prekršaji	0.13**	0.08	0.14**	0.14**	0.17**	0.06	-0.13**	-0.10*	-	-
10	Saobraćajne nezgode	0.108*	0.07	0.12**	0.03	0.13**	0.13**	-0.09	-0.08	0.19**	-

Napomena: $^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Svrha ovog istraživanja je bila da ispita psihometrijska svojstva i validnost višedimenzionalne skale za mjerenje stilova vožnje među profesionalnim vozačima u Crnoj Gori. Pored toga, cilj je bio da se istraže razlike među kategorijama profesionalnih vozača (taksi, autobusa i teretnih vozila) u pogledu njihovih stilova vožnje. Sveukupno, rezultati pružaju podršku validnosti osmofaktorske strukture MDSI skale. Korelacije između MDSI faktora su potvrdile konvergentnu validnost skale. Takođe, rezultati su ukazali da vozači taksi vozila imaju nebezbjednije stilove vožnje, a vozači teretnih vozila najbezbjednije stilove vožnje.

Rezultati konfirmatorne faktorske analize su bili konzistentni sa rezultatima originalnog istraživanja koje je sprovedeno od strane Taubman-Ben-Ari i dr. (2004). Disocijativni, nervozan, ljutit, rizičan, oprezan, strpljiv, opušten i stil vožnje velikim brzinama su identifikovani u uzorku profesionalnih vozača u Crnoj Gori, ukazujući na potencijale generalizacije višedimenzionalne skale za mjerenje stilova vožnje.

U narednom koraku naše analize, ispitane su razlike imeđu tipova profesionalnih vozača u pogledu različitih stilova vožnje. Rezultati su pokazali da su vozači taksi vozila generalno skloniji ka disocijativnom i rizičnom stilu vožnje u odnosu na druge dvije kategorije vozača. To znači vozači taksi vozila u većoj mjeri imaju tendenciju da budu ometani tokom vožnje, da počine više grešaka zbog ovih distrakcija, kao i da pokažu kognitivne nedostatke i disocijacije tokom vožnje. Pored toga, oni imaju sklonost ka traženjem stimulacija i senzacija, kao i rizične vožnje, odnosno veću težnju ka donošenju rizičnih odluka u vožnji i učešća u rizičnim ponašanjima. Ovo je konzistetno rezultatima koje su dobili Wang i dr. (2014) koji su takođe utvrdili rizičniji ponašanje taksi vozača. Pored toga, Brandenburg et al. (2017) su istakli da nemački taksi vozači ispoljavaju veći nivo verbalne i fizičke tokom vožnje. Sa druge strane, vozači teretnih vozila su rijeđe prijavili ljutit stil vožnje, kao i učešća u stilovima vožnje koji su povezani sa velikim brzinama. Ovo se može tumačiti činjenicom da su taksi vozači u najvećoj meri izloženi situacijama u saobraćaju koja dovode do emocionalnog stanja, kao što je npr. ljutnja, koja se najčešće ispoljava kroz fizičku ili verbalnu agresiju. Sa druge strane, vozači teretnih vozila i autobusa u najvećoj meri upravljaju vozilom na putevima van naselja, gde je pojava ovih situacija ređa. Takođe, vozači taksi vozila se suočavaju sa većim pritiskom vremena, radi ostvarivanja većeg radnog učinka, a to opet dovodi do agresivnih ili rizičnih ponašanja u saobraćaju (Matović et al., 2020).

Ograničenja istraživanja trebaju da budu istaknuta. Problem davanja društveno poželjnih odgovora, uticaj konteksta i poteškoća prisećanja mogu dovesti do grešaka u merama zasnovanim na tehnici samoprijavljivanja. Međutim, u ovim istraživanjima ispitanici su bili uvereni u anonimnost i poverljivost njihovih odgovora, što treba da smanji ili eliminiše poželjne odgovore i odgovore koji nisu socijalno poželjni, kao i problem ostavljanja utiska (Lajunen and Summala, 2003). Uprkos ovim ograničenjima, rezultati ovih istraživanja upotpunjavaju postojeća znanja i sugerišu da MDSI skala predstavlja koristan instrument koji je u funkciji razumjevanja rizičnih ponašanja u toku vožnje među profesionalnim vozačima.

5. LITERATURA

Baker, S. P., Wong, J., & Baron, R. D. (1976). Professional drivers: protection needed for a high-risk occupation. American journal of public health, 66(7), 649-654.

Brandenburg, S., Oehl, M., & Seigies, K. (2017). German taxi drivers' experiences and expressions of driving anger: Are the driving anger scale and the driving anger expression inventory valid measures?. Traffic Injury Prevention, 18(8), 807-812.

Brislin, R.W. (1970). Back-Translation for Cross-Cultural Research. Journal of Cross-Cultural Psychology, 1(3), 185-216.

Caird, J. K., & Kline, T. J. (2004). The relationships between organizational and individual variables to on-the-job driver accidents and accident-free kilometres. Ergonomics, 47(15), 1598-1613.

Freeman, J., Wishart, D., Davey, J., & Rowland, B. (2010). Developing risk assessment tools for fleet settings: where to from here?. Driver Behaviour and Training [Volume IV: Human Factors in Road and Rail Transport], 241-256.

Kline, R. B. (2016). Principles and practice of structural equation modeling. Guilford publications.

Lajunen, T., & Summala, H. (2003). Can we trust self-reports of driving? Effects of impression management on driver behaviour questionnaire responses. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 6(2), 97-107.

Lam, L. T. (2004). Environmental factors associated with crash-related mortality and injury among taxi drivers in New South Wales, Australia. Accident Analysis & Prevention, 36(5), 905-908.

Maslać, M., Antić, B., Lipovac, K., Pešić, D., & Milutinović, N. (2018). Behaviours of drivers in Serbia: Non-professional versus professional drivers. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 52, 101-111.

Matović, B., Jovanović, D., Pljakić, M., & Stanojević, P. (2020). Driving anger and factors related to aggressive driving among Serbian drivers. Traffic Injury Prevention, 21(5), 319-323.

Öz, B., Özkan, T., & Lajunen, T. (2010). Professional and non-professional drivers' stress reactions and risky driving. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 13(1), 32-40.

Taubman-Ben-Ari, O., Mikulincer, M., & Gillath, O. (2004). The multidimensional driving style inventory—scale construct and validation. Accident Analysis & Prevention, 36(3), 323-332.

Useche, S. A., Cendales, B., Alonso, F., Pastor, J. C., & Montoro, L. (2019). Validation of the Multidimensional Driving Style Inventory (MDSI) in professional drivers: How does it work in transportation workers?. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 67, 155-163.

Wang, Y., Li, L., Feng, L., & Peng, H. (2014). Professional drivers' views on risky driver behaviors and accident liability: A questionnaire survey in Xining, Čina. Transportation Letters, 6(3), 126-135.

World Health Organization. (2018). Global status report on road safety 2018. Geneva: World Health Organization.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

THE IMPACT OF VEHICLE ADVERTISING ON TRAFFIC SAFETY

UTJECAJ OGLAŠAVANJA VOZILA NA SIGURNOST U PROMETU

Stanko Laković[a]

[a] *University of Maribor, Faculty of Civil Engineering, Transportation Engineering and Architecture, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, stanko.lakovic@um.si*

Abstract: *Product advertising has existed for a long time, since the time of the economy of trade in goods. The mechanisms and tactics used by the seller to attract the buyer have changed over time. This article will present and analyse various propaganda messages of car manufacturers and journalists that significantly affect traffic safety. We'll determine if the ads promote dangerous driver behaviour. We will propose the development of a codex at the state level. The findings of this study could help traffic policymakers understand the state of advertising and do their best to adopt an advertising codex that would help reduce traffic accidents and consequences.*

Key words: *advertising codex, car advertising*

Apstrakt: *Oglašavanje proizvoda postoji već dugo vremena odnosno još od vremena ekonomije razmjene dobara. Mehanizmi i taktike kojima prodavač privlači kupca mijenjali su se tijekom vremena. Članak će predstaviti i analizirati razne propagandne poruke proizvođača automobile i novinara koje znatno utječu na prometnu sigurnost. Utvrdit ćemo promoviraju li oglasi opasno ponašanje vozača. Predlagat ćemo izradu kodeksa na nivou države. Nalazi ove studije mogli bi pomoći kreatorima prometne politike da shvate stanje oglašavanja i urade sve da se donese kodeks oglašavanja što bi pomoglo smanjenju prometnih nesreća i posljedica.*

Ključne riječi: *kodeks za oglašavanje, reklamiranje automobila*

1. UVOD

Oglašavanje proizvoda postoji već dugo vremena odnosno još od vremena ekonomije razmjene dobara. Mehanizmi i taktike kojima prodavač privlači kupca mijenjali su se tijekom vremena a danas postaju sve agresivniji. I na automobilskom trgu je oglašavanje proizvoda postojalo od početka proizvodnje automobila te je postajalo sve agresivnije do danas. Oglašavanje automobila donosi novac cijelom lancu od proizvođača do prodavača i drugim. Oglašavanje ima za posljedicu promjene u ponašanju potrošača, ako postoji dovoljno oglašavanja.

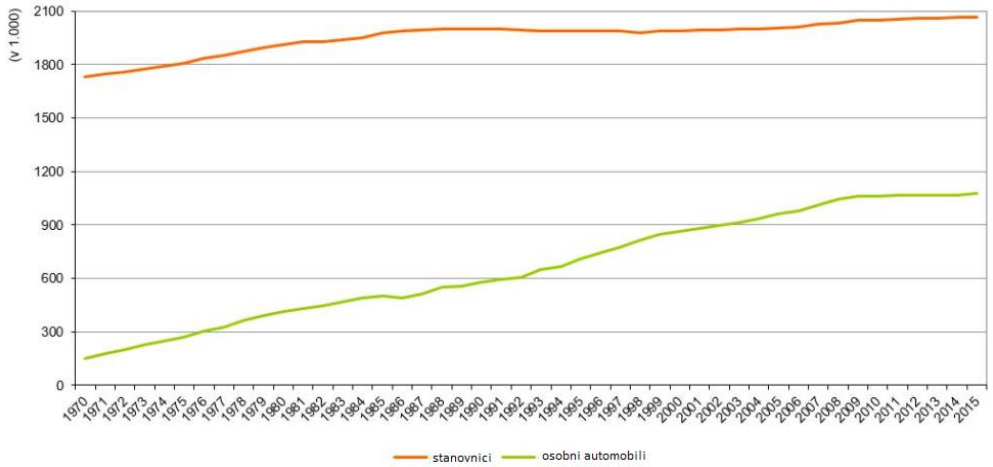
Donovan R.J. je u članku "Samoregulacija oglašavanja motornih vozila: Djeluje li u Australiji?" napisao, da je sve veća zabrinutost u Australiji da određeni sadržaji u oglašavanju motornih vozila mogu imati negativan utjecaj na stavove i ponašanje vozača gledatelja, osobito mladih, pa stoga negativno utjecati na sigurnost na cestama. Kao odgovor, mnoge razvijene zemlje usvojile su samoregulativni pristup oglašavanju motornih vozila. Ocjenjuje, da je u Australiji više oglasa koji su u suprotnosti s kodeksom te da su potrebni dodatni napori kako bi se osiguralo poštivanje kodeksa. Predlaže da oglašivači budu obvezni prijavljivati potrošačevo prethodno testiranje svog oglašavanja kako bi se osiguralo da se neželjene poruke ne prenose gledateljima.

Uprava za standarde oglašavanja UK, je 2009 zapisala u vezi sa oglasima za automobilizam: oglasi ne bi trebali pridonositi kulturi opasne, neodgovorne ili bezobzirne vožnje ili vožnje motociklom, osobito među mladim vozačima (https://www.asa.org.uk/type/broadcast/code_section/20.html).

Poseban je problem u Sloveniji što je oglašavanje automobila u dosta primjera u suprotnosti sa „vizijom 0" i sigurnosti u cestovnom prometu. Brzina u reklamama je simbol automobila i izražava suvremeni način života. Za većinu vozača vožnja automobilom pravo je iskustvo, dok pojam javni prijevoz znači isključivo prijevoz ljudi. U prošlosti utvrđena proizvodna orijentacija automobilske industrije je zapala u probleme kad je ponuda premašila potražnju i tu su si pomagali s oglašavanjem. Kupci sve češće donose odluke kod kupnje automobila na temelju emocionalnih tendencija, a ne samo na racionalnim inicijativama (http://www.cek.ef.uni-lj.si/magister/stropnik403.pdf, 6.9.2021).

U 2017. je u svijetu bilo proizvedeno oko 73,5 milijuna automobile (https://www.oica.net/category/production-statistics) što predstavlja veliki potencijal pri pravilnom oglašavanju i za poboljšanje sigurnosti u cestovnom prometu.

U Sloveniji je stopa motorizacije u 2015. godini iznosila 523 osobna automobila na 1.000 stanovnika, što je otprilike upola više nego 1995. godine. Povećava se i broj osobnih automobila u vlasništvu po domaćinstvu. Prosječno slovensko kućanstvo u 2015. godini imalo je gotovo trećinu automobila više nego 1991. godine (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/lastnistvo-osebnih-avtomobilov-3).



Slika 1: Rast broja stanovnika i broja vozila u Sloveniji

2. METODE

Pri pregledu stanja oglašavanja u Sloveniji od 6. 3. 2021 do 6. 9. 2021 smo upotrebili induktivnu i deduktivnu metodu, motodu analize i sinteze, studiju slučaja. Ograničenja u radu su u dostupnosti proizvoda oglašavanja na televiziji i u časopisima. Po pregledu stručne literature smo potražili sve dostupne oglase za automobile u časopisima, internetu i TV, kao i oglase proizvođača, koje smo analizirali i dali prijedloge za poboljšanje stanja.

3. REKLAMIRANJE AUTOMOBILA U ČASOPISIMA, INTERNETU I NA TELEVIZIJI

Trženje proizvoda i usluga automobilske industrije se je razvijalo s razvojem automobilske industrije. Bitna komponenta trženja je reklamiranje automobila u časopisima, internetu i na televiziji. Televizijsko oglašavanje i dalje je najpopularnije i najpopularnije kod proizvođača automobila. Procijenjeni troškovi ulaganja za televizijske reklame u 2017. premašuju u svijetu 11 milijardi dolara, što je više od bilo koje druge industrije (https://extremereach.com/blog/ad-buying-trends-in-the-auto-industry).

Nekoliko primjera oglašavanja (slučajni odabir iz analize):

- Oglas za novi Cupra Formento (Avto-magazin, 1. decembra 2020)

  Izdvojeno iz teksta o testnoj vožnji nove Cupre Formento objavljenog na stranici Avto-Magazin:

  „Dinamika vožnje, eksplozivnost i brutalna ubrzanja ..." (Tomažič - Avto-magazin 1. prosinca 2020.).

  Što znači za potrošača kad pročita takav tekst. Novinar je koristio takve fraze kako bi pomogao kupcu (djelovao psihološki) da sam isproba ovaj način vožnje. Što u većini slučajeva dovodi do prometnih nesreća sa teškim posljedicama.
- Oglas za Ford-Focus-ST (magazin Ford preuzet sa bloga AvtoMoto, 27. listopada 2020.)

  Preuzeto iz teksta o testnoj vožnji Focusa ST po staroj i prvoj „rally" cesti u Sloveniji

  … Nova generacija je u verziji ST oštrija, divlja. Ubrzanje do 100 kilometara na sat je dobrih šest sekundi, a prava se divljina pokazuje u zavojima ... Definitivno automobil za uživatelje ...“ (Pavšič 2020- FordMagazine)

  U tekstu autor zanemaruje sigurnu vožnju, jer i ovdje novinar nehotice navodi kupca da divlje vozi automobil u oštrim zavojima, rezultat je sličan ili čak gori nego u prvom oglasu (https://fordmagazine.si/2020/10/ford-focus-st-po-trasi-relija-saturnus.
- TV oglas na POP TV

Tekst: „osjetite performanse sportske Honde Civic“.

U videu je vidna brza i neprimjerena vožnja po gradskim ulicama.

U tekstu i videu autor zanemaruje sigurnu vožnju i nagovara kupca da testira sportske performanse na gradskim ulicama.

- TV SLO 2 (5. 3. 2021)

  Reklama za automobil Jeep, vozilo pokida reklamnu poruku i vozi se većom brzinom po gradu.

  Reklama za automobil Toyota – govori o potpuni slobodi kretanja. Vidna je brza vožnja, nagle promjene smjera, veliko ubrzanje na semaforima.

  U tekstu i videu autor zanemaruje sigurnu vožnju i nagovara kupca da vozi brzo na gradskim ulicama.

- TV SLO 2 emisija Atomobilnost (5. 3. 2021)

  U intervjuu stručnjak objašnjava za vozilo Toyota Highlander, kako je europski kupac naviknut na dinamično vozilo, govoreći i o brzini od 180 km/h (iako je ograničenje brzine na autocesti 130 km/h).

4. REKLAMIRANJE AUTOMOBILA OD STRANE PROIZVOĐAČA

Među 10 najvećih oglašivača u SAD nalazimo i proizvođača automobila GM (2,95 milijardi američkih dolara za potrebe oglašavanja) iako i neki drugi na listi dio oglašavanja izvode za potrebe automobilskog trga (https://www.statista.com/statistics/275446/ad-spending-of-leading-advertisers-in-the-us) a slično je i s ostalim proizvođačima automobila. Statistika otkriva da je 2016. godine Fiat Chrysler na oglašavanje potrošio 2,35 tisuća dolara za svako prodano vozilo. Također na globalnoj razini, SAD je lider u industriji oglašavanja, tako je 2016. godine američko tržište oglašavanja bilo vrijedno 179 milijardi dolara, automobilska industrija je uvijek među vodećima po izdacima. Oglašivači su posljednjih desetljeća ovaj posao iz obrta podigli na umjetnost (https://www.avp-rs.si/wp-content/uploads/2018/09/Promet-kon%C4%8Dno-poro%C4%8Dilo-1.-del.pdf).

Reklama za vozilo Mini (https://www.youtube.com/watch?v=O6Uj5EySGug), ako reklamu samo poslušamo čujemo škripanje guma kod prebrze vožnje, kočenja, klizanja u zavoju, trubljenja … Ako reklamu pogledamo vidimo isključivo brzu i opasnu vožnju u gradskoj okolini, brzu vožnju i naprijed i nazad, okretanje vozila, bočno klizanje, opasnu vožnju po gradskim prometnicama, tunelima, uskim ulicama, vožnje preko pločnika, brze vožnje neposredno uz pješake pa čak i letenje automobila, uz sve to vidimo nasmijanu suvozačicu koja očigledno odobrava takvu vožnju kao i nasmijani vozač koji po pravilima vozi jedino kad prolazi pored policije.



Slika 2: Brza vožnja više vozila u gradu

I pri reklamiranju MINI Cooper SE (https://www.mini.si/sl_SI/home/range/electric.html) je na filmu vidljiva vožnja s većom brzinom po gradskim ulicama, a i na fotografijama je prikazana brza vožnja vozila - zamagljena pročelja zgrada i dijelovi vozila.



Slika 3: Brza vožnja više vozila u gradu

Takav koncept koji pokazuje dinamičnost, živost i raznolikost je naravno pogrešan. Napokon, u stvarnom svijetu takvi manevri dovode do ozbiljnijih posljedica i nažalost mnogi su životi prebrzo izgubljeni.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Oglasi postaju sve agresivniji, koristeći nove pristupe kupcima i dalje potiču na opasno i zabranjeno ponašanje. Mediji i proizvođači većnom televizijskim reklamama - filmovima i tiskanim izdanjima slave velike i pretjerane brzine, snagu motora, ubrzanje, neprimjerno ponašanje vozača – sve to je u suprotnosti sa „vizijom 0“ i sigurnosti u cestovnom prometu.

Da bi se ovaj problem prikladno riješio, potrebno je usvojiti smjernice oglašavanja i kodekse koji bi uključivali pravila o automobilskim oglasima, a sve bi to trebalo i zakonski urediti. Mogli bi zabraniti pokazivanje snage motora - mogućnost ubrzanja vozila koji daje dojam da je velika brzina prihvatljiva, kao i sva neprihvatljiva ponašanja vozača s vozilima u filmovima ili slikama.

Sasvim je sigurno da bi pravilno oglašavanje (usmjereno na defanzivnu vožnju, primjereno ponašanje vozača, sigurnosne sisteme, obrazovanje vozača …) pridonijelo boljoj sigurnosti na cestama kao u krajnjem slučaju i „Viziji 0“, zato bi to trebalo opredijeliti u kodeksu na nivou države.

6. LITERATURA

Advertising Standards Authority, 2009. The Broadcast Committee of Advertising Practice (BCAP) Television Advertising Standards Code. ASA, UK. https://www.asa.org.uk/type/broadcast/code_section/20.html, 6.9.2021.

Aleš S., Strategija mednarodnega trženja izbranih nemških proizvajalcev osebnih avtomobilov in vključevanje slovenskih dobaviteljev sestavnih delov, 2004, magistarski rad, http://www.cek.ef.uni-lj.si/magister/stropnik403.pdf, 6.9.2021.

Donovan R.J., Fielder, L.J., Ewing,M, Self-regulation of motor vehicle advertising: Is it working in Australia?, Accident analysis and prevention 43 (3), 631-636.

Inštitut za kriminologijo pri Pravni fakulteti v Ljubljani, Raziskava dejavnikov, ki vplivajo na varnost cestnega prometa v Republiki Sloveniji, 2018, https://www.avp-rs.si/wp, 6.9.2021. content/uploads/2018/09/Promet-kon%C4%8Dno-poro%C4%8Dilo-1.-del.pdf (str 79 - 102), 6.9.2021.

Kazalci ARSO, http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/lastnistvo-osebnih-avtomobilov-3, 6.9.2021.

International Organization of Motor Vehicle Manufavturers, OICA, Production statistics, https://www.oica.net/category/production-statistics, 6.9.2021.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

SAFETY ON SLOVENIAN ROADS DURING COVID

SIGURNOST NA SLOVENSKIM CESTAMA ZA VRIJEME COVIDA

Stanko Laković[a]

[a] *University of Maribor, Faculty of Civil Engineering, Transportation Engineering and Architecture, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, stanko.lakovic@um.si*

Abstract: *Road safety is one of the most important aspects of road traffic. The quality of life of all citizens depends on the level of road safety.*

The main goal of this study is to investigate the state of road safety during the Covid-19 pandemic. Three different data sets are used in this study: statistical data of the Republic of Slovenia, data on traffic accidents and data on Covid-19 disease.

The results showed that in the Covid-19 period, the total number of accidents in Slovenia decreased significantly compared to the previous five years.

The findings of this study could help policymakers understand the state of road safety during a pandemic and appropriately adjust traffic signs and regulations to help reduce traffic accidents and consequences.

Key words: *traffic safety, Covid-19 pandemic, traffic accident data*

Apstrakt: *Sigurnost na cestama jedan je od najvažnijih aspekata cestovnog prometa. Kvaliteta života svih građana ovisi o razini sigurnosti na cestama.*

Glavni cilj ove studije je istražiti stanje sigurnosti na cestama tijekom pandemije Covid-19. U ovoj studiji koriste se tri različita skupa podataka: statistički podaci Republike Slovenije, podaci o prometnim nesrećama i podaci o bolesti Covid-19.

Rezultati su pokazali da je u razdoblju Covid-19 ukupan broj nesreća u Sloveniji značajno smanjio u odnosu na prethodnih pet godina.

Nalazi ove studije mogli bi pomoći kreatorima politike da shvate stanje sigurnosti prometa na cestama tijekom pandemije i prikladno prilagode prometne znakove i propise što bi pomoglo smanjenu prometnih nesreća i posljedica.

Ključne riječi: *sigurnost u prometu, pandemija Covid-19, podaci o prometnim nesrećama*

1. UVOD

Mjere uzrokovane Covid-19 dovele su do ekonomskog pada neviđenih razmjera. Općenito, kako opada gospodarska aktivnost, putovanja se smanjuju, a vozači su izloženi manjem riziku od sudara. Međutim, istraživanja o prethodnim gospodarskim padovima sugeriraju da gospodarski padovi različito utječu na ponašanje i situacije vozača. Učinci pandemije Covid-19 na sigurnost prometa trenutno u cijelosti nisu poznati. Međutim, preliminarne informacije o čimbenicima kao što su povećani stres i tjeskoba uzrokovane pandemijom Covid-19, više "slobodnog" (praznog hoda) vremena, povećana konzumacija alkohola i droga te veće mogućnosti za prebrzu vožnju daju suprotan (negativan) učinak na sigurnost cestovnog prometa (Vinglis i dr., 2020).

Rezultati studije, koje su izveli Alhajyaseen i suradnici su pokazali da se tijekom razdoblja COVID-19 ukupan broj nesreća u Kataru značajno smanjio tijekom pandemije u odnosu na prethodnih 5 godina. Međutim, stopa teških tjelesnih i smrtnih ozljeda značajno se povećala. Što se tiče opće percepcije javnosti, više od 80% izvijestilo je da su ceste postale sigurnije tijekom vožnje, kako se ponašanje poboljšalo tijekom pandemije. S druge strane, više od 50% stručnjaka nije se složilo da su ceste postale sigurnije, 55% se nije složilo s poboljšanjem ponašanja u vožnji, a 70% se složilo da je manja pozornost vlada usmjerena na sigurnost cestovnog prometa tijekom pandemije (Alhajyaseen i dr. 2021)

Sigurnost na cestama jedan je od najvažnijih aspekata cestovnog prometa. Kvaliteta života svih građana ovisi o razini sigurnosti na cestama. Prema podacima statističkog ureda iz listopada 2020. Slovenija ima 2.111.461 stanovnika (https://www.stat.si/StatWeb/Field/Index/17, 22.4.2021). U prometnim nesrećama je poginulo 37,8 osoba na milion stanovnika u 2020. godine.

U članku je analizirano stanje sigurnosti cestovnog prometa od siječnja 2016. do siječnja 2021. i kako je epidemija Covida u 2020. godini i siječnju 2021. utjecala na sigurnost u cestovnom prometu.

Prosječan broj vozila v siječnju 2021. na izabranom mjernom mjestu je na autocesti u odnosu na ukupan prosjek januara 2019. i 2020. smanjen za 32,6%.

2. METODE

Pri analizi stanja u vremenu Covid-19 u Sloveniji od 20.02. do 30.3.2021 smo upotrijebili induktivnu i deduktivnu metodu, metodu analize i sinteze kao i za formiranje zaključaka, za analizu prometnih nesreća statističku metodu. Ograničenja u radu su bila u dostupnosti podataka i vremenu prikupljanja podataka. Po pregledu stručne literature potražili smo sve dostupne podatke za epidemiju Covid-19 u Sloveniji, zatim analizirali prometne nesreće u petogodišnjem vremenskom periodu i usporedili sa statistikom prometnih nesreća za vrijeme trajanja epidemije Covid-19 i dali prijedloge za poboljšanje stanja.

3. ANALIZA STANJA ZA VRIJEME EPIDEMIJE COVID-19 U SLOVENIJI

Nakon što je 4. ožujka u Sloveniji otkrivena prva infekcija novim koronavirusom, vlada je zabranila sve posjete bolnicama i domovima za starije osobe. U Sloveniji je epidemija Covida-19 bila proglašena 12. ožujka 2020. Vlada je propisala niz strogih mjera za ograničenje njenog širenja. Dana 30. ožujka je na snagu stupila Uredba o zabrani kretanja izvan općine prebivališta ili boravišta i na snazi je bila do 30. travnja. Mjere su djelovale tako da je vlada 31. svibnja 2020. razglasila završetak epidemije.

Epidemija je ponovno proglašena 19. listopada 2020. godine.

20. listopada 2020. od 21.00 do 06.00 sati po prvi put je stupila na snagu opća zabrana kretanja.

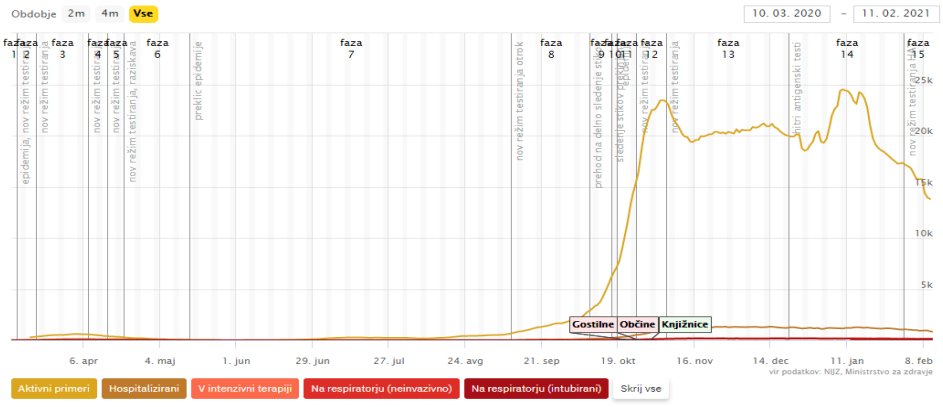
Uredbom o privremenom djelomičnom ograničenju kretanja ljudi se privremeno ograničavalo kretanje ljudi i ograničavalo ili zabranjivalo okupljanje ljudi u Republici Sloveniji radi sprječavanja infekcija te nadzora zarazne bolesti COVID-19.

- Prijelaz između općina privremeno je bio ograničen,
- Kretanje ljudi između 21.00 i 6.00 je ograničeno osim u nekim posebnim slučajevima kao što su:
  1. uklanjanje neposredne opasnosti za zdravlje, život i imovinu,
  2. dolazak na posao, odlazak s posla i obavljanje hitnih radnih zadataka,
  3. pristup i pružanje hitnih usluga,
  4. pružanje usluga dostave hrane ili lijekova,
  5. putovanja osoba koje su ušle u Republiku Sloveniju radi tranzita preko teritorija Republike Slovenije u susjednu državu ili u svoje mjesto prebivališta u Republici Sloveniji.

Od ponedjeljka 11. veljače 2021. ukinuta su ograničenja na prijelazu općinskih i statističkih regija. Ostala je mjera zabrane kretanja ljudi između 21.00 i 6.00 i u veljači 2021.

U drugom valu epidemije je Slovenija spadala među najslabije države u EU odnosno bila je među onima koje su imale najviše zaraženih osoba gledano na broj stanovnika.

Stanje aktivnih slučajeva i slučajeva koji su primljeni u bolnicu prikazuje slika 1 (https://covid-19.sledilnik.org/sl/stats, 2021).



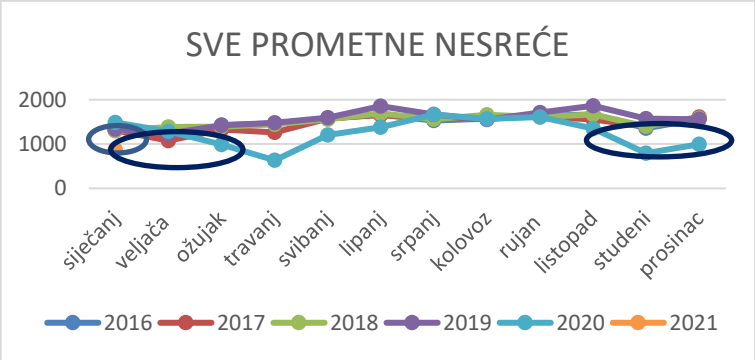
4. ANALIZA PROMETNIH NESREĆA

U tablici 1 vidljive su sve prometne nesreće u Sloveniji od 2016. godine do siječnja 2021, kao i prosječni iznosi koji su zanimljivi za prvi val epidemije Covida te drugi val epidemije (https://www.policija.si/o-slovenski-policiji/statistika/prometna-varnost, 22.4.2021). Došlo je do smanjenja prometnih nesreća u prvom valu epidemije jer se umjesto prosječnih (izračunan je mjesečni prosjek 2016. - 2019. godine) 1393,5/1413,25 (ožujak/travanj) dogodilo 990/634 prometnih nesreća što je smanjenje za skoro 29,0 % odnosno 55,1 %. U drugom valu epidemije došlo je do značajnog smanjenja prometnih nesreća jer je umjesto prosječnih (izračunan je prosjek za pojedine mjesece od 2016. do 2019. godine) 1434,25/1579,25/1316,6 (studeni/prosinac/siječanj) dogodilo se 795/995/871 prometnih nesreća što je smanjenje za 44,6 %, 37,0 % odnosno 33,8 %.

Tabela 1: Sve prometne nesreće u R. Sloveniji

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
2016	1322	1136	1432	1467	1578	1661	1530	1577	1631	1670	1359	1568	17931
2017	1309	1077	1327	1265	1571	1658	1582	1609	1624	1553	1400	1609	17584
2018	1297	1387	1392	1442	1556	1692	1559	1659	1613	1671	1402	1578	18248
2019	1338	1236	1423	1479	1596	1858	1668	1553	1708	1864	1576	1562	18861
2020	1484	1288	990	634	1206	1382	1665	1568	1611	1353	795	995	14971
2021	871												871
	1316,5		1393,5	1413,25							1434,25	1579,25	

Na slici 2 vidimo da je broj nesreća u Sloveniji 2020. bitno opao na određenim dijelovima grafa u donosu na dugogodišnji prosjek. Pad broja prometnih nesreća je vidan od ožujka do svibnja, odnosno u vrijeme trajanja prvog vala epidemije Covida od ožujka do kraja travnja, a onda se to još vidjelo u svibnju kada je došlo do povećanja broja prometnih nesreća. Drugi val epidemije Covida (https://www.avp-rs.si/wp-content/uploads/2021/02/22-2-2021.pdf, 2021) je na grafikonu vidan kao značajno opadanje broja prometnih nesreća od druge polovice listopada pa do siječnja 2021. (označeno elipsom na slici 2).



Slika 2: Sve prometne nesreće u R. Sloveniji

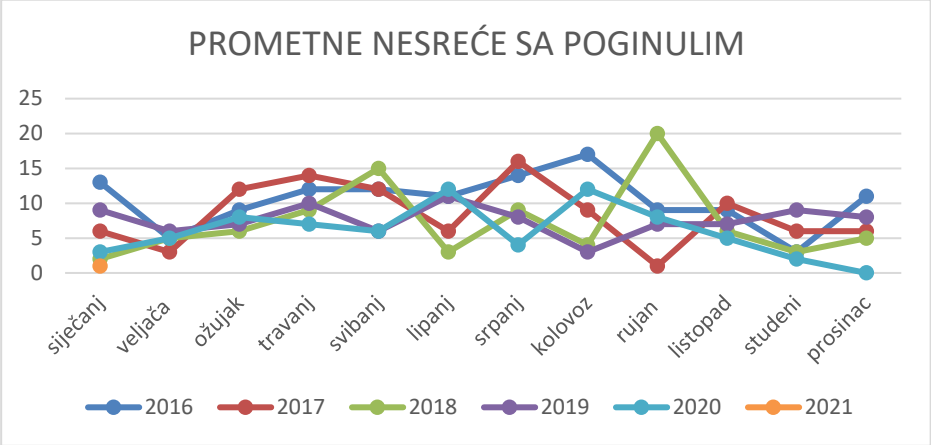
U tablici 2 prikazane su sve prometne nesreće s poginulima u Sloveniji od 2016. godine do siječnja 2021. kao i prosječne brojke koje su zanimljive za prvi val epidemije Covida te drugi val epidemije. Došlo je do smanjenja broja prometnih nesreća s poginulim osobama u prvom valu epidemije jer je umjesto prosječnih (izračunan je mjesečni prosjek 2016. - 2019. godine) 8,5/11,25 bilo 8/7 poginulih osoba u prometnim nesrećama što je smanjenje za skoro 5,9 % odnosno 37,8 %. U drugom valu epidemije došlo je do značajnog smanjenja prometnih nesreća s poginulim osobama jer je umjesto prosječnih (izračunan je prosjek od 2016. do 2019. godine) 5,25/7,5/7,5 bilo 2/0/1 prometnih nesreća s poginulim što je smanjenje za 61,9 %, 100,0 % odnosno 86,7 %.

Tabela 2: Prometne nesreće s poginulima u R. Sloveniji

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
2016	13	5	9	12	12	11	14	17	9	9	3	11	125
2017	6	3	12	14	12	6	16	9	1	10	6	6	101
2018	2	5	6	9	15	3	9	4	20	6	3	5	87
2019	9	6	7	10	6	11	8	3	7	7	9	8	91
2020	3	5	8	7	6	12	4	12	8	5	2	0	72
2021	1												1
	7,5		8,5	11,25							5,25	7,5	

Prometne nesreće s poginulim osobama su prikazane na slici 3. I ovdje je, ali u manjoj mjeri, moguće vidjeti prvi i posebno drugi val epidemije Covida kako je utjecao na smanjenje prometnih nesreća s poginulim

osobama stoga imamo u studenom samo 2 nesreće s poginulima, u prosincu nijednu, a smanjenje se nastavlja i u siječnju 2021. s jednom prometnom nesrećom u kojoj ima poginulih osoba.



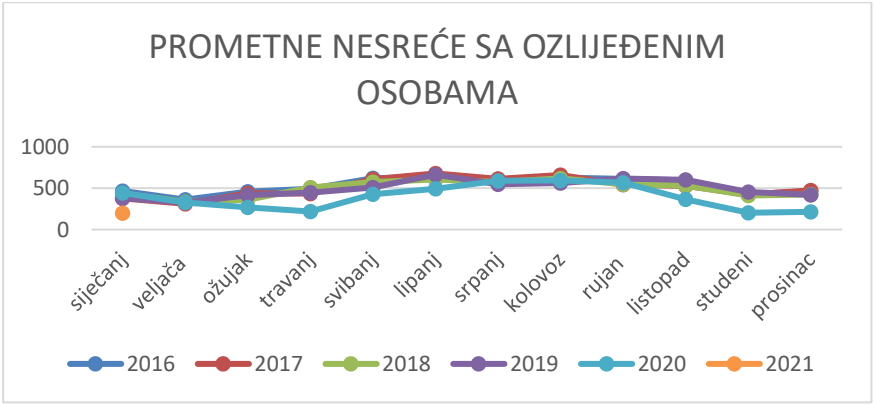
Slika 3: Prometne nesreće s poginulim osobama u R. Sloveniji

U tabeli 3 vidne su sve prometne nesreće sa ozlijeđenim osobama u Sloveniji od 2016. godine do siječnja 2021., kao i prosječni iznosi koji su zanimljivi za prvi val epidemije Covida te drugi val epidemije. Došlo je do znatnog smanjenja u prometnim nesrećama ozlijeđenih osoba u prvom valu epidemije jer je umjesto prosječnih (izračunan je prosjek 2016. – 2019. godine) 418,5/471 bilo 268/219 ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama što je smanjenje za skoro 36,0 % odnosno 53,5 %. U drugom valu epidemije došlo je do znatnog smanjenja ozlijeđenih osoba jer smo umjesto prosječnih (izračunan je prosjek 2016. – 2019. godine) 427,5/445,25/415 imali 203/213/200 ozlijeđenih u prometnim nesrećama što je smanjenje za 52,5 %, 52,2 % odnosno 51,8 %.

Tabela 3: Prometne nesreće sa ozlijeđenim osobama u R. Sloveniji

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
2016	467	362	458	493	621	636	610	628	611	595	425	464	6370
2017	378	311	438	435	608	678	612	659	543	526	421	475	6084
2018	436	335	361	509	574	606	575	618	545	533	411	424	5927
2019	379	325	417	447	509	663	545	562	617	599	453	418	5934
2020	442	325	268	219	426	494	590	594	565	365	203	213	4704
2021	200												200
	415		418,5	471							427,5	445,25	

Prometne nesreće sa ozlijeđenim osobama prikazuje slika 4 na kojoj je vidno znatno smanjenje ozlijeđenih osoba i u prvom valu i u drugom valu Covida.



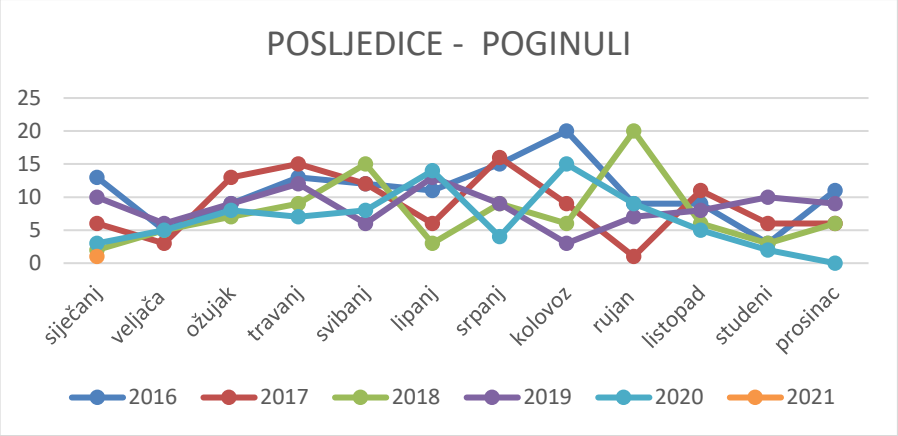
Slika 4: Prometne nesreće s ozlijeđenim osobama u R. Sloveniji

U tabeli 4 vidne su sve posljedice prometnih nesreća – poginule osobe u Sloveniji od 2016. godine do siječnja 2021. kao i prosječni iznosi koji su zanimljivi za prvi val epidemije Covida te drugi val epidemije. Došlo je do znatnog smanjenja poginulih osoba u prometnim nesrećama u prvom valu epidemije jer je umjesto prosječnih (izračunan je prosjek 2016. - 2019. godine) 9,5/12,25 bilo 8/7 poginulih osoba u prometnim nesrećama što je smanjenje za skoro 15,7 % odnosno 42,8 %. U drugom valu epidemije došlo je do znatnog smanjenja teških tjelesnih ozljeda jer je umjesto prosječnih (izračunan je prosjek 2016. - 2019. godine) 5,5/8/7,75 bilo 2/0/1 poginulih u prometnim nesrećama što je smanjenje za 63,6 %, 100 % odnosno 87,1 %.

Tabela 4: Prometne nesreće sa poginulim osobama (posljedice) u R. Sloveniji

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
2016	13	5	9	13	12	11	15	20	9	9	3	11	130
2017	6	3	13	15	12	6	16	9	1	11	6	6	104
2018	2	5	7	9	15	3	9	6	20	6	3	6	91
2019	10	6	9	12	6	13	9	3	7	8	10	9	102
2020	3	5	8	7	8	14	4	15	9	5	2	0	80
2021	1												1
	7,75		9,5	12,25							5,5	8	

Prometne nesreće sa poginulim osobama, kao posljedice prometnih nesreća, prikazuje slika 5 na kojoj je vidno znatno smanjenje poginulih osoba posebno u drugom valu Covida.



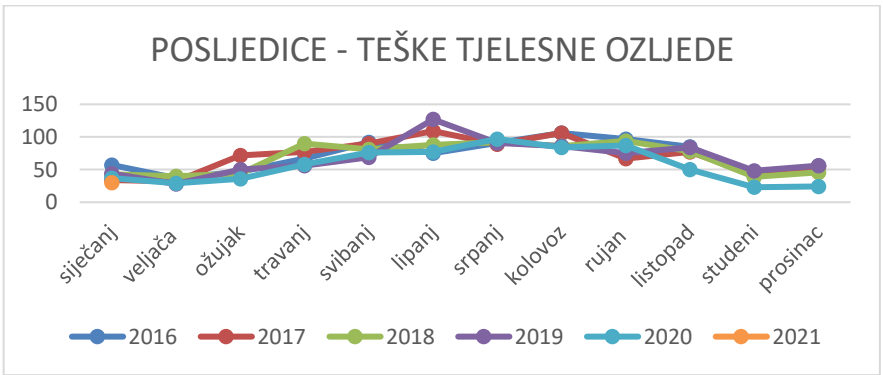
Slika 5: Posljedice prometnih nesreća - poginuli u R. Sloveniji

U tabeli 5 vidne su sve posljedice prometnih nesreća – teške tjelesne ozljede u Sloveniji od 2016. godine do siječnja 2021. kao i prosječni iznosi koji su karakteristični za prvi val epidemije te drugi val epidemije Covida. Došlo je do znatnog smanjenja teških tjelesnih ozljeda u prvom valu epidemije jer je umjesto prosječnih (izračunan je prosjek od 2016. do 2019. godine) 53,25/72,5 bilo 36/58 teških tjelesnih ozljeda u prometnim nesrećama što je smanjenje za skoro 32,4 % odnosno 20,0 %. U drugom valu epidemije došlo je do znatnog smanjenja teških tjelesnih ozljeda jer je umjesto prosječnih (izračunan je prosjek od 2016. do 2019. godine) 42,5/53,25/44,5 bilo 23/24/30 teških tjelesnih ozljeda u prometnim nesrećama, što je smanjenje za 45,9 %, 54,9 % odnosno 32,6 %.

Tabela 5: Posljedice prometnih nesreća – teške tjelesne ozljede

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
2016	57	37	47	67	92	75	91	106	97	85	40	56	850
2017	34	32	72	77	90	109	89	106	67	77	43	55	851
2018	43	40	44	90	81	88	92	86	94	78	39	46	821
2019	44	28	50	56	69	127	91	86	75	84	48	56	814
2020	37	29	36	58	76	77	97	84	87	50	23	24	678
2021	30												30
	44,5		53,25	72,5							42,5	53,25	

Posljedice prometnih nesreća – teške tjelesne ozljede prikazuje slika 6. Na njoj je vidljivo smanjenje ozlijeđenih osoba i u prvom valu Covida i znatno smanjenje u drugom valu.



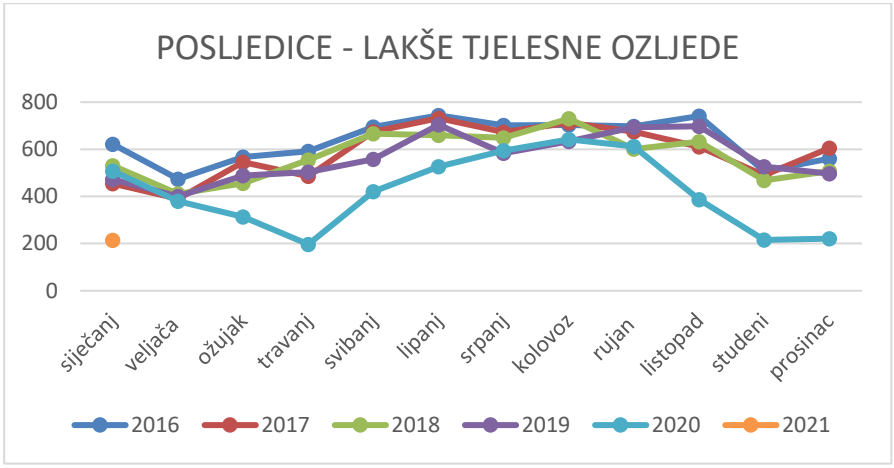
Slika 6: Posljedice prometnih nesreća – teške tjelesne ozljede u R. Sloveniji

U tabeli 6 prikazane su sve posljedice prometnih nesreća – lakše tjelesne ozljede u Sloveniji od 2016. godine do siječnja 2021. kao i prosječni iznosi koji su zanimljivi za prvi val epidemije te drugi val epidemije Covida. Došlo je do znatnog smanjenja lakših tjelesnih ozljeda u prvom valu epidemije jer smo umjesto prosječnih (izračunan je prosjek od 2016. do 2019. godine) 514,5/534 imali 313/197 lakših tjelesnih ozljeda u prometnim nesrećama što je smanjenje za skoro 39,2 % odnosno 63,1%. U drugom valu epidemije došlo je do znatnog smanjenja nesreća sa lakšim tjelesnim ozljedama jer je umjesto prosječnih (izračunan je prosjek od 2016. do 2019. godine) 498/542,5/519,75 bilo 216/221/214 lakših tjelesnih ozljeda u prometnim nesrećama što je smanjenje za 56,6 %, 59,3 % odnosno 58,8 %.

Tabela 6: Posljedice prometnih nesreća – lakše tjelesne ozljede

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
2016	621	474	567	592	695	744	702	703	698	741	508	561	7606
2017	455	390	546	486	675	732	673	713	675	610	490	605	7050
2018	531	411	456	555	667	659	648	730	601	633	468	508	6867
2019	472	400	489	503	558	704	584	634	693	698	526	496	6757
2020	507	380	313	197	421	527	594	642	612	387	216	221	5017
2021	214												214
	519,75		514,5	534							498	542,5	

Posljedice prometnih nesreća – lakše tjelesne ozljede prikazuje slika 7. Na njoj je uočljivo značajno smanjenje ozlijeđenih osoba u prvom valu kao i u drugom valu epidemije Covida.



Slika 7: Posljedice prometnih nesreća – lakše tjelesne ozljede u R. Sloveniji

5. ANALIZA PROMETNIH NESREČA U VREMENU POLICIJSKOG SATA

Za vrijeme policijskog sata (obrađeno je studeni i prosinac 2020. te siječanj 2021.) bilo je 97 lakih tjelesnih ozljeda, 22 teških tjelesnih ozljeda i tri smrtna slučaja. Navedeno je dosta manje nego u drugim godinama koje su tome prethodile kada je broj smrtnih slučajeva, gledano od 21.00 do 6.00 ujutro, varirao od 12 do 24, broj teških tjelesnih ozljeda od 35 do 53, broj lakih tjelesnih ozljeda od 227 do 338 u istom odabranom razdoblju za vrijeme policijskog sata. Možemo reći da je smanjenje broja smrtnih slučajeva bio od 75 % do 87,5 %, a teških tjelesnih ozljeda od 37,1% do 58,5%, te lakših tjelesnih ozljeda od 57,3 % do 71,3 %.

Iako je objektivno gledano u vremenu od 21.00 do 6.00 sati bila potpuna zabrana prometa zbog policijskog sata, osim izuzetih slučajeva, iznenađuje da taj pad posljedica prometnih nesreća nije bio i veći.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Utvrdili smo, da se promet i za vrijeme proglašenja prvog vala epidemije i još bolje za vrijeme proglašenja drugog vala epidemija Covid-19 znatno smanjio prvenstveno zbog proglašenih mjera i s tim različitim zabranama i prestankom rada određenih gospodarskih subjekata kao i proglašenom policijskom satu i zabrani prelaska granica općina u određenom periodu. Smanjenje prometa je bilo očekivano kao i bitno smanjenje prometnih nesreća te posljedica prometnih nesreća. Zanimljivo bi bilo utvrditi sa detaljnom analizom zašto se i dalje pojavljuju nesreće sa smrtnim ishodom i teškim povredama i u vrijeme policijskog sata, kada je bio promet znatno smanjen.

Naši zaključci potvrđuju preliminarne zaključke Vinglis i dr., 2020 da povećani stres i tjeskoba uzrokovane pandemijom Covid-19, daje suprotan (negativan) učinak na sigurnost cestovnog prometa, kao i dio zaključaka Alhajyaseen i dr. 2021 da se ukupan broj nesreća u Kataru značajno smanjio tijekom pandemije u odnosu na prethodnih 5 godina – što pokazuju i naši podaci za Sloveniju.

7. LITERATURA

Alhajyaseen W. K. M., Almukdad A., Husssain Q., Almallah M., Abdulah M., Abdullah M. M., Singaravelu J. ¸& Zammataro S., Road safety status during COVID-19 pandemic: exploring public and road safety expert's opinions, International journal of injury control and safety promotions, 2021,1-17.

AVP, Prometne nesreče i posledice, https://www.avp-rs.si/wp-content/uploads/2021/02/22-2-2021.pdf, 2021, 2.4.2021.

Covid 19 v Sloveniji, https://covid-19.sledilnik.org/sl/stats, 2021, 22.4.2021.

Policija, Prometna varnost – statistika, https://www.policija.si/o-slovenski-policiji/statistika/prometna-varnost, 22.4.2021.

Republika Slovenija Statistični urad, https://www.stat.si/StatWeb/Field/Index/17, 2021.

Vinglis, E., Beirness, D., Boase, P., Byrne, P., Johnson, J., Jonah, B., Mann, R.E., Rapoport, M. J., Seely, J., Wickens, C.M., Wiesenthal, D.L., Coronavirus disease 2019: What could be the effects on Road safety?, Accident analysis and prevention, 2020, 144, 5687-5687.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

TRANSPORT NETWORK MODELING

Elena – Claudia Lixandroiu[a]

[a] *Transport Engineering Faculty, Polytechnic University of Bucharest, Splaiul Independenţei no. 313, district 6, Bucureşti, zip code: RO-060042, ROMANIA, c.lixandroiu@yahoo.com*

Abstract: *Between the economic development of a region and its transport infrastructure always exist an interdependence. From the oldest times, the most prosperous regions have been located along important communication routes or at their intersection. The development potential of a region is all the greater as that region has a more developed transport infrastructure. Network modeling is studied as a way to describe a transport system, to obtain information about various aspects of its structural, functional, behavioral, informational, organizational atributes but also to predict its evolution in time. As in all systems, modeling flows and processes in a transport chain is paramount to starting the analysis and it represents the transposition of a studied segment with the help of variables in a schematic representation that provides a practical support for systems analysis.*

Key words: *network modelling; graph; traffic flow*

1. INTRODUCTION

The transport infrastructure is certainly one of the most important factors in national or regional economic competitiveness, together with the tax regime, technological infrastructure and research or the level of training of the workforce. The reverse of the relationship is also valid. Economic development leads to an even greater increase in transport needs, creating additional pressure on existing infrastructure.

Equally, the lack of adequate transport infrastructure can hinder development and the regional economy is not progressing or may even be involved. The difficult access (measured in time and cost) to the areas with economic, residential or leisure functions of a region, makes that region less attractive for the population and for the business environment. The high costs of transporting goods (whether we are talking about raw materials, semi-finished products or finished products) and the difficult movement of people from a certain area are factors that discourage economic investment and lead to the gradual destabilization of that area. Therefore, the reduction of isolation caused by geographical factors (in the case of predominantly mountainous or island regions), by demographic factors (in the case of regions withdispersed population) or in border areas is a constant concern of the European Union.

In this paper, network modeling is studied as a way to describe a transport system, to obtain information about various aspects of its structural, functional, behavioral, informational, organizational atributes but also to predict its evolution in time. As in all systems, modeling flows and processes in a transport chain is paramount to starting the analysis and it represents the transposition of a studied segment with the help of variables in a schematic representation that provides a practical support for systems analysis.

With the help of various information contained in the graph links such as flow characteristics, quantities transported, vehicle speeds, etc., we can answer a variety of problems that occur in current transportation systems. The most complex interaction between modes of transport takes place in interfaces (junction points) which is represented in this paper with the help of the Bond Graph modeling.

There is an interdependence between the economic development of a region and its transport infrastructure. The most prosperous regions have been located along important communication routes or at their intersection. The development potential of a region is all the greater as that region has a more developed transport infrastructure.

1.1. About Transport Networks

Transport networks play a key role in the territories they serve. The network is not just a consequence of one technological innovation or another. It is a consequence of a planning principle that establishes a relationship between technical possibilities and territorial service. Territorial management is also done through networks that

serve them, irrigate them, inform them, organize them. (Raicu 2007). There is usually a subset of nodes that have input / output nodes or access, or nodes that have link intersections, through which access is not possible. A second treatment describes the networks from a general perspective using specific forms of network (net network, radial network) and network variables. The definition of these variables is closely related to the shape of networks. For example, the dimensions of the link (artery) are an appropriate variable for determining the density of the network in the case of net or triangular networks but not for radial networks. Another approach involves treating the network hierarchically, because characteristic of the transmission network is how an arc, or a node affects the rest of the network. In this treatment different levels of network functionality can be differentiated. Each level of the network is suitable for certain specific types of travel, in terms of the length of the journey, while providing access to higher-level networks. Each level has its own characteristics regarding access density, network density, and network browsing speed. Higher level transport networks are suitable for long distance travel and have low levels of access densities and network densities but high speeds. Lower-level networks are characteristic of short journeys with high densities but low speeds.

1.2. Multilevel networks - the hierarchy of networks

Multimodal transport systems are based on several transport services and different levels of network. A multimodal journey may consist of an access link using motor vehicles on the road network at urban level and a main link using an inter-regional rail service, which implicitly uses the national railway infrastructure. Therefore, two additional dimensions are added, which can influence the study: the combination of transport services and the levels of the networks. Take 3 level network, where the highest level of the network, level 3 is characterized by a wide network, with few connections, limited accessibility and high speeds, suitable for long distance travel. The last level, 1, is characterized by high accessibility and low speeds, which makes it suitable for short distance travel and access to higher levels of the network.

Multilevel networks and multimodal transport are closely linked. A transport mode used to access a second mode, introduces a hierarchical relationship between the two modes and implicitly between the levels of the transport network used. The notion of hierarchy implies that in addition to its own function the transmission network also provides access to networks placed at a higher level. Consequently, multimodal transport requires multilevel transport networks, but multilevel networks are not necessarily multimodal networks.

The way the modes of transport are connected to each other is important for organization of networks and their hierarchy. In fact, we are faced with a supply chain (also called modal access hierarchy), in which the modes at the base of the hierarchy supply or serve as modes of access to those at a higher level. This chain also implies that the modes at the top depend on those at the base, suggesting a vertical gradient between the modes of transport.

In implementing a hierarchy within the network, several aspects must be taken into account. First of all, the structure of the network should be adapted to the space served and the demand for transport should be high enough to explain the existence of all levels of the network. There is a well-defined relationship between population density and expected traffic intensities and investment costs. Secondly, the upper levels of the network could replace the lower ones, thus causing a decrease in the density of the lower network, thus reducing costs.

One of the characteristics of the network that determines the hierarchy in the network, due to the interactions between the categories of travelers and the development of the network should be related to the use of the network. A hierarchical network yields only if each level of it is used by passengers for the service for which it was created. From this point of view there are two criteria that could be used to characterize the hierarchical networks. The first is based on reducing travel time, and the second on eliminating shortcuts, a criterion equivalent to the idea that higher levels of the network should be used as much as possible. Each level of the network has its own characteristics in terms of spatial accessibility, network density, speed. Also, each level has its own function and offers access to higher levels.

2. NETWORK MODELING

As in all systems, modeling flows and processes in a transport chain is paramount for starting the analysis. Modeling is an indispensable tool not only for describing a system and for obtaining information about various aspects of it (structural, functional, behavioral, informational, organizational, etc.) but also to predict its evolution over time. The modeling of a system represents the transposition of a studied segment with the help of the variables in a schematic representation that provides a practical support for the analysis of the systems. Multimodal transport modeling is a discipline still in its early stages of development. It consists in describing the

organization of transport processes and activities. These descriptions are the target of simulations to observe the evolution in various scenarios and to analyze and restructure and, therefore, improve the transport system.

Transport systems are complex and their performance depends on decisions made at different levels of society. The evaluation, design and management processes of these systems can be performed thanks to the models. Modeling allows the development and evaluation of strategies for improving transportation systems.

Network models are based on the representation of the transmission system through a network of related activities. Most of these models can be converted into an equivalent set of equations, so the treatment of network models can be considered an optimization problem. Network models include nodes that correspond to a particular location and a center of activities and connections that represent the movements of goods. Graph theory helps, in particular, to model and optimize large networks. In particular, the transport network can be modeled by a graph where the locations are represented by nodes, while the linear infrastructures are represented by arcs or connections. In other words, network models are easy to understand and visualize, because there is a direct correspondence between the model and the real structures.

2.1. Transport modeling by Bond graph (BG) method

The Bond graph method is a modeling technique for graphically representing the dynamic behavior of physical systems. It uses a unique language applicable to all fields of engineering sciences, also considerably facilitating the study of composite and heterogeneous systems. In order to obtain a macroscopic description of the transport flow, we rely on an analogy between the registered traffic laws and the Bond Graph laws, all under the procedure of an adapted spatial discretization.

Spatial discretization at the macroscopic scale, consists in subdividing the section of an infrastructure on which the model is to be applied, in a finite number of N equidistant segments [xi-1, xi] with the lenght Δxi, i=1,2,...N. The most important characteristics of the flow (flow rate δ, density ρ and velocity vi) are not dependent on position, they depend only on time.

2.1.1. The Bond graph model of a segment

In a simple case, the BG model described by the flow of goods will be placed on a segment on which the goods transport vehicles all go in the same direction and for simplicity we consider that the segment behaves as a secondary inflow or outflow. (Fig. 1)

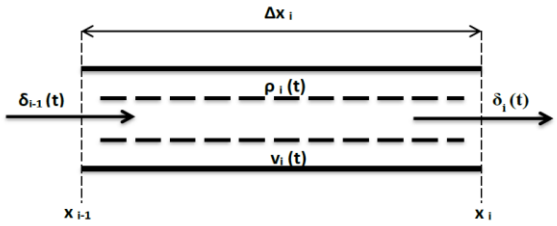


Figure 1: Schematic diagram of a one-way segment

In the BG model this segment is represented by an element C connected to a junction 0 as in figure 2.

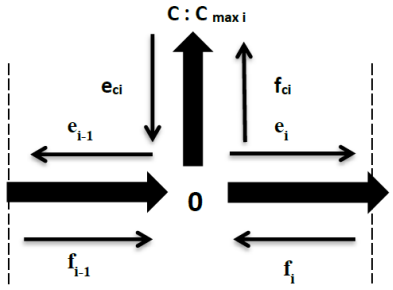


Figure 2: Representation of the BG element of segment i on which the vehicles carry the goods

The capacity value of element C, Cmax i, represents the limiting capacity of the segment. It corresponds to a maximum number of vehicles that can be presented on the segment [xi-1, xi] at time t. Thus, Cmax i is expressed as follows:

$$Cmax\ i\ =\ \rho max\ i\ *\ \Delta xi \qquad (1)$$

Where:
ρmax i = maximum density of segment i when all vehicles are stopped (when a deadlock occurs);
Δxi = length of segment i.

We make the correspondence between the average flow of vehicles, δ (t) which is expressed in number of vehicles per unit time. Consequently, junction 0 transposes the principle of conservation of masses corresponding to the reality of the transport flow. As an effect, it ensures the preservation of the number of vehicles per segment (no vehicle is lost or created), which intervenes in achieving the constitutive relations of the balance of flows belonging to the junction 0:

$$\begin{cases} ei-1 = eci = ei \\ fi-1 - fci - fi = 0 \end{cases} \quad (2)$$

fi -1 = flow of vehicles entering segment i, corresponding to the upstream segment (i- 1);
fi = the flow of vehicles leaving segment i and retreating to the downstream segment (i + 1);
fci = the flow of vehicles passing through segment i.
ei-1, ei, eci = variables of forces BG, where the force eci is related to the element C by:

$$eci(t) = 1\,Cmax * \int fci\,1\,0\,(\tau)d\tau \quad (3)$$

After assigning the causality of element C, junction 0, the relations (2) that record the fluidity of the flow of vehicles from segment i, can be rewritten in the form of a structured calculation scheme, distinguishing between known and unknown data.

$$\begin{cases} ei = eci \\ ei-1 = eci \\ fci = fi-1 - fi \end{cases} \quad (4)$$

Therefore, the flow of vehicles fci, which crosses the segment i is calculated from the input flow fi-1 and the output stream fi of the segment. In turn, f i-1 and fi depend on the flow conditions of the previous upstream and downstream segments, respectively.

The displacement variable qci (t), which is integral to the flow variable with respect to time, is rewritten:

$$qci\,(t) = \int fci\,1\,0\,(\tau)d\tau \quad (5)$$

Given that the flow variable of BG fci (t), which represents the flow of vehicles passing through segment i, is expressed in number of vehicles per unit time, the displacement variable qci (t) represents the instantaneous number of vehicles present on segment i, number which may be neither negative nor greater than the maximum number of vehicles per segment:

$$0 \le qci(t) \le C\max\, i \quad (6)$$

It should be noted that qci (t) is proportional to the density of vehicles along the length of segment i:

$$qci\,(t) = \rho ci\,(t) * \Delta xi \quad (7)$$

Where:

ρi = density on segment i (instantaneous number of vehicles per unit length).

The variable of forces, eci is written as follows:

$$eci(t) = qci(t)\,Cmax\,i \quad (8)$$

Result after replacements and simplifications:

$$eci(t) = \rho i(t)\,\rho\max\,i \quad (9)$$

From the equations presented above we can deduce the average instantaneous density of the vehicles and the corresponding speed, along the segment i:

$$\rho i\,(t) = \rho\max\, i * eci(t) \quad (10)$$

$$d\,qci(t) = 1\,\rho\max\, i * fci(t)\,eci(t) \quad (11)$$

$$d\,qci(t)\,d\,t = fi{-}1(t) - fi\,(t) \quad (12)$$

This equation describes the evolution of the number of vehicles on segment i, which varies depending on the balance of mass, inputs and outputs at a given time.

2.1.2. BG representation of an interface

We call the boundary between 2 adjacent segments i and (i + 1): the interface. This is a place where downstream traffic conditions are transmitted by vehicles. This interface can in turn be represented by an MTF junction of a module of adaptation mi, placed by a junction 1 and an element R, as shown in figure 3.

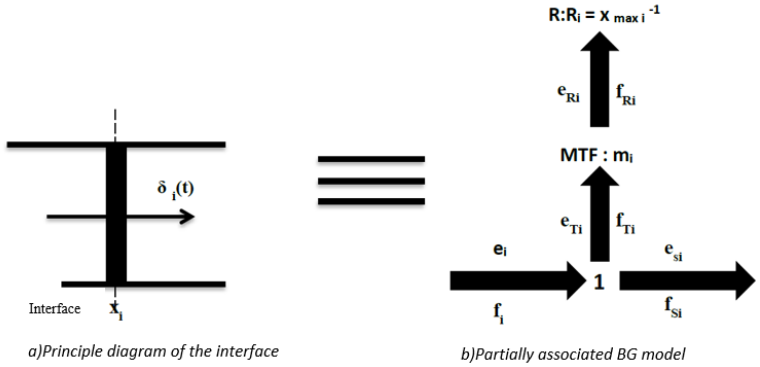


Figure 3: Associated BG model of the interface between the upstream and downstream segment (i + 1)

Junction 1 brings together the two segments, upstream and downstream, so it ensures continuity of flow and maintains the conservation property of vehicles at the interface. The constitutive relations at the junction level are:

$$fi = fTi = fSi$$
$$ei - eTi - eSi = 0 \quad (13)$$

Where:
fi and fsi = upstream flow (incoming), respectively downstream flow (outgoing).

These relationships show that the flow is identical upstream and downstream, which guarantees the preservation of the number of vehicles. The element R is introduced as the linear link of the force variable to the flow variable. It corresponds to the inverse of the maximum frequency of passage of some vehicle fleets through the interface:

$$Ri = 1\ x\max\ i \quad (14)$$

This element Ri represents the minimum passage time of the vehicle fleet in the segment upstream of the interface i.

The MTF mode transformer is introduced to take into account the traffic conditions upstream and downstream of the interface. Its module allows me to represent the behavioral changes of drivers resulting from the state of downstream traffic.

The flow at the interface level is calculated via the transformer. This transformer receives one of the two connections through junction 1, which carries information about the load, represented by the force variables of the 2 segments, upstream and downstream (i + 1). In turn, this information is transmitted by the transformer through another link, after supporting a transformation through the adaptation module mi. From junction 1, only one link is required, which must take over the information produced by the transformer regarding the vehicle flow, at the interface level and enter it through other links to the junction, in the upstream and downstream segments (i + 1), represented of figure 4.

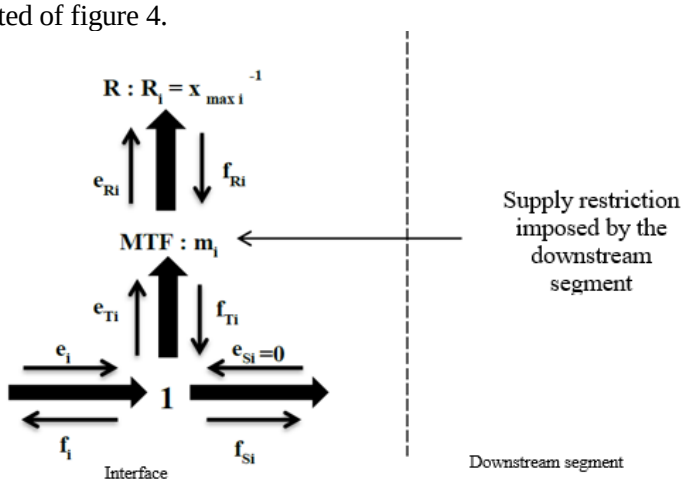


Figure 4: Preserving the anisotropic character of the traffic by moving the vehicles in the segment only forward

Constitutive equations of junction 1:

Element R :

$$fRi = eRi / Ri \tag{15}$$

MTF module transformer:

$$\begin{aligned} eRi &= mi * eTi \\ fTi &= mi * fRi \end{aligned} \tag{16}$$

Junction 1:

$$\begin{aligned} fSi &= fTi \\ fi &= fTi \\ eTi &= ei - esi \end{aligned} \tag{17}$$

The condition is that the vehicles move only forward on the segment, so the information on the traffic status in the downstream segment (i + 1) is transmitted to the upstream segment i, only through an information link, processed by the module mi at the interface i . Consequently, esi = 0 is involved.

It ensures the passage of vehicles from one segment to another by introducing a source of modulated flow.

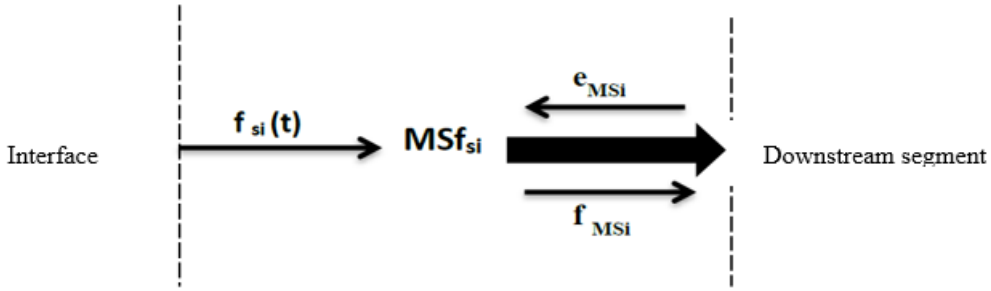


Figure 5: Modeling the passage of vehicles from one segment to another through a modulated flow source

Indeed, the MSfsi source is modulated by the flow of instantaneous vehicles fsi (t) exiting the interface i, regenerated as the flow of vehicles fMSi which will, in turn, be imposed on the downstream segment (i + 1), taking over the flow characteristics fsi (thus becoming fsi for the next infrastructure segment). Starting from the previous equations, the flow fsi at the interface level can be written in the form:

$$fSi = xmax\ i * mi2 * qci / Cmax\ i \tag{18}$$

The mi module of the MTF transformer can be identified as follows:

$$\begin{aligned} mi2 &= Cmax\ i * \alpha i / qci\ , daca\ qci \neq 0\ ; \\ mi2 &= 0\ , daca\ qci = 0. \end{aligned} \tag{19}$$

Finally, each element of the infrastructure is modeled by an elementary model as in figure 6.

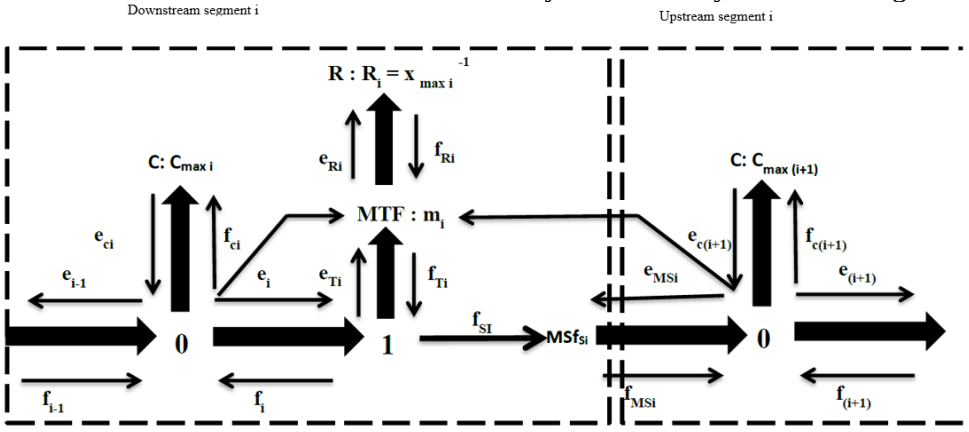


Figure 6: Modeling the passage of vehicles from one segment to another through a modulated flow source

Thanks to the concept of causality, the BG model systematically guides the writing of mathematical models (transfer matrices, linear or nonlinear equations and systems of differential equations) without any calculation and allows their presentation in the form of a calculation scheme performed directly on the computer, which creates access to many possibilities such as similar, optimization, performance evaluation or even the development of command laws.

The state variables, represented by the BG model of a section of the route, transpose the instantaneous number of vehicles in each transport segment. The knowledge of this information, at a given moment t0, allows the knowledge of the state of the transport flow in the section considered at all given moments, t> t0. This information available at any time may be taken into account by control or management systems in order to make a more relevant decision in the event of an unforeseen event.

This systematic formulation of state equations describes the dynamic behavior of the flow of goods, bringing valuable help in the synthesis of command laws for regulating traffic.

If the BG macroscopic model offers the possibility to graphically represent the behavior of the vehicle fleet in a global manner and allows the examination of the studied perspectives, it remains quite "coarse" in describing the transport flow in terms of infrastructures that need a certain precision.

3. CASE STUDY

With the help of various information contained in the graph links such as flow characteristics, quantities transported, vehicle speeds, etc., we can answer a variety of problems that occur in current transportation systems. The most complex interaction between modes of transport takes place in interfaces (junction points). With the help of the Bond Graph formalization, the activities of the transport system can be modeled.

Establishing the right links between the technologies of each mode of transport and the resources that interact in the node requires the analysis of a large number of variants. The attempt to limit these variants can start, for example, from the finding that at the interface between shipping and land transport, the fixed investment costs of the naval terminal and in ships are much higher than in the case of a road or rail terminal.

Due to the priority of technical equipment of naval transport, the number of variants and dependencies to be studied is reduced, especially in the case of transhipments. There are big differences between the loading capacities of ships and land vehicles, and the imperfect coordination between the technologies of the transport modes leads to the appearance of larger stationary than the normed ones for goods and means of transport. These stops, thus ensuring the maximum transport capacity, can be reduced (assuming some characteristics given for naval air transport), by determining the minimum number of means of land transport required, which can ensure the maximum capacity of the transfer of goods.

We treat the problem in the hypothesis that the goods loaded in the port, from the ship, in "terminal 0" arrives at the destination, in "terminal 3" appearing three transhipments, namely in terminals 0, 1 and 2. Although it would have preferred that the goods be transported directly , in order to avoid additional costs with transhipments, they are often unavoidable, for various historical, geographical (rivers, mountains) or political reasons (due to the lack of coordination and development of internal and international links between different segments of the road transport network and / or railway etc). We consider "terminal 3" located at a distance of 1300 km in the territory, the goods being transported by multimodal transport, using road transport on the initial segment (300 km) and in the final segment (600 km) and on the intermediate segment (600 km).

Under these conditions the duration of the duty cycle for vehicles is:

$$\begin{aligned} T1 &= t0 + t11 + d1\ /v\hat{\imath}1 + d1\ vg1 \\ T2 &= t12 + t2 + d2/\ v\hat{\imath}2 + d2\ /vg2 \\ T3 &= t23 + t3 + d3/\ v\hat{\imath}3 + d3\ vg3 \end{aligned} \qquad (1)$$

Where:
t0, t11, t12, t2, t23 - transhipment times at the terminals;
t3 - duration of unloading at the destination terminal, 3;
d1, d2, d3 - goods transfer distances;
vî, vg - average travel speeds of loaded and empty vehicles, respectively. If there are always vehicles available, theoretically, between successive arrivals in a terminal can be made equal intervals of value:

$$\Delta ti = Ti/\ ni \qquad (2)$$

where ni is the number of vehicles operating between terminals.

Transhipment times do not affect the operation of trains provided that their number is so small that the interval between successive arrivals is greater than or equal to the highest value of the transhipment or unloading time. This means that Δti ≥ tj, ie no vehicle must arrive at the terminal before the previous one leaves as this will lead to a proportional increase between the capacity of the system and the number of vehicles used.

If the number of vehicles to be loaded increases so much that the theoretical time interval Δt is reduced to the value Δti <tj, it follows that the given situation is no longer valid, because if a vehicle arrives before the end of operation of the previous vehicle, so he will have to wait. The result is an increase in domino transhipment times for future vehicles.

Thus the number of operative vehicles is:

$$ni = Ti \max (ti,tj) \quad (3)$$

and the number of non-operational vehicles is:

$$\Delta n_i = n_i - n_i \quad (4)$$

The effective transport capacity is:

$$C_i = Q_i / T_i * n_i \quad (5)$$

A system in which goods arriving in port are loaded into "terminal 0" is considered, with three road vehicles with a load capacity of 24 t / semi-trailer being available for transport to "terminal 1". At "terminal 1" the goods are unloaded in a temporary warehouse and reloaded into wagons, for transport over the next distance to "terminal 2" by rail. At "terminal 2" the goods are again unloaded in a warehouse and then loaded into road vehicles for transport to "terminal 3", the final destination.

For the situation described, and using an example of numerical calculation. (In the case of the example the train sets were equivalent to road vehicles with a capacity of 20 t = > n2 = 3.75) we get the below results.

The capacity C of the vehicles in system 1 (figure 8) reaches its maximum level C1, for $n1 = 4.16$, but as the number of vehicles can only have integer values, the maximum capacity of system 1 (road transport between terminal 0 and terminal 1), at the level of point A, shall be 7.68 tonnes (provided that four vehicles are allocated within the system). All points above point B, for n ≥5 vehicles correspond to an absolute maximum capacity of 8 t / h.

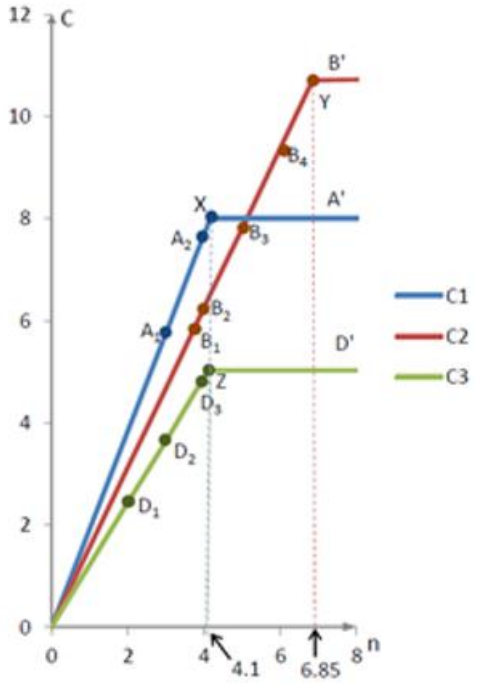


Figure 8: Capacity of the inland transport system according to the number of vehicles taking over at the transhipment points

For transport between terminals 1 and 2, respectively between terminals 2 and 3, the capacities are C2 = 5.85 t / h and C3 = 2.44 t / h. So the transport capacity is equal to that of system 2. Transhipment times depend not only on the capacity of the vehicles but also on the type of cargo, labor productivity and handling facilities. The imbalance in this example is due to the lack of vehicles in system 3. The increase in the number of vehicles, beyond the landing points (C1, C2, C3), means more non-operational means of transport, in which case the

imbalance is due more to the transhipment operation. . Therefore, measures must be taken to reduce the cycle time.

Transhipment times can be reduced by replacing inefficient technologies, better organization of the workforce, overtime, increased mechanized operating facilities, etc. Let us admit that the transhipment operations within system 1, at terminal 1 (t11) can be reduced from 3 to 2 hours and within system 3, at terminal 2 the transhipment operations (t23) are reduced from 4 to 2 hours and at terminal 3, the duration of unloading operations (t3) is reduced from 3 to 2 hours.

In these conditions the duration of the T1 cycle is reduced from 12.5 to 11.5 hours, and T3 from 16.4 to 13.4 hours. The value $n1$= 4.16 becomes 5.75 and $n3$ = 4.1 becomes 6.7. Also the capacity of system 1 becomes: C1 = 6.26 t / h and the capacity of system 2 becomes C3 = 2.98.

These changes as summarized in figure 9 led to an increase not only in the capacity of each of the two transfer systems, but also in the capacity of the entire system and also led to the displacement of the bearings, thus changing the maximum capacities.

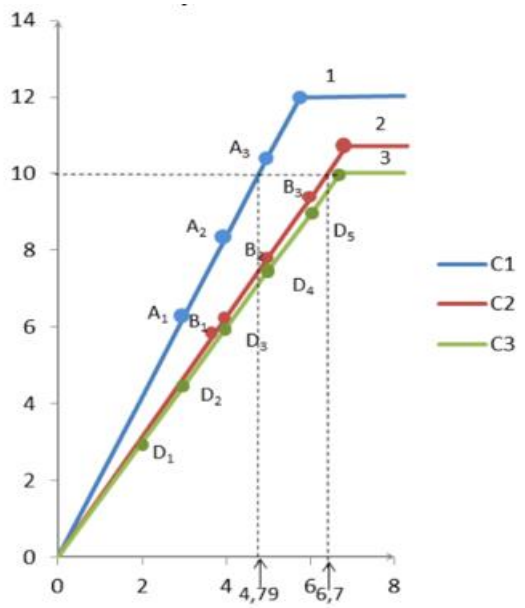


Figure 9: System capacity after reduction of transhipment operations

It is observed that the new maximum capacity of system 3 gives the capacity of the whole system, so the capacities for system 1, respectively 2 should be adapted to C1 = 8.34 (for n1 = 4) and C2 = 9.37 t / h (for n2 = 6).

From what is presented it appears that the efficiency of the entire transport system is dependent on two main factors: the degree of use of the means of transport and the duration of transhipment operations.

As a conclusion we can say that the capacity of the internal transport system is determined by the number and degree of use of the means of transport used, up to a limit (the levels in figure 8 and figure 9). Beyond this limit (the size of n calculated and increased to its higher integer value in the case of fractional results), the capacity of the transport system remains constant, increasing only the number of non-operational means of transport. In this situation, the increase of the transfer capacity is achieved by reducing the cycle of use of means of transport, especially as a reduction of stationary times for transhipment, unloading, reduction obtained by increasing the productivity of equipment used for this purpose).

4. REFERENCES

1. M. Tanasuica, Curs Transport Multimodal ;

2. Rob van Nes, Design of multimodal transport networks - A hierarchical approach, 2002;

3. Șerban Raicu, Sisteme de Transport , 2007

4. Șerban Raicu, STRATEGII DE DEZVOLTARE INTEGRATĂA MODURILOR DE TRANSPORT ŞI DE AMENAJARE A TERITORIULUI ,articol AGIR;

5. Șerban Raicu, Mihaela Popa, TRANSPORTURILE ŞI AMENAJAREA TERITORIULUI –ACCESIBILITATE ŞI ATRACTIVITATE, articol AGIR;

6. UN Training Manual on Operational Aspects of Multimodal Transport;

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE METHODOLOGY FOR THE ANALYSIS OF CAPACITY AND SERVICE LEVELS OF TWO-LANE ROADS

UPOREDNA ANALIZA METODOLOGIJE ZA ANALIZU KAPACITETA I NIVOA USLUGE DVOTRAČNIH PUTEVA

Ana Bonić[a], Marko Subotić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, ana.bonic15@gmail.com, marko.subotic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Two-lane roads in Bosnia and Herzegovina make up over 95% of the road network and take over almost all traffic. Increasing congestion in the traffic network is a consequence of the increased degree of motorization, which is one of the key problems of today. Since the degree of motorization is reflected through the congestion density, a qualitative measure is presented by the Level of Service, which is extremely important for the development of a methodology for analyzing the capacity and level of service of two-lane roads. The methodological approaches that will be analyzed in this paper are the methods from several editions of the American Highway Capacity Manual (HCM-1994, HCM-2000, HCM-2010 and HCM-2016) and the New-classical procedure whose methodology was developed for local conditions. Based on an extensive theoretical analysis, certain differences and deviations in the methods of capacity analysis and Service Level were determined. It is especially important to note that the condition of the road and the radius of horizontal curves are less primary indicators for American experts, which is also the basic essential difference between the new-classical procedure and the HCM methodology.*

Key words: *qualitative indicator, Service level, methodology*

Apstrakt: *Dvotračni putevi u Bosni i Hercegovini čine preko 95% putne mreže pa preuzimaju gotovo cjelokupan saobraćaj. Sve veća zagušenja na saobraćajnoj mreži posljedica su povećanog stepena motorizacije što predstavlja jedan od ključnih problema današnjice. S obzirom da se stepen motorizacije reflektuje kroz gustinu zagušenja kvalitativna mjera je predstavljena Nivoom Usluge (Level of Service) koja je od izuzetnog značaja za razvoj metodologije za analizu kapaciteta i nivoa usluge dvotračnih puteva. Metodološki pristupi koji će se u ovom radu analizirati su metode iz nekoliko izdanja Američkog priručnika za kapacitet puteva (HCM-1994, HCM-2000, HCM-2010 i HCM-2016) i Novo-klasični postupak čija je metodologija razvijena za lokalne uslove. Na osnovu opsežne teorijske analize utvrđene su pojedine razlike i odstupanja u metodama analize kapaciteta i Nivoa Usluge. Posebno je značajno napomenuti da su stanje kolovoza i radijus horizontalnih krivina manje primarni pokazatelji američkim stručnjacima, što ujedno predstavlja osnovnu suštinsku razliku između novo-klasičnog postupka i HCM metodologije.*

Ključne riječi: *kvalitativni pokazatelj, Nivo usluge, metodologija*

1. UVOD

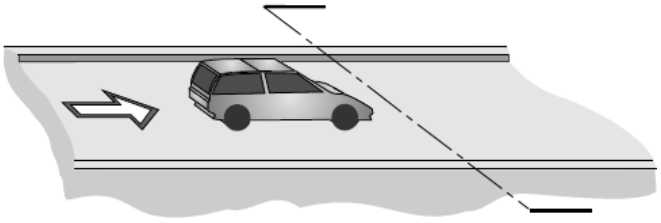
Kapacitet kao kvantitativna mjera i nivo usluge kao kvalitativna mjera sposobnosti drumskih saobraćajnica u udovoljavanju zahtjeva saobraćaja imaju ključnu ulogu u saobraćajno-tehničkom dimenzionisanju, projektovanju i planiranju mreže drumskih saobraćajnica, kao i u operativnom upravljanju saobraćajnim tokovima na mreži. Zbog njihove uloge može se uvidjeti da postoji potreba za analizom kapaciteta i nivoa usluge pa je cilj ovog rada izvršiti uporednu analizu različitih metodologija za analizu kapaciteta i nivoa usluge dvotračnih puteva.

U prvom dijelu rada su prikazani osnovni parametri saobraćajnog toka koji se koriste za analizu kapaciteta i nivoa usluge kao što su protok vozila, brzina i gustina saobraćajnog toka. U nastavku su prikazani metodološki pristupi u analizi praktičnog kapaciteta i nivoa usluge dvotračnih puteva, a na kraju je data i diskusija rezultata.

2. OSNOVNI PARAMETRI SAOBRAĆAJNOG TOKA VAŽNI ZA ANALIZU KAPACITETA I NIVOA USLUGE

Saobraćajni tok je istovremeno kretanje više vozila na putu u određenom poretku. U analizi uslova saobraćaja na putnoj mreži najbitniju ulogu imaju 3 osnovna parametra saobraćajnog toka: protok vozila, brzina toka i gustina toka.

Pod pojmom protok vozila (slika 1.) podrazumijeva se broj vozila koja prođu posmatrani presjek saobraćajnice u jedinici vremena u jednom smjeru za jednosmjerne saobraćajnice ili u oba smjera za dvosmjerne saobraćajnice. Protok vozila se označava slovom q (https://www.weboteka.net/fpz/Osnove%20prometnog%20in%C5%BEenjerstva/OPI_predavanje_4_-_Lj_Simunovic.pdf, 09.07.2021.).

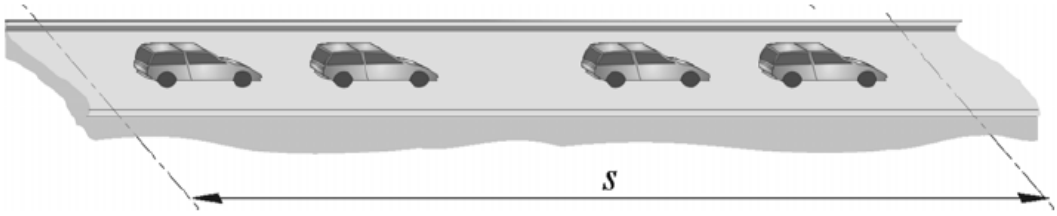


Slika 1. Protok vozila na presjeku (Dadić i dr., 2014.)

Brzina (oznaka V) se definiše veličinom prijeđenog puta u jedinici vremena i najčešće se iskazuje u km/h. U analizama saobraćajnih tokova koriste se različiti pojmovi za prosječnu brzinu toka poput:

- Prosječna brzina vožnje – količnik dužine posmatranog odsjeka puta i vremena provedenog u vožnji duž posmatranog odsjeka
- Prosječna brzina putovanja (ATS – average travel speed) - količnik dužine posmatranog odsjeka puta i vremena putovanja duž posmatranog odsjeka
- Srednja prostorna brzina – srednja vrijednost brzina svih vozila u saobraćajnom toku na odsjeku puta u posmatranom trenutku
- Srednja vremenska brzina – aritmetička sredina brzina svih vozila koja prođu posmatrani presjek puta u određenom vremenskom periodu.

Gustina (oznaka g) predstavlja broj vozila na jedinicu dužine na jednoj saobraćajnoj traci ili putu što je slikovito prikazano na slici 2. Pojam gustine vezan je prostorno za odsjek ili saobraćajnu dionicu, a vremenski za trenutno stanje.



Slika 2. Gustina saobraćajnog toka (Dadić i dr., 2014.)

Rastojanje sljeđenja je rastojanje između čela dva uzastopna vozila u saobraćajnom toku i najčešće se označava sa S_h [m/voz]. Interval sljeđenja predstavlja vremenski interval između prolaska dva uzastopna vozila kroz posmatrani presjek puta. Najčešći simbol za označavanje intervala slijeđenja vozila je t_h [sec/voz].

Navedeni parametri saobraćajnog toka važni su za analizu kapaciteta i nivoa usluge dvotračnih puteva.

Kapacitet je definisan kao maksimalna veličina protoka vozila koji može proći kroz posmatrani presjek saobraćajne trake ili kolovoza u određenom vremenskom periodu pod preovladavajućim putnim, saobraćajnim i regulacionim uslovima. Nivo usluge je kvalitativna mjera uslova saobraćaja na mreži (https://livrosdeamor.com.br/documents/skripta-kapaciteti-5cc130f643edb, 09.07.2021.).

Pojam nivoa saobraćajne usluge uveden je i definisan zbog potrebe vrednovanja iskorišćenosti kapaciteta putne mreže i funkcionalne opravdanosti proširenja i dogradnje iste tokom planskog perioda eksploatacije (Cvetković, 2015).

Šest nivoa usluge definisani su za svaki tip puta i funkcionalni dio mreže. Nivoi usluge označeni su određenim slovima od A (najbolji) do F (najlošiji uslovi saobraćaja). Svaki nivo pokazuje određeni kapacitet saobraćaja.

3. ANALIZA METODOLOGIJE ZA ANALIZU KAPACITETA I NIVOA USLUGE DVOTRAČNIH PUTEVA

Opšti metodološki pristupi u analizi praktičnog kapaciteta i nivoa usluge mogu se svrstati u dvije osnovne grupe i to:

- postojeće klasične pristupe koji se zasnivaju na izolovanom posmatranju odsjeka;
- buduća očekivanja koja će u analizi uvažavati interakcijski uticaj susjednih odsjeka.

Svi obrasci koji se zasnivaju na izolovanom posmatranju pojedinačnih odsjeka, posmatrani sa metodološkog aspekta, spadaju u grupu klasičnih pristupa. U klasične metodološke pristupe za analizu praktičnog kapaciteta i nivoa usluge spadaju (Kuzović,2000):

- tradicionalno klasični obrasci i
- novo-klasični obrasci.

Novo-klasičan postupak je metoda koja je razvijena na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu 2000.god. Brzina toka pri praktičnom kapacitetu na osnovnom odsjeku dvotračnog puta pri praktično idealnim uslovima iznosi V_{Co}=72,5 km/h, gustina toka pri praktičnom kapacitetu pri praktično idealnim uslovima iznosi g_{Co}=39,45 PA/km, a kapacitet osnovnog odsjeka dvotračnog puta pri praktično idealnim uslovima je Co=2860 PA/h/tr.

Kod novo-klasične metode razlikujemo dva slučaja za proračun brzine i gustine toka pri praktičnom kapacitetu:

- standardni slučajevi (Vsl > 70 km/h),
- specijalni slučajevi - na brzinu mjerodavnog vozila utiču: uzdužni nagib (V_{UN}), radijus horizontalne krivine (V_R) i stanje kolovoza (V_{SK}).

Ako su sve tri brzine (V_{UN}, V_R i V_{SK}) veće od 70 km/h, onda je to standardan slučaj, odnosno, ukoliko je bar jedna brzina manja ili jednaka od 70 km/h, onda je u pitanju specijalan slučaj.

Kapacitet puta u realnim okolnostima saobraćaja i putnih elemenata se naziva praktični kapacitet C. Novo-klasični obrasci za proračun praktičnog kapaciteta osnovnih odsjeka dvotračnih puteva:

$$C = V_C * g_C \quad (1)$$

gdje je: V_C – brzina pri praktičnom kapacitetu,

g_C – gustina pri praktičnom kapacitetu.

Najmanja vrijednost brzine pri praktičnom kapacitetu je mjerodavna za proračun praktičnog kapaciteta odsjeka puta.

HCM predstavlja najkorišteniji priručnik u analizama nivoa usluge i kapaciteta saobraćajnica, čija je svrha definisanje skupa metoda i procedura za ocjenjivanje multimodalnih performansi puteva i uličnih objekata sa aspekta operativnih mjera i indikatora nivoa usluge (Vidas, 2017).

U cilju utvrđivanja kapaciteta puta i realnih vrijednosti za nivoe usluge, vršena su obimna eksperimentalna istraživanja u realnim uslovima saobraćaja u više država u SAD-u. Prvo izdanje HCM-a seže u 1950. god. kada je bio prvi dokument za proračune kapaciteta različitih saobraćajnih entiteta. Preporuke iz trećeg izdanja HCM-94 prihvaćene su u većini zemalja svijeta pa i u našoj. Dalje revizije i nova izdanja iz 1997., 2000., 2004. i 2010. godine, kod tretiranja saobraćaja putničkih vozila na dvotračnim putevima zasnivaju se na fundamentalnim istraživanjima iz ranijeg perioda, ali su se postupci primjene prilagođavali sopstvenim potrebama i novijim iskustvima (Cvetković, 2015.).

Prema HCM-1994 razlikuje se analiza kapaciteta i nivoa usluge za odsjeke u *prosječnim* putnim i terenskim uslovima (ako je UN < 3%) te analiza kapaciteta i nivoa usluge za odsjeke na *specifičnim* usponima (ako je UN ≥ 3%).

Opšti oblik tradicionalno klasičnog obrasca za proračun praktičnog kapaciteta za odsjeke u prosječnim putnim i terenskim uslovima glasi:

$$C = C_0 * N * \prod_{i=1}^{n} F_i \quad (2)$$

$$\prod_{i=1}^{n} F_i = F_{a/b} * F_{ŠT} * F_{BS} * F_{KV} \quad (3)$$

gdje je: C_0=2800 PA/h/u oba smjera – osnovni (bazni) kapacitet pri praktično idealnim uslovima

N – broj saobraćajnih traka

$F_{a/b}$ – faktor uticaja neravnomjernosti veličine toka po smjerovima

$F_{ŠT}$ – faktor uticaja širine trake

F_{BS} – faktor uticaja bočnih smetnji

F_{KV} – faktor kombinovanog uticaja UN i % učešća komercijalnih vozila (AV, TV, BUS).

U cilju jednostavnije komunikacije sa stručnjacima u svijetu koji se bave ovom problematikom, opravdano je prihvatiti obrasce za analizu kapaciteta i Nivoa Usluge koji su dati u HCM-1994. godine, s tim što se umjesto C_0 = 2800 PA/h uzima promjenjiva vrijednost C_{0j} = F [terenskih uslova]. Obrazac iz HCM-1994.godine (za C_0 = 2800 PA/h) glasi:

$$SF_i = 2800 \cdot (V/C)_i \cdot f_d \cdot f_w \cdot f_{HV} \quad (4)$$

Ovaj obrazac iskazan simbolima koji se koriste u našoj zemlji i uz uvažavanje stava da je C_0=F [terenskih uslova] glasi:

$$q_{NUi} = C_{0j} \cdot (q/C)_i \cdot F_{a/b} \cdot F_{BS} \cdot F_{KV} \quad (5)$$

gdje je: C – praktični kapacitet odsjeka dvotračnog puta na odsjecima u prosječnim putnim i terenskim uslovima (voz/h u oba smjera);

C_{0j} – 2.860 PA/h u ravničarskom terenu, 2.770 PA/h u brdovitom terenu i 2.600 PA/h u planinskom terenu,

$q_{NUi} = SF_i$ – ukupna veličina saobraćajnog toka u oba smjera za preovlađujuće putne i saobraćajne uslove za nivo usluge (i), (voz/h u oba smjera);

$(q/C)_i = (v/C)_i$ – odnos veličina toka i kapaciteta u praktično idealnim uslovima za nivo usluge (i).

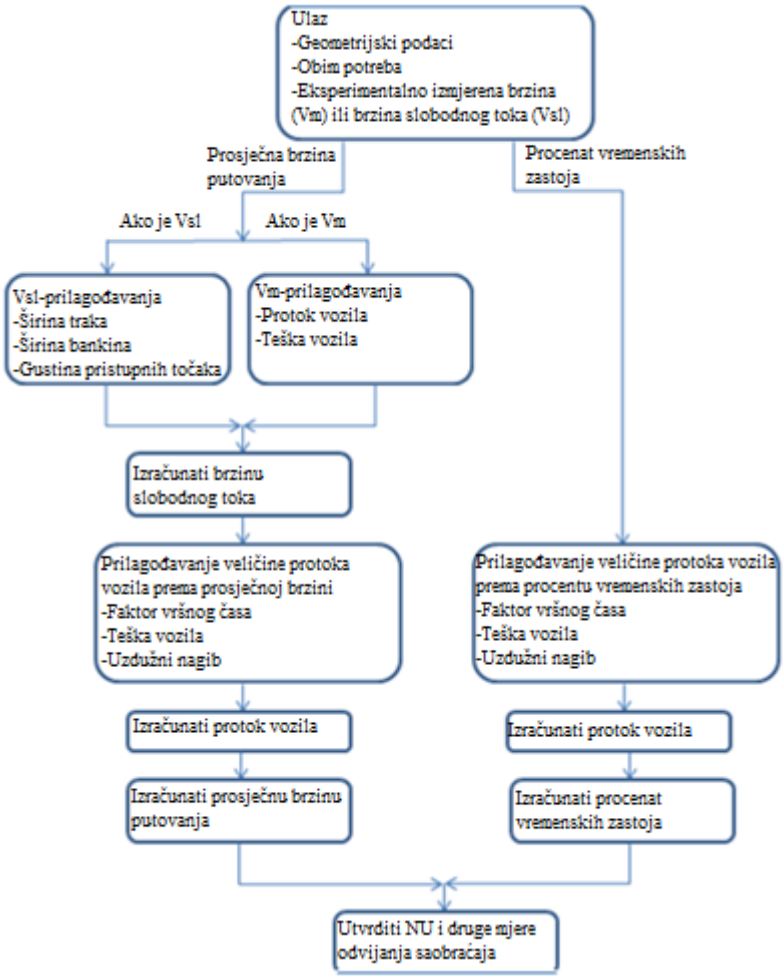
Veličina saobraćajnog toka za određeni nivo usluge, za svaku prosječnu brzinu na specifičnom usponu utvrđuje se po sljedećem obrascu:

$$q_{NUi} = C_{0j} \cdot (q/C)_i \cdot F'_{a/b} \cdot F_{BS} \cdot F_{PA} \cdot F_{KV} \text{ (voz/h)} \quad (6)$$

gdje je: $F'_{a/b}$ – korekcioni faktor za raspodjelu po smjerovima za odsjeke na specifičnim usponima,

F_{PA} – korekcioni faktor smanjenja kapaciteta zbog pogoršanja uslova vožnje putničkih vozila na usponu.

Iduća slika prikazuje sažetu osnovnu metodologiju za analizu nivoa usluge dvotračnih puteva prema HCM-2000.



Slika 3. Osnovna metodologija za analizu NU dvotračnih puteva prema HCM-2000 (National Research Council, 2000)

Nivo usluge dvotračnih vangradskih puteva u BiH i susjednim državama računa se prema HCM-2010 metodologiji.

U HCM-2010 definisane su tri klase dvotračnih puteva (National Research Council, 2010):

- I klasa dvotračnih puteva predstavlja one na kojima korisnici očekuju da će se kretati relativno velikim brzinama poput glavnih međugradskih pravaca, primarnih veznih puteva između glavnih generatora saobraćajnih zahtjeva u okviru države, pravaca sa visokim postotkom svakodnevnih korisnika. Na ovim pravcima najzastupljenija su daljinska kretanja.
- II klasa dvotračnih puteva predstavlja one dionice na kojima nije veliko očekivanje kretanja velikim brzinama poput puteva koji obezbjeđuju pristup putevima I klase, turističkih puteva, puteva na prolasku kroz neravan teren. II klasa najčešće opslužuje kretanja na kraće distance.
- III klasa dvotračnih puteva predstavlja dionice u umjereno razvijenim područjima. One mogu biti dijelovi dvotračnih puteva I i II klase u prolasku kroz manje gradove. Na tim dionicama dolazi do miješanja lokalnog saobraćaja sa tranzitnim i gustina nesignalisanih pristupnih točaka je značajno veća nego na vangradskim dionicama.

Formula za računanje praktičnog kapaciteta C [PA/h] prema HCM-2010 i HCM-2016 glasi:

$$C = 1700 * F_{UN} * F_{KV} \quad (7)$$

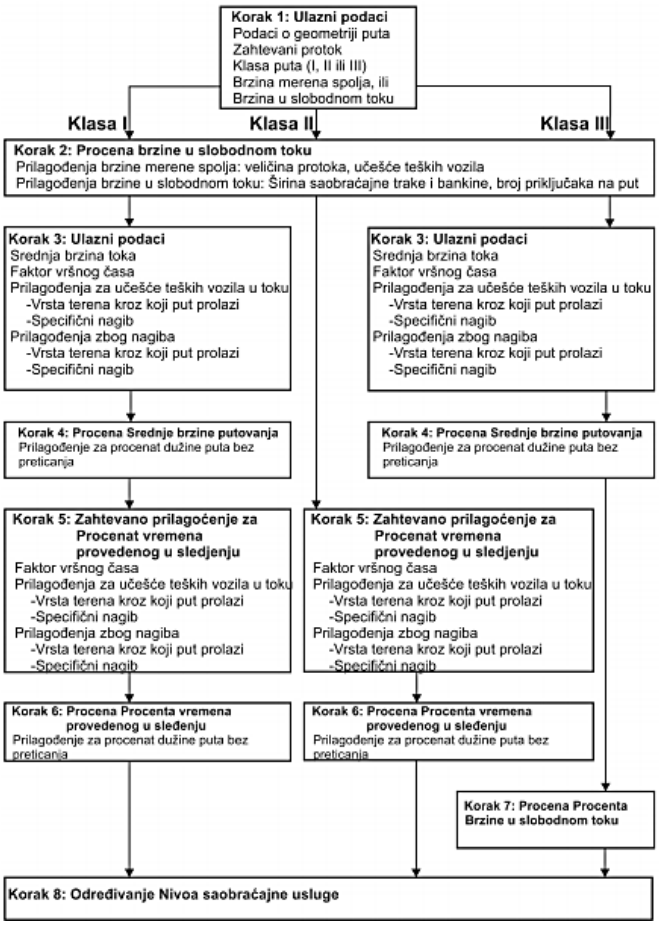
gdje je: F_{UN} – faktor korekcije nagiba terena,

F_{KV} – faktor korekcije za teška teretna vozila koji se usvaja iz odgovarajućih tabela u zavisnosti da li se gleda prosječna brzina putovanja ili postotak vremenskih zastoja.

Za dvotračne puteve klase I moraju se izračunati oba kapaciteta (i na osnovu prosječne brzine putovanja i na osnovu postotka vremenskih zastoja). Usvaja se niža vrijednost za kapacitet dionice dvotračnog puta. Za dvotračne puteve klase II izračunava se samo kapacitet temeljen na %VZ, a za dvotračne puteve klase III izračunava se samo kapacitet temeljen na V_{pr}.

Na slici 4. ilustrativno su prikazni osnovni koraci u metodologiji za analizu kapaciteta i nivoa usluge dvotračnih puteva prema HCM-2010. Ovi koraci su u potpunosti isti i u HCM.u iz 2016. godine.

Metodologija HCM-2016 generira sljedeće mjere performansi: prosječna brzina putovanja (V_{pr}), odnos V_{pr} i brzine slobodnog toka (V_{SL}), %VZ, nivo usluge (NU) zasnovan na jednoj ili više gore navedenih mjera ovisno o klasi puta, prosječno vrijeme putovanja, odnos protok – kapacitet (q/C), ukupno prijeđenih milja za vozila (VMT) tokom perioda analize i ukupan broj sati vožnje (VHT) tokom perioda analize (National Research Council, 2016).



Slika 4. Algoritam metodologije za analizu dionica dvotračnih puteva prema HCM-2010 (National Research Council, 2010)

4. REZULTATI I DISKUSIJA REZULTATA

Prema rezultatima istraživanja koja su obavljena od strane Saobraćajnog fakulteta i Instituta za puteve u periodu od 1969. do 1975. godine, a prikazana su u novo-klasičnom postupku, utvrđen je kapacitet za dionice dvotračnih puteva za dvosmjerni saobraćajni tok, pri praktično idealnim uslovima u iznosu od 2860 PA/h u oba smjera (Kuzović, 2000).

Kapacitet dvotračnih vangradskih puteva pod praktično idealnim uslovima prema HCM-ovim publikacijama od 1950. i 1965. godine, tj. sve do 1985. godine iznosio je 2000 PA/h u oba smjera, a tek u izdanjima 1985. i 1994. godine definisan je na veličinu 2800 PA/h u oba smjera (Kuzović, 2000).

Kapacitet dvotračnog puta prema HCM-2000, HCM-2010 i HCM-2016 pri baznim uslovima je 1700 PA/h u jednom smjeru, sa ograničenjem od 3200 PA/h za oba smjera. Zbog interakcije između vozila u različitim smjerovima, kada se u jednom smjeru dostigne kapacitet trake od 1700 PA/h ograničava se maksimalna vrijednost protoka u drugom smjeru na 1500 PA/h. Za kratke dužine dvotračnih puteva, poput tunela ili mostova, može se dostići kapacitet od čak 3400 PA/h za oba smjera, ali se to ne može očekivati za veću dužinu.

HCM-2000 nema postupak za proračun praktičnog kapaciteta, dok se praktični kapacitet u ostalim analiziranim metodologijama za analizu kapaciteta i nivoa usluge računa prema odgovarajućim obrascima.

U tabeli 1. prikazan je sumarni pregled kriterijuma za analizu kapaciteta i nivoa usluge dvotračnih puteva.

Tabela 1. Prikaz kriterijuma za analizu kapaciteta i nivoa usluge dvotračnih puteva

	Kapacitet		**Kriterijumi nivoa usluge**		
	Kapacitet pri idealnim uslovima	**Praktični kapacitet**			
Novo-klasični postupak	2860 PA/h/u oba smjera	$C=V_c*g_c$	Primarni: V, %VZ	Sekundarni: q/C	
HCM-1994	2800 PA/h/u oba smjera	$C=C_0*N*\prod_{i=1}^{n} F_i$	Primarni: %VZ	Sekundarni: V, q/C	
HCM-2000	1700 PA/h/u jednom smjeru 3200 PA/h/u oba smjera	-	Klasa I: V_{pr}, %VZ	Klasa II: %VZ	
HCM-2010	1700 PA/h/u jednom smjeru 3200 PA/h/u oba smjera	$C=1700*F_{UN}*F_{KV}$	Klasa I: V_{pr}, %VZ	Klasa II: %VZ	Klasa III: $\%V_{sl}$
HCM-2016	1700 PA/h/u jednom smjeru 3200 PA/h/u oba smjera	$C=1700*F_{UN}*F_{KV}$	Klasa I: V_{pr}, %VZ	Klasa II: %VZ	Klasa III: $\%V_{sl}$

Primarnu ulogu u definisanju nivoa usluge osnovnih odsjeka dvotračnih puteva, prema novo-klasičnom postupku, imaju brzina toka (V) i postotak vremenskih zastoja (%VZ), dok sekundarnu ulogu ima relacija tok/kapacitet (q/C), kao količnik između protoka i kapaciteta (https://livrosdeamor.com.br/documents/skripta-kapaciteti-5cc130f643edb, 09.07.2021.).

Prvo izdanje HCM-a je izašlo 1950. godine i nije sadržavalo definiciju nivoa usluge. U drugom izdanju iz 1965. godine definira se nivo usluge zasnovan na odnosu protoka i kapaciteta (q/C). Treće izdanje iz 1985. godine kao mjere efikasnosti, pored pomenutog odnosa qm/C, definira i prosječnu brzinu putovanja V_{pr} (average travel speed - ATS).

U HCM-1994 za definisanje nivoa usluge na dvotračnim putevima primarna uloga dodijeljena postotku vremenskih zastoja eksploatacione brzine u odnosu na brzinu u slobodnom toku u idealnim uslovima puta i saobraćaja %VZ (eng. percent delay PD), a sekundarna uloga brzini toka i relaciji tok/kapacitet. Prema HCM-2000, dvotračni putevi su podijeljeni na klasu I za koju se nivo usluge definira preko prosječne brzine putovanja V_{pr} (eng. average travel speed ATS) i preko postotka vremena provedenog u koloni koji se kod nas poistovjećuje sa postotkom vremenskih zastoja %VZ (eng. percent time-spent following PTSF), te klasu II gdje se NU računa samo preko %VZ (Čutura, 2018).

Prema HCM-2010 i HCM-2016 dvotračni putevi su podijeljeni na tri klase. Za svaku klasu dvotračnih puteva definisani su posebni pokazatelji mjerodavni za utvrđivanje nivoa usluge. Za I klasu dvotračnih puteva NU utvrđuje na osnovu prosječne brzine putovanja i %VZ. Na putevima II klase za utvrđivanje nivoa usluge koristi samo %VZ. Na putevima III klase pokazatelj nivoa usluge koristi postotak slobodne brzine $\%V_{sl}$ (percent

of free flow speed - PFFS). Granične vrijednosti mjera efikasnosti za određivanje nivoa usluge klasa I i II su ostale nepromijenjene u odnosu na HCM-2000.

U tabeli 2. su na osnovu opsežne analize utvrđene sljedeće specifičnosti, odnosno razlike u metodologijama.

Tabela 2. Specifičnosti pojedinih metodologija za analizu kapaciteta i nivoa usluge dvotračnih puteva

	Novo-klasični postupak	**HCM-1994**	**HCM-2000**	**HCM-2010**	**HCM-2016**
f_A	-	-	+	+	+
F_{KV}	Odgovarajuća tabela u zavisnosti od %KV	Standardni slučaj: $F_{KV} = \frac{1}{1+P_T(E_T-1)+P_R(E_R-1)+P_b(E_b-1)}$ Specijalni slučaj: $F_{KV} = 1 / [(1+P_{KV}(E_{KV}-1)]$	$F_{KV} = \frac{1}{1+P_T(E_T-1)+P_R(E_R-1)}$	$F_{KV} = \frac{1}{1+P_T(E_T-1)+P_R(E_R-1)}$	$F_{KV} = \frac{1}{1+P_T(E_T-1)+P_R(E_R-1)}$
Analiza NU	Dvosmjerna	Dvosmjerna	Jednosmjerna i dvosmjerna	Jednosmjerna	Jednosmjerna
V_{SL}	$V_{sl} \geq V_{NU"A"}$; $V_{NU"A"} = F(V_{sl})$	-	Direktno mjerenje na terenu; $V_{SL}=V_{SL0}-F_{BS}-f_A$	Direktno mjerenje na terenu; $V_{SL}=V_{SL0}-F_{BS}-f_A$; $V_{SL}=S_{FM}+0{,}00776(\frac{q}{F_{KV}})$	Direktno mjerenje na terenu; $V_{SL}=V_{SL0}-F_{BS}-f_A$; $V_{SL}=S_{FM}+0{,}00776(\frac{q}{F_{KV}})$
V	Standardni slučaj: $V_C=V_{Co}*F_{ŠT}*F_{BS}*F_{Va/b}$; Specijalni slučaj: $V_C=V_{UN} * F_{UN}$ $V_C=V_R * F_R$ $V_C=V_{SK} * F_{SK}$	-	$V=V_{SL}-0{,}0125q-f_{np}$; $V=V_{SL}-0{,}0125(q_d+q_o)-f_{np}$	$V=V_{SL}-0{,}00776(q_d+q_o)-f_{np}$	$V=V_{SL}-0{,}00776(q_d+q_o)-f_{np}$
q	$q=C*(q/C)i$	Standardni slučaj: $q=C_{0j}\cdot(q/C)_i\cdot F_{a/b}\cdot F_{BS}\cdot F_{KV}$ Specijalni slučaj: $q=C_{0j}\cdot(q/C)_i\cdot F'_{a/b}\cdot F_{BS}\cdot F_{PA}\cdot F_{KV}$	$q=\frac{Q}{FVS*F_{UN}*F_{KV}}$	$q=\frac{Q}{FVS*F_{UN}*F_{KV}}$	$q=\frac{Q}{FVS*F_{UN}*F_{KV}}$
g	Standardni slučaj: $g_C=g_{Co}*F_{ga/b}*F_{KV}$ Specijalni slučaj: $g_C=g_{Co}*F'_{gUNa/b}*F_{KV}$; $g_C=g_{Co}*F_{KV}*F_{gRa/b}$; $g_C=g_{Co}*F_{KV}*F_{gSKa/b}$	-	-	-	-

Stanje kolovoza i radijusi horizontalnih krivina nepoznati su pokazatelji američkim stručnjacima što ujedno predstavlja glavnu razliku između novo-klasičnog postupka i HCM metodologije.

Dok se nivo usluge u novo-klasičnom postupku i HCM-u iz 1994.god. računa prema dvosmjernim analizama, u HCM-2000 se računa prema jednosmjernim (directional) i dvosmjernim (two-way) analizama. U dvosmjernoj analizi uvrsti se ukupno saobraćajno opterećenje oba smjera, a zatim se uticaj raspodjele saobraćaja po smjeru i uticaj zona bez pretjecanja korigira preko koeficijenta $f_{d/np}$. U jednosmjernoj analizi uvrštava se saobraćajno opterećenje analiziranog smjera, a uticaj suprotnog smjera definira se preko određenih koeficijenata. Zatim se koeficijentom f_{np} u jednosmjernoj analizi definira uticaj zona bez pretjecanja. Dvosmjerna analiza daje manje vrijednosti od jednosmjerne, a mogu se dobiti i nelogični rezultati za ekstremne slučajeve distribucije po smjeru. Zbog ovih razloga, u sljedećim izdanjima HCM-a zadržana je samo jednosmjerna analiza.

Faktor uticaja pristupa f_A prvi put se pojavio u izdanju HCM-2000. U HCM-2000 ne postoji konkretna procedura koja bi se odnosila na pristupe (predloženo je da se oni posmatraju kao nesignalisane raskrsnice) i to predstavlja potencijalnu slabost jer se ne uzimaju u obzir zastoji u saobraćajnom toku koji nastaju uslijed manevara na nesignalisanim raskrsnicama. Ovaj problem je riješen kroz uvođenje dodatne III klase dvotračnih puteva u HCM 2010 (Vidas, 2017).

Prema HCM-1994 pod komercijalnim vozilima razlikuju se kategorije BUS (autobus), TV (teška vozila) i RV (rekreativna vozila), dok se u Novo-klasičnom postupku ne razlikuju navedene kategorije vozila. U preostalim analiziranim metodologijama (HCM-2000, HCM-2010 i HCM-2016) razlikuju se učešća teških teretnih i poluteretnih vozila u saobraćajnom toku. U HCM-u iz 2000., 2010. i 2016. god. na velikim specifičnim padovima gdje su vozači kamiona prisiljeni na rad u niskom stupnju prijenosa kako bi primijenili kočenje

motora, jer uobičajeni kočioni sustav ne bi bio dovoljan da uspori ili zaustavi teško vozilo (vozilo se kreće brzinom puzanja) koristi se i sljedeća formula za korekcijski faktor za teška vozila:

$$F_{KV} = \frac{1}{1+P_{TC}*P_T(E_{TC}-1)+(1-P_{TC})*P_T*(E_T-1)+P_R(E_R-1)} \quad (8)$$

Gustina (g) je bila važan parametar u novo-klasičnom postupku jer se prema ovom postupku kapacitet računa kao umnožak brzine pri praktičnom kapacitetu i gustine pri praktičnom kapacitetu. U HCM metodologiji pažnja nije bila posvećena računanju gustine.

U HCM-2010 i HCM-2016 protok se utvrđuje na osnovu iste formule kao u priručniku HCM-2000 gdje je jedina razlika što se faktori F_{UN} i F_{KV} usvajaju iz odgovarajućih tabela u zavisnosti da li se gleda prosječna brzina putovanja ili postotak vremenskih zastoja.

HCM-2010 unosi niz promjena u inženjersku praksu. Najveći naglasak je na multimodalnosti, odnosno u procedurama sveobuhvatnih analiza gdje se objedinjeno posmatraju svi modovi putnog saobraćaja (automobilski, pješački, biciklistički). Krajnja ocjena nivoa usluge je dobijena za kompletnu saobraćajnicu tj. sve modove drumskog saobraćaja. I kod HCM-2016 također je naglasak na multimodalnosti (Vidas, 2017).

U HCM-2010 neznatno je korigovana tabela kriterijuma u odnosu na HCM-1994 za nivo saobraćajne usluge prema brzini toka i vremenskom zastoju u skladu sa podjelom vangradskih dvotračnih puteva na klase I, II i III u SAD-u, gdje se za klase II i III dopušta znatno veći vremenski zastoj čime se dopušta i znatno manja brzina saobraćajnog toka.

Opća metoda HCM-2010 se i dalje (kao i u HCM-1994) zasniva na faktorima umanjenja osnovnog kapaciteta u idealnim uslovima, na vrijednosti koje se očekuju u realnim uslovima. Rezultati analize po HCM-1994 i HCM-2010 se neznatno razlikuju (Cvetković, 2015).

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je pažnja usmjerena na metodološke pristupe u analizi praktičnog kapaciteta i nivoa usluge dvotračnih puteva i njihovu usporedbu. Prikazane su metode iz četiri izdanja Američkog priručnika za kapacitet puteva (HCM-1994, HCM-2000, HCM-2010 i HCM-2016) i Novo-klasični obrasci.

Prema Novo-klasičnom postupku utvrđeno je da kapacitet za dionice dvotračnih puteva pri praktično idealnim uslovima iznosi 2.860 PA/h/ u oba smjera, dok prema HCM-1994 ovaj kapacitet iznosi 2800 PA/h/u oba smjera, a prema HCM-u iz 2000., 2010. i 2016. godine iznosi 1700 PA/h/u jednom smjeru tj. 3200 PA/h/u oba smjera. Postoje formule za proračun praktičnog kapaciteta pri čemu se moglo uočiti da jedino HCM-2000 ne sadrži postupak za proračun praktičnog kapaciteta.

Važno je spomenuti da su stanje kolovoza i radijusi horizontalnih krivina manje primarni pokazatelji američkim stručnjacima što ujedno predstavlja osnovnu razliku između novo-klasičnog postupka i HCM metodologije.

Prema Novo-klasičnom postupku se ne razlikuju kategorije BUS i TV, već se sva ta vozila broje samo kao komercijalna vozila dok se kod HCM-1994 klasifikuju kategorije komercijalnih vozila (BUS, TV i RV) i prema odgovarajućoj formuli se izračunava F_{KV}. I u HCM metodologiji počevši od HCM-2000 se prilikom računanja F_{KV} uzima u obzir % učešća teških teretnih i poluteretnih vozila u saobraćajnom toku, ali se ne razlikuju kategorije BUS i TV.

S obzirom na stav u HCM-u iz 1994.god. o neosjetljivosti brzine na promjenu veličine toka, u navedenom priručniku je za definisanje nivoa usluge na dvotračnim putevima brzina izgubila primarnu ulogu. Ovakav stav razlikuje HCM-1994 od ostalih metodologija obrađenih u ovom radu. Gustina je bila važan parametar u novo-klasičnom postupku dok u HCM metodologiji pažnja nije bila posvećena računanju gustine.

Prikazani su i kriterijumi nivoa usluge. Kod novoklasičnog postupka su primarni kriterijumi V i %VZ, a sekundarni q/C, dok su kod HCM-1994 primarni %VZ, a sekundarni kriterijumi su V i q/C. Kod metodologija HCM-2000, HCM-2010 i HCM-2016 kriterijumi za analizu nivoa usluge zavise od klase puta. Tako su kod HCM-2000 za I klasu definisani kriterijumi V_{pr}, %VZ, a za II klasu %VZ. Kriterijumi za analizu nivoa usluge prema HCM-2010 i HCM-2016 su identični. Prema ovim priručnicima kriterijumi za I klasu su V_{pr} i %VZ, za II klasu %VZ, a za III klasu je %Vsl.

Sjedinjene Američke Države su 2020. godine predstavile i najnoviju metodologiju HCM-a koja nije analizirana u ovom radu jer ova verzija HCM-a još nije dostupna na našem području. Dakle, pravci daljih istraživanja trebaju biti usmjereni ka permanentnom odnosno kontinualnom praćenju nastalih promjena u metodologijama za analizu kapaciteta i nivoa usluge dvotračnih puteva.

6. LITERATURA

Cvetković, D. (2015). Uticaj geometrijskih elemenata puta obima i strukture saobraćaja na određivanje referentnih vrijednosti pri definisanju funkcionalne opravdanosti za intervenciju na putu, Doktorska disertacija, Niš: Građevinsko-arhitektonski fakultet.

Čutura, B. (2018). Modeliranje postotka vremena provedenog u koloni na dvotračnim izvangradskim cestama, Doktorska disertacija, Split: Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije.

Dadić, I., Kos, G., Ševrović, M. (2014). Teorija prometnog toka. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Zavod za prometno planiranje.

Highway Capacity Manual (2000). Washington DC: Transportation Research Board, National Research Council

Highway Capacity Manual (2010). Washington DC: Transportation Research Board, National Research Council

Highway Capacity Manual (2016). Washington DC: Transportation Research Board, National Research Council

Kuzović, Lj. (2000). Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica. Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.

Vidas, M. (2017). Uticaj kontrole pristupa na kapacitet i nivo usluge dvotračnih puteva, Doktorska disertacija, Beograd: Saobraćajni fakultet

https://www.weboteka.net/fpz/Osnove%20prometnog%20in%C5%BEenjerstva/OPI_predavanje_4_-_Lj_Simunovic.pdf (09.07.2021.)

https://livrosdeamor.com.br/documents/skripta-kapaciteti-5cc130f643edb (09.07.2021.)

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

URBAN PLANINIG AND TRAFFIC SAFETY

URBANISTIČKO PLANIRANJE I BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Aleksandar Pavlović[a], Darija Pavlović[b]

[a] *CIS inženjering doo, Vase Pelagica 42, Odzaci 25250, Serbia, aleks.pavlovic@gmail.com, darija@cisinzenjering.rs*

Abstract: *The purpose of this paper is to point out the interdependence of urban planning and traffic safety. In order to reflect the mutual dependence between urban planning and traffic safety the survey and analysis of the state of traffic safety in local communities and the analysis of urban documentation were performed. After the conducted analyses the dependence between urban planing and the traffic safety was established. Recognition of this mutual relationship can have the huge benefit to the local community and the traffic safety because trought the improvement of urban documentation, we can also improve traffic safety.*

Key words: *traffic safety, urban planinig*

Apstrakt*: Cilj ovog rada je ukazivanje na međusobnu zavisnost urbanističkog planiranja i bezbednosti saobraćaja. Da bi se pokazala međusobna zavisnost između urbanističkog planiranja i bezbednosti saobraćaja, u okviru rada, izvršeno je sagledavanje i analiza stanja bezbednosti saobraćaja u lokalnim zajednicama I analiza urbanističke dokumentacije. Nakon sprovedenih analiza može se pretpostaviti da postoji zavisnost između urbanističkog planiranja i bezbednosti saobraćaja. Prepoznavanje ovog međusobnog odnosa može biti od velike koristi za lokalnu zajednicu i bezbednost saobraćaja jer kroz unapređenje urbanističke dokumentacije možemo izvršiti i unapređenje bezbednosti saobraćaja.*

Ključne riječi: *bezbezdnosti saobraćaja, urbanističko planiranje*

1. UVOD

Da li postoji međusobna zavisnost između urbanističkog planiranja i bezbednosti saobraćaja?! Da, postoji! Bez obzira da li se problem "gura pod tepih", da li mi vršimo istraživanja ili ne, da li je nekom stalo do toga….međusobna zavisnost postoji.

Urbanističko planiranje i bezbednost saobraćaja su kao samostalne oblasti velike i dovođenje ovih oblasti u međusobni odnos je ogroman posao.

Kao problemi u istraživanju se javljaju već spomenuta veličina predmetnih oblasti, ali i problemi koji nastaju usled ne uočavanja i ne definisanja velikog broja nepravilnosti i nedostataka, kao i nepostojanje ili mali broj istraživanja na temu međusobnog odnosa urbanističkog planiranja i bezbednosti saobraćaja.

Sagledavanjem oblasti prostornog planiranja, urbanizma, građevinarstva i saobraćaja, u okvirima zakonske regulative Republike Srbije, možemo uočiti brojne probleme vezane za sprovođenje i implementiranje iste u praksi.

S obzirom na obimnost predmetnih oblasti i veliki broj uočenih problema, ovim radom je nemoguće svakom problemu posvetiti posebnu pažnju pa je zato za potrebe ovog rada odabran jedan problem tehničke dokumentacije koja utiče na urbanističko planiranje i bezbednost saobraćaja. Kao jedan od glavnih uočenih problema je posmatran stručni tim na izradi urbanističke dokumentacije tj. diplomiranog saobraćajnog inženjera na izradi urbanističke dokumentacije. Ostali uočeni nedostaci tehničke dokumentacije koji se ogledaju u smislu njenog sadržaja, vrste, obima, kvaliteta i naravno ostalog stručnog kadra koji se njome bavi, koji je izrađuje, kontroliše i sprovodi jednim delom su spomenuti, ali njihovo postojanje nije dovođeno u direktnu vezu urbanističkog planiranja i bezbednosti saobraćaja.

2. METODE

Radi definisanja metodologije za utvrđivanje uticaja urbanističkog planiranja na bezbednost saobraćaja potrebno je izvršiti sagledavanje svih činilaca - sistema koji su međusobno povezani. Generalno možemo izdvojiti dva sistema i to:

- Urbanističko – plansku dokumentaciju,
- Stanje bezbednosti saobraćaja.

Nakon definisanja bitnih činilaca sistema usvojena je metodologija kojom je izvršena:

- Analiza urbanističke dokumentacije u jedinicama lokalne samouprave (dalje: JLS),
- Analiza stanja bezbednosti saobraćaja u JLS,

U okviru prvog koraka izvršena je analiza urbanističko - planske i projektne dokumentacije na osnovu javno dostupnih dokumenata JLS na uzorku od 152 JLS na teritoriji Republike Srbije. Prilikom analize planske dokumentacije svake JLS izabran je jedan važeći planski dokument koji u okviru svog rada obuhvata planiranje najmanje jedne saobraćajnice. Na ovako izabranoj planskoj dokumentaciji posmatrano je da li je na izradi planskog dokumenta učestvovao diplomirani inženjer saobraćaja.

Radi lakše analize i prikaza uporednih podataka teritorija Republike Srbije je razvrstana po NSTJ 1 na: Srbija – Sever i Srbija Jug (Šumadija i Zapadna Srbija, Južna i Istočna Srbija i Kosovo i Metohija), (https://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%A1%D0%A2%D0%88). Podaci s Kosova i Metohije nisu dostupni pa zato nisu ni obuhvaćeni u okviru analize.

U ovom koraku izvršena je analiza planske dokumentacije na nivou Republike Srbije, zasebno po usvojenim regionima, i na kraju je dat uporedni prikaz izrađene planske dokumentacije bez učešća saobraćajnog inženjera po regionima.

Narednim korakom izvršena je analiza stanja bezbednosti saobraćaja u JLS. Kao glavni pokazatelj u okviru ove analize posmatran je broj poginulih po lokalnim zajednicama u Republici Srbiji, za period 2011 – 2015. godine. Dobijeni podaci su takođe prikazani po usvojenim regionima, Srbija – Sever i Srbija – Jug, ne uzimajući u obzir podatke za Beograd i A.P. Kosovo i Metohiju. Grad Beograd nije obuhvaćen analizom jer on u svakom slučaju predstavlja zasebnu celinu i njega kao takvog treba zasebno analizirati, dok A.P. Kosovo i Metohija nisu uzeti u razmatranje jer su prethodne analize urađene bez podataka sa prostora te autonomne pokrajne.

Kako bi se utvrdio i uspostavio odnos između urbanističkog planiranja i stanja bezbednosti saobraćaja u JLS, u poslednjem koraku usvojene metodologije, izvršena je uporedna analiza važeće planske dokumentacije, koja je izrađena bez angažovanja saobraćajanog inženjera na izradi, i broja poginulih posmatrajući regione Srbija Sever i Srbija Jug.

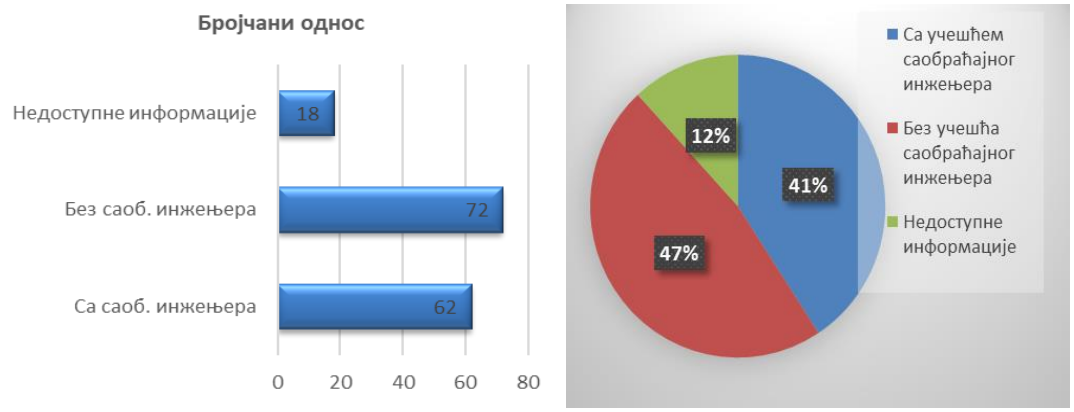
3. REZULTATI

3.1. Stanje i analiza urbanističke dokumentacije u JLS

3.1.1. Urbanističko - planska dokumentacija

Na osnovu dostupnih podataka JLS izvršen je pregled i analiza dela urbanističk – planske dokumentacije na uzorku od 152 JLS na teritoriji Republike Srbije na čijoj izradi su angažovani diplomirani saobraćajni inženjeri (za potrebe izrade analize u okviru rada korišćeni su svi javno dostupni podaci sa zvaničnih sajtova JLS na teritoriji Republike Srbije. Zbog veličine materijala koje je potrebno navesti kao izvor sa Interneta autor je u nemogućnosti da to izvrši u okviru ovog rada. Za sve dodatne informacije o načinu dobijanja podataka, kao i izvor informacija, kontaktirajte autora).

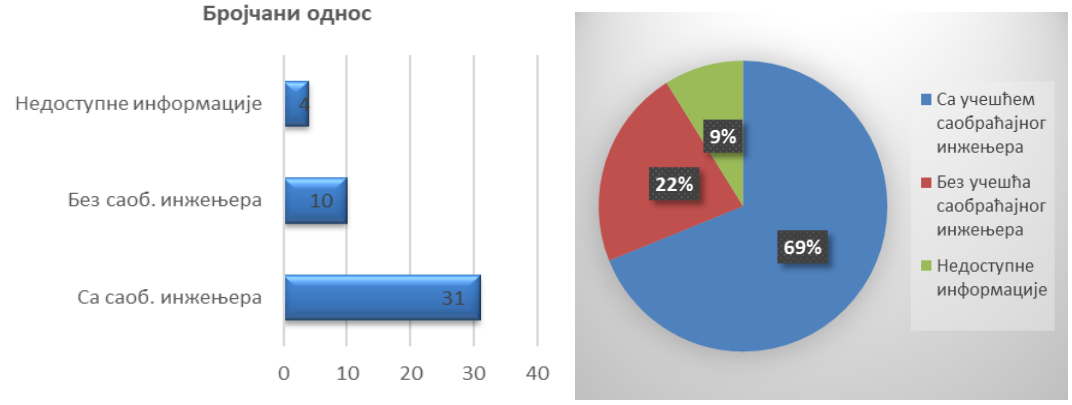
Na posmatranom uzorku, ustanovljeno je da je 72 JLS (47%) je izradilo urbanističko – plansku dokumentaciju bez angažovanja saobraćajnih inženjera na izradi, 62 JLS (41%) je izradilo dokumentaciju angažovanjem saobraćajnih inženjera na izradi, dok za 18 JLS (12%) podaci nisu dostupni (Slika 1).



Slika 1. Prikaz izrađene urbanističko planske dokumentacije na području Republike Srbije

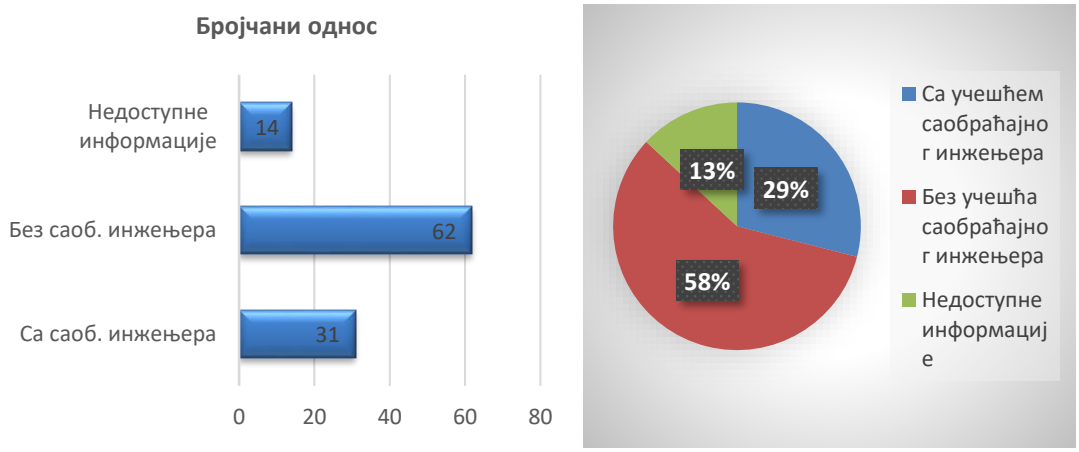
Daljom analizom podataka ustanovljeno je da se 45 JLS nalazi u regionu Srbija – Sever, dok se 107 JLS nalazi u regionu Srbija – Jug.

Ako analiziramo podatke regiona Srbija – Sever, dobijamo da 10 JLS (22%) poseduje usvojenu urbanističko - plansku dokumentaciju na čijoj izradi nije angažovan saobraćajni inženjer, 31 JLS (69%) poseduje urbanističko - plansku dokumentaciju na čijoj izradi je angažovan saobraćajni inženjer, dok 4 JLS (9%) predstavlja JLS kod kojih su nedostupne informacije (Slika 2).



Slika 2. Prikaz izrađene urbanističko - planske dokumentacije na području regiona Srbija – Sever

Analiziranjem regiona Srbija - Jug, možemo videti da 62 JLS (58%) poseduje urbanističko - plansku dokumentaciju koja je izrađena bez angažovanja saobraćajnog inženjera, 31 JLS (29%) poseduje urbanističko - plansku dokumentaciju koja je izrađena angažovanjem saobraćajnog inženjera, a 14 JLS (9%) nema dostupne informacije (Slika 3).

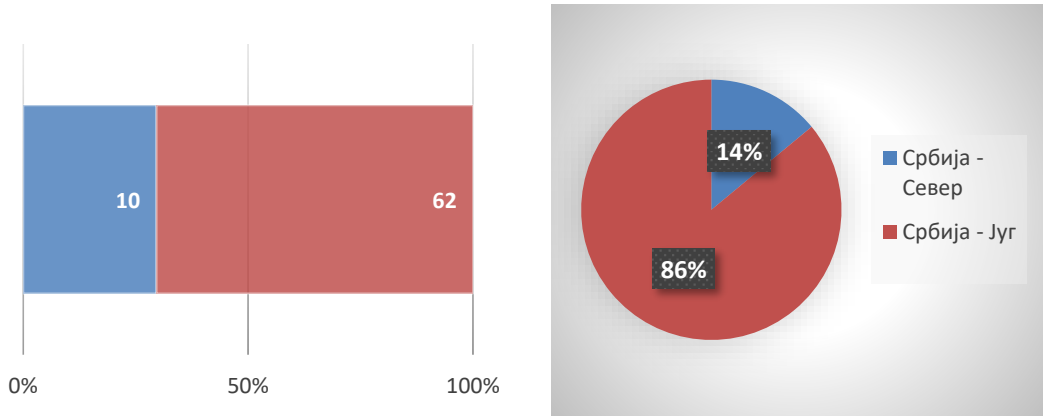


Slika 3. Prikaz izrađene urbanističko - planske dokumentacije na području Srbija – Jug

Analiziranjem regiona Srbija - Jug, možemo videti da 62 JLS (58%) poseduje urbanističko - plansku dokumentaciju koja je izrađena bez angažovanja saobraćajnog inženjera, 31 JLS (29%) poseduje urbanističko - plansku dokumentaciju koja je izrađena angažovanjem saobraćajnog inženjera, a 14 JLS (9%) nema dostupne informacije (Slika 3).

Na osnovu analiziranih podataka možemo zaključiti da je u pogledu izrađene urbanističko - planske dokumentacije nepovoljnija situacija u regionu Srbija – Jug jer ovaj region ima veći procenat urbanističko - planske dokumentacije koja je izrađena bez angažovanja saobraćajnih inženjera.

Ako uporedimo podatke među posmatranim regionima možemo videti da u ukupnom broju JLS koje imaju izrađenu urbanističko - plansku dokumentaciju bez angažovanja saobraćajnog inženjera (72), region Srbija – Sever ima 10 JLS odnosno 14 %, dok region Srbija – Jug ima 62 JLS odnosno 86 % od ukupnog broja (Slika 4).

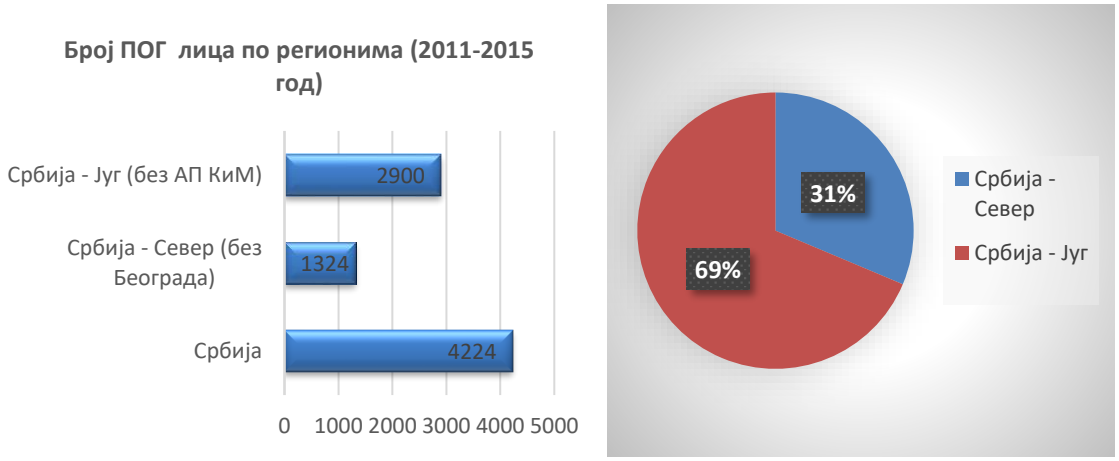


Slika 4. Prikaz odnosa izrađene urbanističko - planske dokumentacije bez učešća saobraćajnog inženjera izmeđuregionaSrbija - SeveriSrbija – Jug

3.2. Analiza i prikaz stanja bezbednosti saobraćaja u JLS

Analizirajući broj poginulih po JLS u Republici Srbiji, za period 2011 – 2015. godine, posmatrano po regionima Srbija – Sever i Srbija – Jug, možemo ustanoviti da je broj poginulih u reonu Srbija – Sever 1324, dok je broj poginulih u reonu Srbija – Jug 2900 (Rezultati su dobijeni na osnovu podataka ABS, Stanje bezbednosti saobraćaja u lokalnim samoupravama za period 2011 – 2015. godine, 2016).

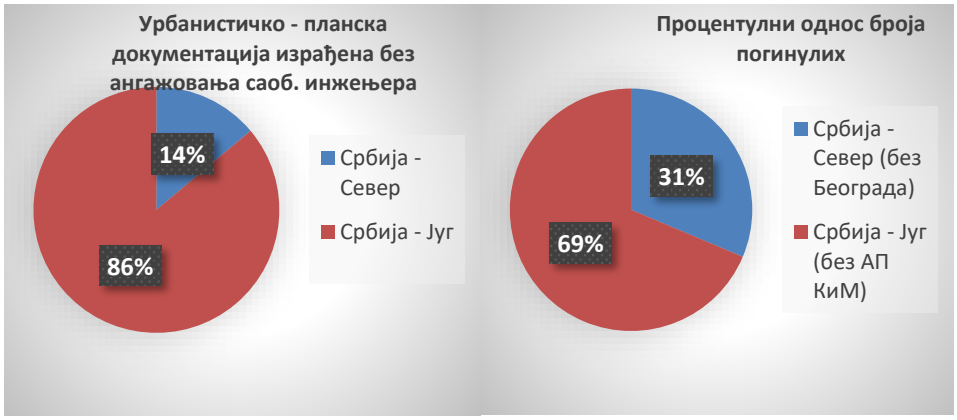
Upoređujući ove odnose možemo videti da region Srbija – Sever u ovoj analizi zauzima 31 %, dok region Srbija – Jug uzima 69 % u ukupnom broju poginulih (Slika 5).



Slika 5. Prikaz odnosa broja poginulih po regionima Srbija – Sever i Srbija – Jug za period 2011 – 2015.godine

4. DISKUSIJA

Uporednim posmatranjem dobijenih rezultata urbanističko - planske dokumentacije koja je izrađena bez angažovanja saobraćajnog inženjera (Slika 4) i rezultate o broju saobraćajnih nezgoda sa poginulima po regionima (Slika 5), onda možemo videti da region Srbija – Sever ima veći procenat urbanističko - planske dokumentacije koja je izrađena angažovanjem saobraćajnih inženjera na izradi, a manji broj saobraćajnih nezgoda, dok region Srbija – Jug ima veći procenat urbanističko - planske dokumentacije koja je izrađena bez angažovanja saobraćajnog inženjera na izradi i veći broj saobraćajnih nezgoda (Slika 6).



Slika 6. Uporedni procentualni prikaz izrađene urbanističko - planske dokuementacije bez angažovanja saobraćajnog inženjera na izradi i broja poginulih po regionima Srbija – Sever i Srbija – Jug

Na osnovu ovih podataka možemo zaključiti da postoji veza između saobraćajnih nezgoda i urbanističko - planske dokumentacije kao jednog pokazatelja urbanističkog planiranja. Ova veza je prirodna jer ukoliko se ne vodi računa o bezbednosti saobraćaja u toku urbanističkog planiranja i projektovanja svi propusti će se prikazati i uvećati prilikom izgradnje tj eksploatacije objekata.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Prilikom istraživanja za potrebe rada korišćeni su javno dostupni i važeći podaci iz oblasti urbanističkog planiranja i bezbednosti saobraćaja. Ovi podaci su omogućili analizu velikog broja JLS i stvaranje odgavarajućeg uzorka. S te strane ozbiljnost i tačnost dobijenih podataka je na velikom nivou. Kao nedostatak prilikom istraživanja može se uzeti mali broj analizirane planske dokumentacije u okviru JLS, kao i uzimanje u obzir malog broja pokazatelja urbanističke dokumentacije posmatrane sa strane bezbednosti saobraćaja.

Pored zaključka da postoji međusobna zavisnost između bezbednosti saobraćaja i urbanističkog planiranja može se zaključiti da ne postoji obaveza angažovanja saobraćajnih inženjera na izradi urbanističke dokumentacije. Iz toga možemo zaključiti da zakonska i podzakonska regulativa koja reguliše oblast urbanističkog planiranja, ali i bezbednost saobraćaja, ne prepoznaje i ne definiše oblast saobraćaja i bezbednosti saobraćaja u dovoljnoj meri. Usled takve situacije dolazi do različitih tumačenja zakonske i podzakonske regulative što za posledicu ima ne angažovanje saobraćajnih inženjera u procesu izrade, ali i u procesu implementacije tehničke dokumentacije.

Unapređenje urbanističkog planiranja se može postići većim angažovanje stručnjaka iz oblasti saobraćaja na izradi i unapređenju same urbanističke dokumentacije, ali i na uporednoj izradi i unapređenju zakonskih i podzakonskih akata koji definišu predmetne oblasti uz saradnju i podršku resornog ministarstva.

Ovo je neophodno uraditi iz razloga što urbanističko planiranje predstavlja jednu od početnih tačaka bezbednosti saobraćaja i samo se dobrim planiranjem mogu prevazići mnogi saobraćajni problemi i saobraćajne nezgode a samim tim i povećati bezbednost saobraćaja.

Pored toga, da bi se dobila potpuna i tačna slika međusobnog uticaja urbanističkog planiranja na bezbednost saobraćaja potrebno je svakako proširiti ovo istraživanje, ali i uraditi nova istraživanja. Proširenjem ovog istraživanja kao i izradom novih istraživanja koja bi obuhvatila prikupljanje i analizu ostalih činilaca stekli bi se adekvatni uslovi za definisanje tačnog odnosa urbanističkog planiranja na bezbednost saobraćaja a samim tim i mogućnost podizanja svesti o bitnosti ove problematike.

Sprovođenje daljih istraživanja zahteva angažovanje većeg broja učesnika i stručnjaka na izradi, kao i obezbeđivanje finansijskih sredstava. Ograničenja koja se mogu pojaviti kod daljih istraživanja su obezbeđenje stručnog kadra koji se bavi ovom problematikom kao i nedostatak finansijskih sredstava usled nedovoljne svesti celokupne javnosti o bitnosti ove problematike.

Tačno definisanje međusobnog odnosa urbanističkog planiranja na bezbednost saobraćaja treba da ima za posledicu unapređenje urbanistčkog planiranja sa aspekta bezbednosti saobraćaja, unapređenje zakonske i podzakonske regulative i angažovanje većeg broja diplomiranih saobraćajnih inženjera na izradi i sprovođenju urbanističko - planske i tehničke dokumentacije. Sve ove aktivnosti treba da dovedu do povećanje nivoa bezbednosti saobraćaja.

Veliki nivo bezbednosti saobraćaja znači mali broj poginulih, mali broj povređenih, mali broj šteta, mali broj prekvalifikacija itd. Sve ovo za posledicu treba da ima smanjenje broja žrtava i povređenih, ali i uštedu budžetskih sredstava i omogućavanje trošenja tih sredstava na dalje unapređenje bezbednosti saobraćaja, nove projekte i na dalji i brži ekonomski razvoj.

6. LITERATURA

Pavlović A. (2019), Unapređenje planske i projektne dokumentacije kroz dopunu Zakona o planiranju i izgradnji, VIII međunarodna konferencija: Bezbjednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Zbornik radova, 12, 101-108.

Pavlović A. (2020), Povećanje bezbednosti saobraćaja u lokalnoj zajednici unapređenjem planske i projektne dokumentacije kroz dopunu Zakona o planiranju i izgradnji, 15. Međunarodna Konferencija: Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Zbornik radova, 25, 235-244,

Pavlović A. (2020), Urbano planiranje i bezbednost saobraćaja, 2. Konferencija o urbanom planiranju i regionalnom razvoju: Održivi urbani razvoj, Zbornik radova, 20, 248-258.

"Službeni glasnik RS", br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 55/2014, 32/2013 - Odluka US RS, 96/2015 – drugi zakon, 9/2016 – Odluka US RS, 24/2018, 41/2018, 41/2018 – drugi zakon, 87/2018, 23/2019 i 128/2020, Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima.

"Službeni glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009, 64/2010 - Odluka US RS, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - Odluka US RS, 50/2013 - Odluka US RS, 98/2013 - Odluka US RS, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 – drugi zakon, 2/2020 i 52/2021, Zakon o planiranju i izgradnji

"Službeni glasnik RS", br. 41/2018 i 95/2018 – drugi zakon, Zakon o putevima.

"Službeni glasnik RS", br. 69/2019, Pravilnik o postupku sprovođenja objedinjene procedure elektronskim putem.

"Službeni glasnik RS", br. 73/2019, Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade i način vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekta.

„Službeni glasnik RS“, br. 85/2017 i 14/2021,Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji.

"Službeni glasnik RS", br. 63/2019, Pravilnik o proceni uticaja puta na bezbednost saobraćaja.

"Službeni glasnik RS", br. 115/2020, Uredba o lokacijskim uslovima.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

SAFETY AND RISIK WHEN TRANSPORTING LIQUID FLAMMABLE SUBSTANCES

BEZBEDNOST I RIZIK PRI TRANSPORTOVANJU TEČNIH ZAPALJIVIH MATERIJA

Vojislav Krstić[a], Boris Antić[b], Božidar Krstić[c]

[a] *Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica, Serbia*

[b] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia*

[c] *Faculty of Engineering University of Kragujevac, Serbia, bkrstic@kg.ac.rs*

Abstract: *Analyzes show the most common causes of accidents in traffic, during the transport of dangerous goods, are: traffic accidents, malfunctions of vehicles, irregularities in the loading of vehicles, irregularities in loading and unloading.*

Unlike "classic" traffic accidents, traffic accidents involving the existence of hazardous substances can have consequences that go far beyond the place of the accident and can lead to catastrophic situations for the wider environment. A particulary important issue in the transport of dangerous goods is the issue of environmental safety of that transport.

The paper highlights the issue of risk in the transport of liquid flammable substances.

Key words: *motor vehicle, drive unit, special ambient conditions*

Apstrakt*: Analize pokazuju da najčešći uzroci nastalih akcidenata u saobraćaju, pri transportu opasnih materija, su: saobraćajni udesi, neispravnosti prevoznih sredstava, nepravilnosti u tovarenju transportnih sredstava, nepravilnosti pri utovaru i istovaru.*

Za razliku od „klasičnih" saobraćajnih nezgoda, saobraćajne nezgode koje uključuju postojanje opasne materije, mogu da imaju posledice koje daleko prevazilaze mesto udesa i mogu da dovedu do katastrofalnih situacija za šire okruženje. Posebno važno pitanje, pri transportu opasnih materija, je pitanje ekološke bezbednosti tog transporta.

U radu je rasvetljena problematika rizika pri transportu tečnih zapaljivih materija.

Ključne reči: *opasne materije, rizik, vozila, bezbednost saobraćaja.*

1. UVOD

Sve one materije koje imaju takve karakteristike da mogu, usled neodgovornog i/ili nestručnog rada, ili bilo kakve nezgode u toku proizvodnje, skladištenja, rukovanja ili transporta, izazvati posledice štete po zdravlje ili okolinu, pripadaju grupi opasnih materija.

Kada se opasna materija, u toku transportnog procesa, nađe u odgovarajućem transportnom sredstvu ili u odgovarajućoj ambalaži, onda se radi o tzv. opasnoj robi.

Transport opasnih materija i predmeta sa opasnim materijama, prema Evropskom sporazumu o međunarodnom prevozu opasnih roba u drumskom saobraćaju [1], je zabranjen, ukoliko se ne obavlja pod određenim precizno definisanim uslovima.

Opasnim materijalima smatraju se i sirovine od kojih se proizvode opasne materije i otpaci - ako imaju osobine tih materija.

Ekološki aspekt prevoza opasnih materija je posebno važan. Obezbeđenje bezbednog prevoza opasnih materija je posebno odgovoran i važan zadatak. Štete, nanete društvu incidentima, pri prevozu opasnih materija, mogu biti ogromne: umiranje i oboljevanje ljudi, zagađenje okoline, uništavanje prirodnih i nacionalnih bogatstva, oštećenje tehničkih sredstava, rušenje industrijskih objekata, zgrada za stanovanje, puteva, utovarno-istovarnih stanica, itd.

Oko 18% robe, koja se prevozi u Evropi, čine opasne robe. Transportuje se preko 3000 vrsta opasnih materija. Prema vidovima transporta opasne robe, u Evropi, oko 63% pripada drumskom, 15% pomorskom, 12% rečnom, 10% železničkom i manje od 0,1% vazdušnom transportu.

Od ukupnog obima transporta opasnih materija, tečne zapaljive materije (klase 3) su na prvom mestu (sa oko 80%), zatim slede: gasovi (klasa 2), u različitim oblicima, sa oko 8,5%;korozivne materije (klasa 8),sa oko 5% i ostale opasne materije,sa oko 5.5%

Postojanje velikog rizika,odnosno posledica koje mogu nastati u slučaju nezgoda sa ovim materijama, zahteva, od svih učesnika u transportnom procesu, maksimalnu odgovornost.

2. KARAKTERISTIKE TEČNIH ZAPALJIVIH MATERIJA

Zapaljive tečnosti obuhvataju opasne materije i predmeta sa opasnim materijama koje, prema [1], ispunjavaju sledeće uslove: Nalaze se u tečnom stanju; Na temperaturi od 50 °C imaju pritisak pare niži od 3 bara i nisu u gasnom stanju na temperaturi od 20 °C i pritisku od 1.013 bara; Imaju tačku paljenja ne veću od 61 °C.

Klasa 3 takođe obuhvata i tečne materije i rastopljene čvrste materije sa tačkom paljenja većom od 61 °C koje se na transport predaju na temperaturi koja je veća ili jednaka od njihove tačke paljenja. Ovim opasnim materijama dodeljen je UN broj 3256.

U klasu 3 spadaju i tečni eksplozivi sa smanjenom osetljivošću. To su eksplozivne materije rastvorene u vodi ili drugoj tečnoj materiji, kako bi se formirala homogena tečna smeša koja potiskuje njihove eksplozivne karakteristike. To su opasne materije sa UN brojem 1204, 2059, 3064, 3343, 3357 i 3379.

Nižu tačku, tj. temperaturu paljenja imaju zapaljive tečnosti manje gustine (benzin na temperaturi od 15 °C ima vrednost gustine od 0.65 do 0.78 kg/dm^3 i najnižu tačku paljenja -41 °C, dok dizel gorivo na istoj temperaturi ima gustinu od 0.84 kg/dm^3 i tačku paljenja oko 55 °C), tako da treba voditi računa da se ove materije ne mešaju zbog dobijanja nepoznate vrednosti tačke paljenja dobijene smeše.

U opasne zapaljive materijale ubrajaju se i materijali koji se lako pale i pod normalnim uslovima rada. U ovu grupu, ubrajaju se piroforni – fino raspoređeni materijali, koji što su: zapaljive tečnosti čija je temperatura zapaljivosti ispod 21^{o}C (borhidrid, fosfor, zapaljivi gasovi). Izrazito zapaljive materije moraju se držati odvojeno od materija koje imaju osobinu spontanog zagrevanja, eksploziva, energičnih oksidacionih agenasa i materijala koji reaguju sa vlagom i vazduhom uz razvijanje toplote. Da bi se sprečilo eventualno paljenje smeše zapaljivih para sa vazduhom, ovakve materije se skladište u prostorijama koji se hlade, uz obezbeđenje dobre venilacije, radi sprečavanja nagomilavanja para. Ovakve prostorije moraju da budu udaljene od eventualnih izvora paljenja, a pušenje i korišćenje izvora paljenja je najstrože zabranjeno. Ovakve prostorije, moraju da budu snabdevene efikasnim ručnim ili automatskim uređajima za gašenje požara.

Tečne zapaljive materije, na osnovu karakteristika (klasifikacionog koda) dele se [1] na:

F - zapaljive tečne materije bez dodatne opasnosti (F1 - zapaljive tečnosti čija je tačka paljenja manja ili jednaka od 61 °C; F2 - zapaljive tečnosti čija je tačka paljenja veća od 61 °C koje su predate na transport na temperaturi koja je jednaka ili viša od njihove tačke paljenja (zagrejane materije); FT-zapaljive tečnosti, toksične(FT1 zapaljive tečnosti, toksične, FT2 pesticidi); FC - zapaljive tečnosti, korozivne; FTC - zapaljive tečnosti, toksične, korozivne; D - tečni eksplozivi sa smanjenom osetljivošću.

Pored predhodno navedenih uslova, u klasu 3 svrstavaju se i: Zapaljive tečne materije i rastopljene čvrste materije sa tačkom paljenja iznad 61^{o}C koje se prevoze ili predaju na prevoz zagrejane do temperature koja je jednaka ili viša od temperature paljenja; Dizel gorivo, mešavine gasa i sirove nafte, lako ulje za grejanje i u slučaju kada je temperatura paljenja iznad 61^{o}C.

Zapaljive tečne materije, prema stepenu opasnosti, se dele na sledeće "ambalažne grupe": Ambalažna grupa I (Za materije sa velikom opasnošću- tačka ključanja od najviše 35^{o}C, ili tačka paljenja ispod 23^{o}C, veoma otrovne ili veoma nagrizajuće); Ambalažna grupa II (Za materije sa srednjom opasnošću (tačka paljenja ispod 23^{o}C koje ne potpadaju pod kriterijume za ambalažnu grupu I. Postoje izuzeća kod nekih lepkova, boja, premaza koji su razvrstani u ambalažnu grupu III); Ambalažna grupa III (Za materije sa malom opasnošću (tačka paljenja od 23^{o}C do zaključno 61^{o}C, kao i neke posebno navedene opasne materije sa tačkom paljenja iznad 61^{o}C).

Da bi se tečna zapaljiva materija upalila mora predhodno da pređe u gasovito stanje, što znači da su isparenja zapaljiva, a ne tečnosti. Kod zapaljivih gasova gori sam gas. Sagorevanje zapaljivih tečnosti tj. njihovih para praćeno je plamenom.

Isparenja zapaljivih tečnosti su teža od vazduha i padaju na dno u zatvorenim prostorima. Dok zapaljivi gasovi mogu biti lakši od vazduha (vodonik, acetilen) ili teži od vazduha (propan, butan). Pored zapaljivosti, isparenja mogu biti otrovna, eksplozivna i nagrizajuća.

Tačka paljenja jedne zapaljive materije je ona najniža temperatura pri kojoj se stvara dovoljna količina gasova, odnosno odgovarajuća smeša gasa i vazduha pogodna za paljenje. Može se reći da je to najniža

temperatura na kojoj će neka materija nakon paljenja nastaviti da gori. Za određivanje tačke paljenja kod zapaljivih tečnosti postoji propisan metod [1].

Gorenje je hemijski proces sjedinjavanja sa kiseonikom, odnosno oksidacija uz pojavu svetlosti, toplote, dima i pepela. Kada se proces sagorevanja odvija velikom brzinom nastaje takozvano eksplozivno sagorevanje, praćeno toplotom, povećanim pritiskom i praskom.

Eksplozija gasova i isparenja počinje sa donjom granicom eksplozivnosti (najmanja koncentracija gasa ili isparenja u vazduhu pri kojoj može nastati eksplozija). Ove granice se razlikuju kod različitih materija.

Zaustavljanje procesa gorenja može da se postigne oduzimanjem toplote (hlađenjem), oduzimanjem kiseonika (ugušivanjem) ili oduzimanjem gorive materije (odstranjivanje).

Sledeće grupe zapaljivih materija nisu prihvatljive za transport:

- Zapaljive materije čija je struktura bliska strukturi peroksida (kao što je to slučaj sa etrima ili sa ostalim policikličnim oksidacionim materijama) ukoliko sadržaj peroksida prelazi0.3%;
- Hemiski nestabilne zapaljive tečnosti ukoliko predhodno nisu preduzete odgovarajuće preventivne mere kojima bi se sprečile njihove opasne reakcije u smislu opasnog razlaganja ili polimerizacije tokom transporta. Isto tako mora se obezbediti da ambalaža i cisterne u kojima se vrši transport ne sadrže materije koje izazivaju ili pospešuju opasne reakcije;
- Tečni eksplozivi smanjene osetljivosti koji nisu navedeni u listi opasnih materija.

3. RIZIK PRI TRANSPORTU TEČNIH ZAPALJIVIH MATERIJA

Za razliku od „klasičnih“ saobraćajnih nezgoda, koji su često tragični, saobraćajne nezgode koje uključuju postojanje opasne materije, mogu da imaju posledice koje daleko prevazilaze mesto udesa i mogu da dovedu do katastrofalnih situacija za šire okruženje. Posebno važno pitanje, pri transportu opasnih materija, je pitanje ekološke bezbednosti tog transporta.

Ekološki rizik transporta opasnih materija pripada grupi udesnih rizika. Oslobađanje energije i emitovanje opasne materije, u obliku tečnosti, gasova ili čvrstom stanju, dovodi do zagađenja ekosistema u okolinu mesta udesa. To dovodi do izmene karakteristika ekosistema, često i u širokim razmerama.

Rizik pojave akcedentnih situacija, pri prevozu opasnih materija, je veliki, prvo sa aspekta mogućnosti nastanka saobraćajnih nezgoda, a drugo sa aspekta nemogućnosti sprečavanja ambalaže i vozila od štetnog dejstva opasnih materija u takvim situacijama.

Detaljno poznavanje karakteristika svih vrsta opasnih materija, poznavanje karakteristika prevoznih sredstava kojima se one prevoze, poznavanja uzroka koji mogu da dovedu do akcedentnih situacija pri transportovanju opasnih materija, kao i posledica koje mogu da nastanu usled pojave akcedentne situacija, predstavlja osnovu za prepoznavanja i procenu opasnosti, pri transportovanju opasnih materija.

Radi prepoznavanja i procene opasnosti, pri transportovanju opasnih materija, treba precizno odgovoriti na sledeća kompleksna pitanja: Koja su najverovatnija mesta gde može doći do akcedentnih događaja tokom transporta opasnih materija; Koje posledice može izazvati pojava akcedentnog događaja pri transportu opasnih materija; Koje vrste udesa (tipovi rizika) su mogući; Ko, i šta može biti ugroženo; Kakvo će biti delovanje opasnih materija; Verovatnoća da će doći do udesa i koji faktori utiču na rizik (faktori rizika).

Na sreću, najveći broj vozila sa opasnim materijama stignu na svoje odredište bez ikakvih problema. Ipak, ne treba zaboraviti da se u toku prevoza opasne materije događaju akcedentni događaji.

Analize pokazuju da najčešći uzroci nastalih akcidenata u saobraćaju, pri prevozu opasnih materija, su: saobraćajni udesi, neispravnosti prevoznih sredstava, nepravilnosti u tovarenju transportnih sredstava (preko dozvoljene nosivosti), nepravilnosti pri utovaru i istovaru.

Za razliku od „klasičnih“ saobraćajnih nezgoda, koji su često tragični , saobraćajne nezgode koje uključuju postojanje opasne materije, mogu da imaju posledice koje daleko prevazilaze mesto udesa i mogu da dovedu do katastrofalnih situacija za šire okruženje. Posebno važno pitanje, pri transportu opasnih materija, je pitanje ekološke bezbednosti tog transporta.

Ako se pođe od opšte definicije rizika, kao mogućnosti realizacije neželjenih posledica nekog događaja, odnosno učestalosti , ili verovatnoće nastanka nepoželjnih posledica pri realizaciji neke opasnosti, ekološki rizik se može definisati kao verovatnoća ugrožavanja ljudi i životne sredine pri nastajanju neke ekološke opasnosti. Ekološki rizik transportovanja opasnih materija , predstavlja verovatnoću nastanka određenih negativnih posledica kod ljudi i u životnoj sredini, usled delovanja materijalnog i energetskog potencijala koji se oslobađa u akcedentnom događaju. Ekološki rizik transporta opasnih materija pripada grupi udesnih rizika. Oslobađanje energije i emitovanje opasne materije, u obliku tečnosti, gasova ili čvrstom stanju, dovodi do zagađenja ekosistema u okolinu mesta udesa. To dovodi do izmene karakteristika ekosistema, često i u širokim razmerama. Detaljno poznavanje karakteristika svih vrsta opasnih materija, poznavanje karakteristika prevoznih sredstava kojima se one prevoze, poznavanja uzroka koji mogu da dovedu do akcedentnih situacija pri transportovanju

opasnih materija, kao i posledica koje mogu da nastanu usled pojave akcedentne situacija, predstavlja osnovu za prepoznavanja i procenu opasnosti, pri transportovanju opasnih materija.

Radi prepoznavanja i procene opasnosti, pri transportovanju opasnih materija, treba precizno odgovoriti na sledeća kompleksna pitanja: Koja su najverovatnija mesta gde može doći do akcedentnih događaja tokom transporta opasnih materija; Koje posledice može izazvati pojava akcedentnog događaja pri transportu opasnih materija; Koje vrste udesa (tipovi rizika) su mogući; Ko, i šta može biti ugroženo; Kakvo će biti delovanje opasnih materija; Verovatnoća da će doći do udesa i koji faktori utiču na rizik (faktori rizika).

U kontekstu podizanja nivoa bezbednosti transporta opasnih materija, posebno je važno i pitanje tzv. ekološkog osiguranja. Pod ekološkim osiguranjem, podrazumeva se sistem utvrđenih zakonskih mera koje imaju za cilj sprečavanje ispoljavanja faktora ekološkog rizika na životnu sredinu, a u slučaju njihovog delovanja, naknadu štete, učinjene preduzećima , organizacijama, a takođe i građanima, bilo u odnosu na objekte ili dohodak. Pri tome se polazi od minimizacije štete koja se nanosi životnoj sredini, ali i od potrebe povećanja stepena zaštite životne sredine od negativnog uticaja zagađenja.

Radi stvaranja uslova za što bezbednijim transportom opasne robe, neophodno je sprovoditi odgovarajuću kontrolu, u skladu sa važećom zakonskom regulativom. Kontrolu mogu uspešno obavljati lica koja su prošla odgovarajuću obuku. Sprovođenje nadzora se vrši radi sticanja uvida u izvršavanje zadataka, uputstva, odluka, provere zakonitosti rada i preduzimanja odgovarajućih mera.

Analize pokazuju da najčešći uzroci nastalih akcidenata u saobraćaju, pri prevozu opasnih materija, su: saobraćajni udesi, neispravnosti prevoznih sredstava, nepravilnosti u tovarenju transportnih sredstava (preko dozvoljene nosivosti), nepravilnosti pri utovaru i istovaru.

Neophodnost transportovanja opasnih materija, dovodi do potrebe za postavljanjem dodatnih zahteva vezanih za smanjenje rizika i povećanje bezbednosti. Sa porastom ekološke svesti stanovništva, rastu i zahtevi za smanjenjem rizika pri transportovanju, ali i pri sveukupnoj delatnosti u vezi sa opasnim materijama. Sa tim ciljem definišu se modeli za određivanje optimalne rute transportnih sredstava i potrebne veličine voznog parka, pri čemu se pored klasičnih kriterijuma optimizacije uvode i kriterijumi rizika.

Realizaciju svakog od transportnih procesa sa opasnim materijama prati određeni rizik od neželjenog – akcidentnog događaja sa štetnim posledicama koji po pravilu nastaju usled izlaženja opasne materije (iz transportnog suda ili pakovanja), a potom njenog štetnog dejstva, srazmerno klasi opasnosti kojoj ona pripada (eksplozija, požar, otrovna isparenja, radijacija,…). Iz tog razloga, pri donošenju odluke o rutiranju i raspoređivanju transportnih sredstava dovoljno uzeti u obzir samo ekonomski aspekt, ili je pre svega potrebno uzeti u obzir bezbednost utovara, prevoza i istovara opasne materije. Kvantifikovanje rizika se najčešće realizuje preko:

- Verovatnoće nastanka akcidentnog događaja;
- Skupa potencijalno ugroženih objekata, koji zavise od karakteristika same opasne materije, količine materija koje se prevoze u transportnom sredstvu i karakteristika okruženja u kome se akcident dogodio;
- Intenziteta ugrožavanja, tj. broja objekata zahvaćenih dejstvom opasnih materija i oblika i obima preventivnih aktivnosti.

U praksi, s obzirom da su raspoloživa sredstva ograničena, traži se optimalno rešenje transportovanja opasnih materija uzimajući kao ključne kriterijume maksimalnu bezbednost uz što manje troškove njegove realizacije.

Incident sa opasnim materijama ima za posledicu prostorno dejstvo, u određenom radijusu oko mesta njegovog nastanka, pri njihovom transportu “krug opasnosti” se pomera duž puta kojim se kreće transportno sredstvo.

Na operativnom planu, pri transportu opasnih materija, utvrđivanje rizika i njegovo minimiziranje, uglavnom se povezuje sa izborom rute, karakteristikama prevoznog sredstva, karakteristikama saobraćajne mreže i karakteristikama učesnika u tom transportnom procesu (obučenost, poštovanje postojećih propisa, psihofizičko stanje,…).

Neželjeni događaj, pri transportovanju opasnih materija, najčešće se naziva akcidentom, a posledice tog događaja (ispuštanje opasne materije, paljenje, eksplozija, zagađenje, zračenje,…) naziva se incidentom. Ovaj neželjeni događaj može biti izazvan: ljudskim faktorom, uticajem prirodnih pojava, tehničkom neispravnošću transportnog sredstva, itd.

Vrlo često se rizik definiše kao posledica incidenta koji je povezan sa dva faktora: verovatnoće pojave incidenta i očekivanih posledica. Rizik na trasi može se predstaviti kao zbir rizika na pojedinim segmentima što pruža mogućnost utvrđivanja verovatnoće akcidenata duž cele trase, ocenu očekivanih posledica i ocenu samog rizika.

Pored predhodnog pristupa (tzv. tradicionalnih), koriste se i sledeći pristupi, za utvrđivanje mere rizika, pri transportu opasnih materija [3,4,5,6,7]:

Rizik od izlaganja populacije (model javnog rizika)

Ovaj pristup uvodi predpostavku da je incident izvestan, a da se posledice određuju samo na bazi ugrožene populacije (ukupnog broja ljudi koji su izloženi riziku tokom transportnog procesa). Primenljiv je pri transportu opasne materije sa visokim potencijalnim štetnim posledicama i relativno malim verovatnoćama incidenta (na primer pri transportu nuklearnog otpada). Negativan stav javnog mnjenja, po pitanju ovog rizika, proporcionalan je veličini populacije koja se izlaže riziku. Izbor maršute, uzimajući u obzir minimiziranje populacije koja se izlaže riziku, znači i minimiziranje negativnog stava javnog mnjenja.

Verovatnoća pojave incidenta

Pri korišćenju ovog pristupa uvodi se predpostavka da su posledice akcedentnih događaja pri transportu opasnih materija, ravnomerno raspoređene u "krugu opasnosti". Ovaj model može biti prihvatljiv, ako su karakteristike opasnih materija, koje se transportuju takve da stvaraju mali radijus kruga opasnosti. U tom slučaju treba minimizirati verovatnoću incidenta, tj. rizik po vozače i troškove koji nastaju usled incidenta;

Opažajni rizik

Ovaj pristup prvenstveno se zasniva na minimiziranju deonica maršute kretanja transportnih sredstava, sa opasnom materijom, kroz naseljena mesta i sredina gde je moguće u slučaju akcedentnih događaja, ugroziti, u većim razmerama, ne samo ljude, već i biljni i životinjski svet.

Uslovni rizik

Ovaj model se koristi pri minimiziranju očekivanih posledica za vreme prvog incidenta pri transportu opasnih materija. Ovo je višekriterijumski model, gde su kriterijumi: tzv. tradicionalni rizik (proizvod verovatnoće incidenta i očekivanih posledica) i verovatnoća incidenta, za razliku od predhodno navedenih modela koji su jednokriterijumski.

Pri transportovanju opasnih materija drumskim saobraćajem, vreme transportovanja od mesta utovara do mesta istovara na izabranoj ruti je veličina preko koje se najčešće prati uticaj rizika. Za svaki rizik definiše se "najkraći put" u transportnoj mreži. Najkraći put ovde znači put sa najmanjim rizikom. Na osnovu moguće brzine kretanja vozila utvrđuje se očekivano vreme vožnje.

Pri definisanju algoritma, na osnovu koga se analizira uticaj rizika na minimalni potreban broj vozila, najčešće se koriste sledeći koraci:

- Definisanje karaktereistika transportne mreže (rastojanja, brzine, gustina stanovništva na granama mreže, verovatnoće nastanka akcidenta na granama mreže);
- Proračun najkraćih rastojanja između terminala i čvorova na mreži i vremena utovara i istovara opasne materije;
- Utvrđivanje potrebnog broja vozila primenom adekvatnog algoritma.

Za teritorije nekih zemalja postoje podaci o verovatnoćama akcidenata za pojedine tipove saobraćajnica.

Treba imati u vidu da određivanje optimalnih ruta, pri transportu opasnih materija, predstavlja značajan korak pri povećanju bezbednosti njihovog transportovanja.

Suština primene predhodno navedenih modela sastoji se u težnji za minimiziranjem ukupnih transportnih troškova, podizanjem nivoa kvaliteta usluga, minimiziranjem resursa (ove težnje su prisutne pri realizaciji svih transportnih procesa), kao i minimiziranjem rizika od neželjenog uticaja na ljude i okruženje (ova težnja je posebno izražena pri transportu opasnih materija).

Na rešavanju problema rutiniranja transportnih sredstava za prevoz opasnih materija, na postojećoj putnoj mreži, uloženo je mnogo rada i truda [3,4,5,6,7]. Zbog važnosti rešavanja ovog problema, on je i dalje u žiži interesovanja velikog broja istraživača. Rešavanje ovog problema je izrazito složen zadatak, prvenstveno zbog činjenice da je sam kriterijum optimizacije – rizik, nedovoljno precizno definisan. Ako se ovome doda i činjenica da je verovatnoća pojave akcidenata, posledice incidenata, ugroženo područje, kao i veliki broj drugih veličina kojima se definišu posledice, onda je jasnija slika složenosti rešavanja predmetne problematike. Primena tzv. klasičnih optimizacionih algoritama [2], najčešće se kombinuje sa nekom od tehnika višekriterijumske optimizacije [8], i uz primenu metoda proračuna rizika.

Cilj primene modela optimizacije ruta, pri transportovanju opasnih materija, jeste određivanje najkraćih puteva na putnoj mreži, tj. puteva sa najmanjim rizikom. Pri tome, koriste se različite metode, modeli i kriterijumi. Određivanje ruta, primenom višekriterijumske optimizacije [8], obavlja se na osnovu sledećih kriterijuma: ukupni rizik, transportni troškovi i maksimalni rizik po osobi. Razvijene su i metode i algoritmi za izbor optimalnih ruta i načina kvantifikovanja rizika [6,7].Takođe su razvijene metode za analizu i izbor

najprihvatljivije rute, od mnoštva mogućih, radi obezbeđenja maksimalne pouzdanosti (minimuma rizika) pri prevozu opasnih materija [7]. Razvijeni su i modeli koji služe za određivanje najkraće, i najbezbednije rute, pri višestrukom korišćenju vozila za prevoz opasnih materija, za više kriterijuma rutiniranja, i radi određivanja minimalnog broja vozila [8]. Razvijeno je i mnoštvo namenskih softverskih paketa za izbor optimalne rute, na osnovu većeg broja kriterijuma rizika [5,6]. Realizovan je i veliki broj projekata, iz oblasti višekriterijumske optimizacije transporta opasnih materija [8]. Posebno važno pitanje, pri rešavanju zadataka višekriterijumske optimizacije transporta opasnih materija, predstavlja problem lokacije postrojenja za tretman opasnih materija. Izbor lokacije takvih postrojenja, sa aspekta bezbednosti, je jedno od ključnih pitanja optimizacije. Minimiziranje posledica, u slučaju pojave incidenata, pri transportovanju opasnih materija, je takođe ključan zadatak pri traženju optimalnih rešenja u ovoj oblasti [8].

Problem određivanja ruta, pri transportu opasnih materija, ne treba rešavati intuitivno, kako se to, na žalost, još uvek najčešće radi. Ovaj problem treba rešavati na osnovama dosadašnjih dostignuća nauke i struke u ovoj oblasti.

Ukoliko se želi na pravi način da rešava problem određivanja ruta, pri transportu opasnih materija, treba imati u vidu sledeće:

- Izbor optimalne rute transportovanja opasnih materija predstavlja jedan od najznačajnijih oblika preventivnog delovanja kojim se može značajno uticati na smanjenje rizika u ovoj oblasti;
- Raditi na realizaciji tzv. bezbedonosnih procedura, u slučaju akcidenata, pri transportu opasnih materija. Postojanje ovih procedura je jedan od osnovnih preduslova za efikasno delovanje interventnih ekipa u slučaju vanrednih događaja pri transportovanju opasnih materija.
- Treba poznavati postojeće modele definisanja i kvantifikacije rizika, pri transportu opasnih materija, i razvijati bolje;
- Utvrđivanje rizika treba bazirati na primeni sofisticiranih metoda uz korišćenje adekvatnih tehnologija i prostornih disperzionih modela;
- Formirati baze podataka, sa informacijama o karakteristikama postojeće transportne mreže, statistikama akcidenata, geografskim i demografskim podacima, karakteristikama opasnih materija i td.;
- Pri određivanju optimalnog rešenja rute transportovanja opasnih materija, koristiti višekriterijumsku analizu.

Do povećanja bezbednosti transportovanja opasnih materija može doći samo ukoliko se do sada stručna i naučna saznanja implementiraju u okvire nacionalnih projekata, a potom rezultati realizacije tih projekata pretoče u odgovarajuće tehničke normative i procedure, i uz postavljanje odgovarajuće zakonske regulative. Početak realizacije ove aktivnosti, mogla bi da bude formiranje multidisciplinarnog tima stručnjaka, koji bi definisali puteve obezbeđenja optimalnih rešenja u oblasti transporta opasnih materija, a samim tim i smanjenje rizika i povećanje bezbednosti, u najširem smislu.

4. ZAKLJUČAK

Radi stvaranja uslova za što bezbednijim transportom opasne robe, neophodno je sprovoditi odgovarajuću kontrolu, u skladu sa važećom zakonskom regulativom. Kontrolu mogu uspešno obavljati lica koja su prošla odgovarajuću obuku. Sprovođenje nadzora se vrši radi sticanja uvida u izvršavanje zadataka, uputstva, odluka, provere zakonitosti rada i preduzimanja odgovarajućih mera.

Analize pokazuju da najčešći uzroci nastalih akcidenata u saobraćaju, pri prevozu opasnih materija, su: saobraćajni udesi, neispravnosti prevoznih sredstava, nepravilnosti u tovarenju transportnih sredstava (preko dozvoljene nosivosti), nepravilnosti pri utovaru i istovaru.

Razvoj nauke i tehnologije omogućio je proizvodnju velikog broja opasnih materija. U strukturi celokupnog prevoza, prevoz opasnih materija zauzima sve značajnije mesto. Razorna moć nekih opasnih materija (naročito: eksplozivi, otrovi, radioaktivne materije) može da dovede do katastrofalnih posledica, posebno ako do njihovog aktiviranja dođe za vreme prevoza kroz gusto naseljene urbane sredine. Rizik pojave akcedentnih situacija je veliki, prvo sa aspekta mogućnosti nastanka saobraćajnih nezgoda, a drugo sa aspekta nemogućnosti sprečavanja ambalaže i vozila štetnog dejstva opasnih materija u takvim situacijama.

Za razliku od „klasičnih“ saobraćajnih nezgoda, koji su često tragični , saobraćajne nezgode koje uključuju postojanje opasne materije, mogu da imaju posledice koje daleko prevazilaze mesto udesa i mogu da dovedu do katastrofalnih situacija za šire okruženje. Posebno važno pitanje, pri transportu opasnih materija, je pitanje ekološke bezbednosti tog transporta.

5. LITERATURA

Europen Agreement, Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (2019): Volume I, Economic Commission for Europe Inland Transport Committee, United Nations, New York and Geneva.

ECE propisi i EEC direktive

Erkut E., Verter V.(1998): Modeling of transport risk for hazardous materials, Operation Research, Vol. 46, No.5,, pp. 625-642.

Erkut E., Ingolfson A.(2000): Catastrophe Avoidance Models for Hazardous Materials Route Planning, Vol. 34, No.5, pp. 165-179.

Iakovou E., Douligeris C.(1999): Global Route Planing Model for Hazardous Materials Transportation, Transportation Science, Vol.33, No.1, pp.34-48.

Zhang J., Hodson J., Erkut E.: Using GIS to assess the risks of hazardous materials transport in networks, Europen Journal of Operational Research, 121, pp. 316-329, 2000.

Krstić B.(2009): Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac.

Krstić B., Mlađan D. (2007): Bezbrednost korišćenja vozila za prevoz opasnih materija drumskim vozilima, univerzitetski udžbenik, Mašinski fakultet, Kragujevac

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

APPLICATION OF ENERGY METHOD FOR DETERMINATION OF VEHICLE IMPACT SPEED IN COLLISION WITH STOPPING OR SLOW MOVING VEHICLE IN INTERSECTION

PRIMENA ENERGETSKE METODE ZA UTVRĐIVANJE SUDARNE BRZINE VOZILA KOD SUDARA SA MIRUJUĆIM ILI SPORIM VOZILOM U RASKRSNICI

Zoran Papić[a], Nenad Saulić[a], Vuk Bogdanović[a], Andrijana Jović[a]

[a] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradovic Square 6, 21000 Novi Sad, Serbia, z.papic@uns.ac.rs, n.saulic@uns.ac.rs, vuk@uns.ac.rs, andrijana.jovic@uns.ac.rs*

Abstract: *Energy methods for determination of vehicle impact speed are based on the law of conservation of energy, according to which the total kinetic energy of a vehicle in a collision is equal to the remaining kinetic energy, as well as the energy spent on deformation work. In order to be able to determine the collision speed of one of the vehicles on the basis of this principle, it is necessary to know the speed of the other vehicle that participated in the collision. Intersections represent specific elements of the road on which, in order to realize the intended action of traffic participants, such as turning, lane changing, etc. the driver is forced to start his vehicle from standstill or to adjust the speed of its movement to the planned maneuver. By predicting the collision speed of a vehicle that performs a specific maneuver in slow traffic conditions, applying the law of conservation of energy and with certain simplifications, it is possible to define the collision speed of another vehicle in a very realistic framework..*

Key words: *vehicle, energy, conservation,impact, speed*

Apstrakt: *Energetske metode za utvrđivanje sudarnih brzina vozila zasnovane su na zakonu održanja energije, po kome je ukupna kinetička energija vozila u sudaru jednaka preostaloj kinetičkoj energiji, kao i energiji utrošenoj na deformacioni rad. Da bi se na osnovu ovog principa mogla utvrditi sudarna brzina jednog od vozila, neophodno je poznavati brzinu drugog vozila koje je učestvovalo u sudaru. Raskrsnice predstavljaju specifične elemente puta na kojima je, u cilju realizacije nameravane radnje učesnika u saobraćaju, poput uključivanja, skretanja, prestrojavanja, i sl. vozač prinuđen da svoje vozilo startuje iz stanja mirovanja ili da brzinu njegovog kretanja uskladi sa planiranim manevrom. Predikcijom sudarne brzine vozila koje vrši specifični manevar u usporenim uslovima odvijanja saobraćaja, primenom zakona održanja energije i uz određena pojednostavljenja, moguće je definisati sudarnu brzinu drugog vozila u sasvim realnim okvirima.*

Ključne riječi: *vozilo, energija, održanje, sudar, brzina*

1. UVOD

Vezu između karakteristika kretanja vozila pre i nakon sudara čine mesto sudara, pozicije vozila u trenutku sudara i njihove sudarne brzine. Ukoliko su za konkretnu saobraćajnu nezgodu u kojoj je došlo do sudara poznati samo mesto sudara i zaustavne pozicije vozila, njihove sudarne brzine je moguće utvrditi tako što će se analiza izvršiti unazad, počevši od zaustavnih pozicija vozila ka definisanom mestu sudara. S druge strane, u pojedinim specifičnim situacijama, brzina bar jednog od vozila može biti poznata, ili procenjena sa zadovoljavajućom preciznošću, tako da se kod ovakvih nezgoda analiza hronološki vrši unapred, odnosno od mesta sudara i pozicija vozila u trenutku sudara, ka njihovim zaustavnim pozicijama.

U postupku rekonstrukcije sudara vozila moguće je primeniti više metoda za utvrđivanje njihovih sudarnih brzina. Svaka od ovih metoda podrazumeva i određena pojednostavljenja. U zavisnosti od primenjenih fizičkih zakona, metode za analizu sudara vozila se u osnovi mogu podeliti na:

- metode zasnovane na količini kretanja
- energetske metode

Vektorska, grafo-analitička metoda za utvrđivanje sudarnih brzina vozila zasnovana na zakonu promene količine kretanja, odnosno zakonu ravnoteže impulsa, svoju punu primenu je našla nakon razvoja računara i danas čini osnovu gotovo svih računarskih programa za analizu sudara. Poznavanjem tačke sudara, koja se nalazi na kontaktnoj površini oba vozila, a kroz koju deluje udarni impuls, moguće je izvršiti proveru rezultata dobijenih vektorskom analizom primenom zakona održanja momenta količine kretanja.

Sredinom 60-ih godina prošlog veka, pod uticajem kritike američkog advokata i novinara Ralph Nadera (Nader, 1968) oko elemenata pasivne bezbednosti vozila koja su se proizvodila na teritoriji SAD, uspostavljeni su minimalni zahtevi koje su morala da ispunjavaju novoproizvedena vozila u vezi konstruktivnih karakteristika koje bi omogućavale bolju zaštitu vozača i putnika u slučaju sudara. Ispitivanja u cilju definisanja kriterijuma su podrazumevala sprovođenje sudarnih testova, u kojima su analizirane deformabilne karakteristike vozila u sudarima pod različitim uslovima. Ova inicijativa, koja je vrlo brzo sprovedena u praksu i opšte je prihvaćena od strane svih proizvođača vozila, omogućila je formiranje baza podataka koje su sadržale izgled i karakteristike oštećenja na pojedinim delovima vozila u zavisnosti od njihovih sudarnih brzina ili brzina drugog vozila učestvovalog u test sudaru. Na osnovu ovih saznanja uspostavljena je veličina - ekvivalent brzine vozila izgubljene na deformacioni rad *EES* (Energy Equivalent Speed), koji je fizički izražen jedinicom za brzinu (m/s, km/h). Ovaj termin su definisali Burg, Martin i Zedler, (Burg i dr. 1980) nakon čega je i usvojena njegova opšta primena. Na taj način, deformacioni rad na plastične deformacije vozila koje je učestvovalo u sudaru je povezan sa brzinama pri kojim su ovakva oštećenja mogla nastati. Ovakav pristup problemu je omogućio primenu zakona o održanju energije u postupku utvrđivanja sudarnih brzina vozila, po kome je njihova ukupna kinetička energija u trenutku sudara jednaka energiji utrošenoj na deformacioni rad na oba vozila, kao i na preostaloj kinetičkoj energiji koja se utroši tokom postsudarne faze, od trenutka odvajanja vozila do trenutka njihovog zaustavljanja.

Problem u vezi primene zakona održanja energije u analizi sudara vozila nastaje zbog činjenice da u jednačini balansa energije figurišu dve nepoznate veličine, odnosno sudarne brzine oba vozila učestvovala u sudaru. Drugim rečima, da bi se utvrdila sudarna brzina jednog od vozila, neophodno je poznavati sudarnu brzinu drugog. Iz navedenog razloga, zakon održanja energije u postupku analize sudara vozila objektivno je moguće primeniti u slučajevima kada je jedno od vozila u trenutku sudara bilo zaustavljeno, čime se u potpunosti eliminiše jedna nepoznata veličina ili kada se ono iz određenih razloga (zaustavljanje, skretanje ulevo ili udesno, polukružno okretanje, uključivanje u saobraćaj i sl.) kretalo manjom brzinom, koju je moguće proceniti sa sasvim zadovoljavajućom preciznošću relevantnom za dalju analizu.

2. PRIMENA ZAKONA ODRŽANJA ENERGIJE U ANALIZI SUDARA VOZILA

Zakon održanja energije je jedan od osnovnih zakona u okviru klasične fizike. Po ovom zakonu ukupna količina energije u izolovanom sistemu ostaje konstantna tokom vremena. To znači da se u okviru zatvorenog izolovanog sistema energija ne može stvoriti niti uništiti, već samo prelazi sa jednog tela na drugo ili se pretvara iz jednog oblika u drugi.

Ukoliko se dva vozila koja učestvuju u sudaru posmatraju kao izolovani sistem, te ukoliko se pri tome zanemari trenje u njihovom međusobnom kontaktu, zakon održanja energije bi glasio (Burg i Moser, 2014):

$$E_{T1} + E_{T2} + E_{R1} + E_{R2} = E'_{T1} + E'_{T2} + E'_{R1} + E'_{R2} + A_{def1} + A_{def2} + E_{ost} \quad (1)$$

Gde su:

- E_{T1}, E_{T2} – translatorne kinetičke energije vozila u trenutku sudara;
- E_{R1}, E_{R2} – rotacione kinetičke energije vozila u trenutku sudara;
- E'_{T1},E'_{T2} - translatorne kinetičke energije vozila neposredno nakon sudara;
- E'_{R1},E'_{R2} - rotacione kinetičke energije vozila neposredno nakon sudara;
- A_{def1}, A_{def2} –deformacioni rad na plastične deformacije vozila;
- E_{ost} – ostala energija (toplotna energija, energija utrošena na elastične deformacije, vibracije i sl.)

U cilju uspostavljanja prihvatljivog modela za proračun sudarnih brzina vozila zasnovanog na zakonu održanja energije neophodno je izvršiti određena pojednostavljenja:

1 Preostala energija sistema (E_{ost}) se zbog svoje male vrednosti u odnosu na ostale vidove energije vozila utrošene u sudaru može zanemariti.

2 Rad je fizička veličina izražena u istoj jedinici kao i energija (J) i jednak je proizvodu sile i pređenog puta. Prilikom sudara vozila, određeni deo kinetičke energije koju su ona posedovala u trenutku sudara se utroši na deformacioni rad. Deformacije na vozilima koja su učestvovala u sudaru su

neravnomerno raspoređene duž kontaktnih zona, a i izvan njih, u vidu indukovanih oštećenja. Intenzitet deformacija na vozilima, osim udarne sile, zavisi i od konstrukcije vozila i rasporeda masa na njima. Pored toga, deformacije na vozilu ne mogu biti analizirane samo kroz delovanje rezultantne sile, jer se utrošak energije u sudaru na plastične deformacije raspoređuje ne samo na kontaktnu površinu, već i izvan nje. To znači da je faktički nemoguće izvršiti proračun deformacionog rada na vozilu na osnovu intenziteta udarne sile i deformacija koje je ona prouzrokovala. Na osnovu rezultata test sudara vozila koji su se počeli intenzivno sprovoditi u drugoj polovini 60-ih godina prošlog veka u SAD, ideja o vezi između sudarne brzine i intenziteta deformacija na vozilu usled naleta na nedeformabilnu nepomičnu prepreku potekla je od strane Mackay-a (Mackay, 1968), koji je uspostavio pojam EBS (equivalent barrier speed) u cilju mogućnosti komparacije između oštećenja na vozilima koja su nastala u realnim saobraćajnim nezgodama i onim koja su prouzrokovana u test sudarima. Na osnovu analize crash testova, utvrđeno je da se veći deo kinetičke energije koju je vozilo posedovalo u trenutku sudara troši na plastične deformacije na njemu, odnosno na deformacioni rad, dok se preostali deo energije troši na kretanje vozila tokom postsudarne faze. Količina kinetičke energije koju poseduje vozilo neposredno nakon sudara, na početku restitucije, zavisi od njegovih konstrukcionih karakteristika, odnosno od elastičnosti sudara. U tom smislu, uspostavljena je veza između veličine *EBS* i veličine *EES* pomoću koeficijenta restitucije *k* (McHenry, 1997). Teoretske vrednosti ovog koeficijenta se kreću između 0 (apsolutno plastični sudar) i 1 (apsolutno elastični sudar). Navedena veza je definisana izrazom:

$$EES = EBS \cdot \sqrt{1 - k^2} \tag{2}$$

Istraživanja su pokazala da se u realnim saobraćajnim nezgodama vrednosti koeficijenta restitucije kreću u granicama od 0,05-0,3, pri čemu se gornja vrednost navedenog dijapazona odnosi na sudare koji u većoj meri imaju karakter elastičnih. To znači da vrednost *EES* ne odstupa bitno od vrednosti *EBS* i da se rezultati u pogledu deformacionih karakteristika vozila pri sudarima određenim brzinama sa nedeformabilnom nepomičnom preprekom sa zadovoljavajućom tolerancijom mogu primeniti u analizama realnih saobraćajnih nezgoda.

Uspostavljanje vrednosti *EES* omogućilo je da se deformacini rad na plastičnim deformacijama vozila nastalim u sudaru definiše kroz gubitak kinetičke energije, odnosno:

$$A_{def} = \frac{m \cdot EES^2}{2} \tag{3}$$

Gde je:

m – masa vozila.

Ovakav pristup problemu je inicirao formiranje digitalnih *EES* kataloga, u kojima su na fotografijama prikazane deformacione karakteristike vozila u zavisnosti od ekvivalenta kinetičke energije koja ih je mogla prouzrokovati, što je omogućilo komparativnu vizuelnu analizu između vozila za kojih su definisane *EES* vrednosti i vozila koje je učestvovalo u saobraćajnoj nezgodi koja je predmet analize.

3 U jednačini balansa energije figuriše i rotaciona kinetička energija u trenutku i neposredno nakon sudara. Kinetička energija rotacionog kretanja tela je jednaka polovini proizvoda momenta inercije i kvadrata njegove ugaone brzine. Rotaciona kinetička energija u trenutku sudara računa se izrazom:

$$E_R = \frac{J \cdot \omega^2}{2} \tag{4}$$

dok je rotaciona kinetička energija neposredno nakon sudara:

$$E_R' = \frac{J \cdot \omega'^2}{2} \tag{5}$$

Gde je:

J – moment inercija vozila za vertikalnu težišnu osu;

ω – ugaona brzina vozila u trenutku sudara;

ω' – ugaona brzina vozila neposredno nakon sudara.

U većini sudara, vozila u sudarnu poziciju dospevaju krećući se translatorno, tako da im je ugaona brzina u trenutku sudara:

$$\omega = 0 \tag{6}$$

što znači da je i rotaciona kinetička energija u trenutku sudara jednaka nuli.

S druge strane, kod većine realnih sudara, udarni impuls deluje smaknuto u odnosu na težišta, što uzrokuje njihovu izvesnu rotaciju tokom postsudarne faze. Intenzitet ove rotacije je uslovljen ugaonom brzinom koja je posledica sudara i zavisi od kraka udarnog impulsa, odnosno od njegovog normalnog rastojanja u odnosu na težište. Problem u vezi utvrđivanja rotacione kinetičke energije vozila nakon sudara je u tome što je analitičkim putem, na osnovu definisanog mesta sudara i zaustavnih pozicija vozila, izuzetno teško utvrditi ugaonu brzinu vozila neposredno nakon sudara. Isto tako, ni podaci o momentu inercije vozila za vertikalnu težišnu osu nisu uvek dostupni, iako su uspostavljene određene empirijske metode na osnovu kojih bi se mogla definisati njihova približna vrednost. Analizom realnih sudara vozila primenom programskog paketa za simulaciju i rekonstrukciju saobraćajnih nezgoda PC CRASH (Wach, 2012), utvrđeno je da je udeo rotacione kinetičke energije u ukupnoj sumi energije neposredno nakon sudara značajno manji u odnosu na translatornu kinetičku energiju i energiju izgubljenu na deformacioni rad. Iz ovog razloga, a u cilju mogućnosti praktične primene zakona održanja energije u postupku utvrđivanja sudarnih brzina vozila, rotaciona kinetička energija vozila neposredno nakon sudara se takođe može zanemariti. Pri tome je važno napomenuti da je kod sudara vozila, u kojima nije došlo do njihove intenzivnije rotacije tokom postsudarne faze, zanemarivanje vrednosti rotacionih energija neposredno nakon sudara gotovo bez uticaja na proračun translatorne sudarne brzine vozila primenom zakona održanja energije. U sudarima vozila u kojima je izvesno došlo do njihove intenzivnije rotacije tokom postsudarne faze, proračunata sudarna brzina jednog od vozila učestvovalog u sudaru se može smatrati minimalnom.

4 I pored prethodno navedenih pojednostavljenja, u jednačini balansa energije još uvek ostaje jedna nepoznata veličina, a to je sudarna brzina jednog od vozila. U tom smislu, analizirani model za utvrđivanje sudarne brzine primenom zakona održanja energije je primenjiv samo za slučajeve kada je sa zadovoljavajućom pouzdanošću moguće utvrditi sudarnu brzinu jednog od vozila. To znači da je ovaj model realno moguće primeniti u situacijama kada je jedno od vozila u trenutku sudara bilo zaustavljeno, čime se u potpunosti eliminiše njegova kinetička energija ili se kretalo relativno malom brzinom. Ovakvi slučajevi se najčešće dešavaju u sektoru raskrsnica, kada je vozač jednog od vozila prilikom preduzimanja nekog od manevara (uključivanje, prestrojavanje, skretanje levo ili desno i sl.), prinuđen da smanji brzinu kretanja svog vozila na nivo uobičajenih, koje se u postupku proračuna mogu prihvatiti kao realne pretpostavljene vrednosti.

Nakon opisanih pojednostavljenja, zakon održanja energije dobija sledeći oblik:

$$E_{T1} + E_{T2} = E'_{T1} + E'_{T2} + A_{def1} + A_{def2} \tag{7}$$

odnosno:

$$\frac{m_1 \cdot V_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot V_2^2}{2} = \frac{m_1 \cdot V_1'^2}{2} + \frac{m_2 \cdot V_2'^2}{2} + \frac{m_1 \cdot EES_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot EES_2^2}{2} \tag{8}$$

Gde su:

$V_1, V_2 -$ brzine vozila u trenutku sudara;

$V_1', V_2' -$ brzine vozila neposredno nakon sudara.

Ukoliko je npr. vozilo 2 u trenutku sudara bilo zaustavljeno, rešavanjem izraza (8) po V_1 dobija se:

$$V_1 = \sqrt{V_1'^2 + EES_1^2 + \frac{m_2}{m_1}\left(V_2'^2 + EES_2^2\right)} \tag{9}$$

Ako se vozilo 2 u trenutku sudara kretalo brzinom koju je moguće proceniti u realnim okvirima, izraz dobija oblik:

$$V_1 = \sqrt{V_1'^2 + EES_1^2 + \frac{m_2}{m_1}\left(V_2'^2 + EES_2^2 - V_2^2\right)} \tag{10}$$

3. ANALIZA SUDARA SA SPORIM VOZILOM – STUDIJA SLUČAJA

Mogućnost primene uprošćenog zakona održanja energije za potrebe utvrđivanja sudarne brzine vozila analizirana je na primeru realne saobraćajne nezgode. U ovoj saobraćajnoj nezgodi, automobil RENAULT MEGANE (RENAULT) se u fazi preticanja sudario sa automobilom ŠKODA OCTAVIA (ŠKODA), koji se kretao u istom smeru, a u trenutku sudara je bio u fazi skretanja ulevo na parking prostor.

Prikaz mesta sudara i zaustavnih pozicija vozila je dat na slici 1, dok je detalj mesta sudara i zaustavnih pozicija u razmeri, dat na slici 2.



Slika 1. Mesto sudara i pozicije vozila u trenutku sudara



Slika 2. Razmerni prikaz mesta sudara i pozicija vozila u trenutku sudara

U ovoj analiziranoj nezgodi, nakon primarnog kontakta, nije došlo do intenzivnije rotacije nijednog od vozila .

Brzina automobila ŠKODA se, s obzirom na manevar koje je vršilo ovo vozilo neposredno pre kontakta, procenjuje na:

$$V_2 = 15\ {}^{km}/_{h} = 4{,}2\ {}^{m}/_{s}$$

Nakon sudara automobil ŠKODA je nastavio translatorno kretanje do zaustavne pozicije registrovane uviđajem, pri čemu je prešao put od oko $S_{4z2} = 5\ m$, uz usporenje koje se procenjuje na $b_2 = 3\ m/s^2$, tako da je brzina ovog vozila neposredno nakon sudara iznosila:

$$V_2' = \sqrt{2 \cdot b_2 \cdot S_{4z2}} = \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 5} = 5{,}5\ m/s$$

Od definisanog mesta sudara, do zaustavne pozicije registrovane uviđajem, automobil RENAULT je po blago lučnoj putanji prešao put od oko $S_{4z1} = 8\,m$. Sudarna pozicija automobila RENAULT ukazuje da je vozač ovog vozila preduzeo izbegavajuću radnju izmicanjem u levu stranu, uz usporavanje kočenjem, tako da mu je brzina neposredno nakon sudara iznosila oko:

$$V_1' = \sqrt{2 \cdot b_1 \cdot S_{4z1}} = \sqrt{2 \cdot 4 \cdot 8} = 8\ m/s$$

Procenjene EES vrednosti na osnovu oštećenja na vozilima iznose:

- Za automobil RENAULT

$$EES_1 = 10\ km/h = 2{,}8\ m/s$$

- Za automobil ŠKODA

$$EES_2 = 15\ km/h = 4{,}2\ m/s$$




Slika 3, 4. Oštećenja na automobilima RENAULT i ŠKODA

Mase vozila sa putnicima koji su se u trenutku nezgode nalazili u njima su:

$$m_1 = 1155 + 150 + 150 = 1455\ kg$$

$$m_2 = 1320 + 150 + 75 = 1545\ kg$$

U skladu sa uprošćenim izrazom vezanim za zakon održanja energije (10), proizilazi da se u trenutku sudara automobil RENAULT kretao brzinom od:

$$V_1 = \sqrt{8^2 + 2{,}8^2 + \frac{1545}{1455}(5{,}5^2 + 4{,}2^2 - 4{,}2^2)} = 10{,}2\ m/s = 36{,}7\ km/h$$

Simulacijom sudara, uz uvažavanje identičnih sudarnih pozicija i masa vozila, izvršenom u programskom paketu PC CRASH, utvrđeno je da se u trenutku sudara automobil RENAULT kretao brzinom od:

$$V_{1sim} = 35\ km/h$$

dok je brzina automobila ŠKODA iznosila:

$$V_{2sim} = 14\ km/h$$

U postupku simulacije, definisano mesto sudara, pozicije vozila u trenutku sudara i sudarne brzine, u potpunosti su potvrđene njihovim zaustavnim pozicijama i EES vrednostima.

4. ZAKLJUČAK

Postupak utvrđivanja brzina vozila u trenutku sudara je u osnovi zasnovan na dva fizička zakona, odnosno na zakonu promene količine kretanja i zakonu održanja energije. Količina kretanja je vektorska veličina, a zakon promene količine kretanja predstavlja osnovu gotovo svih računarskih programa za analizu i rekonstrukciju sudara vozila. Primena ovog zakona, hronološki posmatrano, podrazumeva analizu sudarnog procesa "unapred", odnosno od trenutka sudara ka zaustavnim pozicijama vozila. Simulacijom sudarnog procesa, uz uvažavanje materijalnih tragova koji ukazuju na mesto sudara i karakteristika oštećenja na vozilima, koja ukazuju na njihovu sudarnu poziciju, iteracijama u pogledu definisanja sudarnih brzina vozila nastoje se postići njihove zaustavne pozicije.

Sa druge strane, energetske metode podrazumevaju analizu sudarnog procesa unazad, odnosno od njihovih zaustavnih pozicija ka definisanom mestu sudara. Prema zakonu održanja energije, kinetička energija koju vozila poseduju u trenutku sudara se troši na deformacioni rad i preostalu kinetičku energiju koju ona poseduju na početku postsudarne faze. Dakle, polazeći od zaustavnih pozicija ka definisanom mestu sudara, na osnovu dužine pređenog puta i usporenja koje su vozila mogla ostvariti tokom ovog kretanja, moguće je utvrditi njihove približne translatorne brzine brzine u trenutku međusobnog odvajanja, pa samim tim i kinetičku energiju koju su ona utrošila na translatorno kretanje tokom postsudarne faze. Udeo rotacione kinetičke energije koju poseduju vozila nakon sudarnog procesa u ukupnoj preostaloj energiji je značajno manji u odnosu na translatornu kinetičku energiju, tako da se u određenim slučajevima, kada nakon sudara ne dolazi do intenzivnije

rotacije vozila, može zanemariti. Postojanje *EES* kataloga je omogućilo da se ekvivalent brzine vozila izgubljene na deformacioni rad u sudaru može proceniti sa sasvim zadovoljavajućom preciznošću. Da bi se primenom zakona održanja energije mogla utvrditi sudarna brzina jednog od vozila, neophodno je poznavati sudarnu brzinu drugog. Zbog toga, uspostavljeni pojednostavljeni model za proračun sudarne brzine vozila ima ograničenja u pogledu šire primene. Drugim rečima, ovaj model je moguće primeniti samo ukoliko je jedno od vozila u trenutku sudara bilo zaustavljeno ili se iz određenih razloga kretalo malom brzinom, koju je moguće proceniti sa zadovoljavajućom preciznošću. Raskrsnice su mesta na kojima su vozači u određenim situacijama prinuđeni da smanje brzinu kretanja vozila, kako bi nameravanu radnju (najčešće skretanje) mogli izvršiti na bezbedan način. Ova činjenica pruža mogućnost sasvim objektivne procene brzine vozila koje se u trenutku sudara nalazilo u fazi realizacije nekog od manevara u sektoru raskrsnice, pa samim tim i njegove kinetičke energije u trenutku sudara.

Analizom pojednostavljenog modela za proračun sudarne brzine vozila na osnovu zakona održanja energije na primeru realne saobraćajne nezgode, utvrđena su neznatna odstupanja u pogledu sudarne brzine dobijene simulacijom sudara primenom programskog paketa PC CRASH, na osnovu čega se zaključuje da brzina utvrđena na ovakav način, u određenim situacijama, može biti sasvim pouzdana osnova za dalju analizu toka nezgode.

ZAHVALNICA

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja projekta "Razvoj i primena savremenih alata i metoda istraživanja u oblasti saobraćaja i transporta", osnovanog od strane Departmana za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija.

5. LITERATURA

Burg, H., i dr. (1980) EES - ein Hilfsmittel zur Unfallrekonstruktion und dessen Auswirkung auf die Unfallforschung, Der Verkehrsunfall 18 No. 4, 5, 6.

Burg, H., Moser, A. (2014). Handbook of Accident Reconstruction

Campbell, K. (1974). Energy basis for collision severity, SAE Technical Paper 740565, 2114-2126

McHenry, R., McHenry, B. (1997). Effects of restitution in the application of crush coefficients, SAE Technical Paper 970960, 303-322

Mackay, M., (1968). Injury and collision severity, SAE Technical Paper 680779, 3108-3113

Nader, R. (1965), Unsafe at any speed

PC-Crash 12.1. (2019). A Simulation program for Vehicle Accidents 12.0 - Operating Manual)

Wach,W., (2012). Simulation of vehicle accidents using PC-Crash

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

THE FUTURE OF LUTI MODELS

Ovidiu Harpalete[a], Șerban Stere[a]

[a] *Politehnica University of Bucharest, Splaiul Independenței 313, Bucharest 060042, Romania, ovidiu20022003@yahoo.com, serban.stere@gmail.com*

Abstract: *The paper is observing some trends in the current land-use/transportation models and points their limits and obstacles. The main question of the study is whether the likely effects of integrated land-use and transport policies can reduce travel demand and how this can be predicted. There is a renewed interest in overcoming implementation issues, as new trends, such as teleworking or autonomous vehicles, are expected to have a substantial influence on land-use patterns. The increase in transport demand should be covered by public transport, cycling and walking, but not by the increase in car traffic. This will be achieved mainly through more concentrated development of land-use. The main conclusion about LUTI integrated modeling is that the best approach is closely related to user needs and analysis and the most promising technique for activity-based transport and land-use modeling is microsimulation, which makes it possible to reproduce the complex spatial behavior of individuals on a one-to-one basis.*

Key words: *transport, land-use, feedback cycle, accessibility, relocation, microsimulation*

1. INTRODUCTION

The structure of a city obviously influences the mobility behavior, and the location of activities is one of the main factors that determine the travel of the population. However, it is difficult to empirically isolate the impact of land-use on transport and vice versa due to the multitude of competing changes of other factors. Therefore, the question that arises is whether the likely effects of integrated land-use and transport policies can reduce travel demand and how this can be predicted (Wegener, 2004). Coordinated land-use and transport planning has been an important strategy for reducing transport demand and car dependency over the decades. It aimed for better living conditions, improved urban environment, less congestion and traffic delays, better accessibility for everyone and reduced greenhouse gas emissions. (Johansen et al., 2015).

Many research state that the correct arrangement of the built space will result in improved use of public transport. There are, however, opinions that this approach results only in "auto-selection", meaning that only residents who want to travel by public transport will travel to these places, with a minimal impact on households with car users. The main focus of LUTI research is to establish a model that can unlock complexity, especially in relation to useful practice-based results. The complex relationship of LUTI can be practically simplified into relationships of three types, namely causality, auto-selection or independence. In this respect, it is considered important to control the relevant factors involved in public transport investments. (Nurlaela and Curtis, 2012). The mediation factor in determining changes in the location of activities and in the travel demand is accessibility, which measures the situation of a location in relation to other activities or opportunities (work, shopping, etc.) distributed in space. (Iacono et al., 2007).

There is a renewed interest in overcoming implementation issues, such as new trends, such as teleworking or autonomous vehicles, are expected to have a substantial influence on land-use patterns. Nowadays, integrated models are used to analyze the impact of pricing scenarios, to understand the implications for equity issues and to assess energy use and environmental impact. For such scenarios, traditional feedback from land-use to transport with aggregate accessibility may not be sufficient. Newer models may also require more details, such as the availability of telework or the capabilities of autonomous vehicles (Moeckel et al., 2018). Autonomous vehicles offer several advantages for the transport system, such as limited day parking spaces and commuter costs per kilometer, in addition to the improved consumer experience through lower prices and greater travel comfort (Basu and Ferreira, 2020). These can lead to major changes in urban systems due to their ability to use road infrastructure more efficiently and shorten travel time. Accessibility changes can change residential location patterns and land-use distribution, which would affect the scale and direction of urban sprawl processes. Thus, urban areas could expand up to 7% to the periphery, and the effects depend on transport and land-use policies, current policies involving an increase between 10% and 30%. (Cordera et al., 2021).

LUTI models can also be used to optimize environmental measures, in order to reduce CO_2 emissions. Guzman et al. (2016) combined a land-transport use interaction model with an optimization algorithm that provides the optimal design for each transport policy. This modeling approach simulates the impact of transport policy packages over time. To this end, a dynamic approach to the system is proposed as part of a structured decision-making process. The methodology uses Causal Loop Diagrams (CLD) from systems dynamics to explain cause-effect relationships by linking subsystems of land-use, transportation and emissions. On the other hand, the population and the distribution of jobs are the results of the land-use model and entry into the transport model. The interaction between these two sub-models is calculated for a number of policy scenarios that include several transport measures. Once the transport and land-use models reach equilibrium, the results are compared with the objective function, i.e. the level of CO_2 and pollutant emissions (Guzman et al., 2016).

In reality, most integrated land-use models do not run every year, but rather every five or ten years. Long running times prevent most integrated models from running every year. In some cases, the land-use model runs every year, but the transport model only runs every five to ten years. In other applications, both models run every five or ten years.

2. LUTI MODELING

In the last six decades, several LUTI models have been developed, calibrated and applied in policy analysis at different spatial levels. As shown in figure 1, most LUTI operational models have three main components, namely land use, socio-demographic and transport. These sub-models are either fully integrated or poorly coupled to each other to provide input-output links during model execution. The land-use sub-model often contains important information about the urban land market, including the ratio of residential and employment space, land values, types of housing, land use mix, residential availability and the possibility of demolition and redevelopment. Most existing models (e.g., IMREL, KIM, MEPLAN, TRESIS, METROSIM, MUSSA, PECAS, RURBAN, TLUMIP, TRANUS, DELTA and URBANSIM) have detailed sub-models of urban land and the housing market (Acheampong et al., 2014).

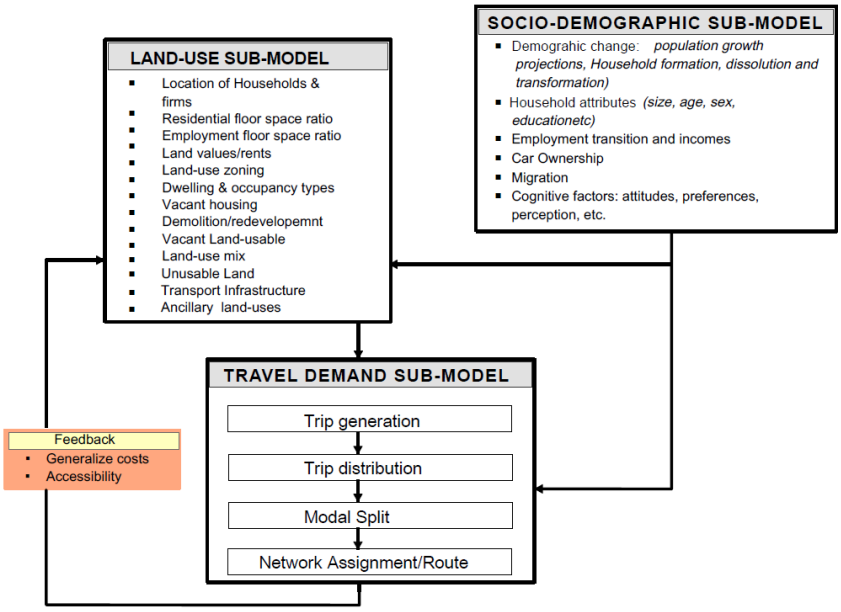


Figure 1. The generalized structure of an operational LUTI model

However, today, both basic traffic forecasts and traffic scenario forecasts for different policies or measures are calculated using a four-step transport model in which land use is an exogenous component. These traffic projections are again used to calculate the benefits of different policies and measures for different users. By excluding the feedback loop between land-use and transport, e.g. the Norwegian transport models, it can lead to seriously biased results in cost-benefit analysis, since the reactions of individuals and firms, when it comes to a future land-use scenario for a policy/measure, is not taken into account.

It will also be impossible to use current methods to calculate user benefits, as current methods are based on traffic costs. The benefits of users in a modified land-use situation will not only consist of traffic benefits, but also location benefits. The LUTI models are proposed as more realistic modeling systems for predicting changes in the urban environment over time, but such models are expensive and labor intensive. Therefore, alternative methodologies will be needed (Johansen, 2015; Wegener, 2004). Land-use control and planning is largely the key to controlling transport demand as well as its impact on the environment. Although the inter-relationship

between land-use and transport is complex, it is well established. An inherent interaction or feedback process takes place between land-use and transport, where one influences it and depends on the other. Many papers refer to this interaction as the land-use / transport feedback cycle, illustrated in figure 2 (Heyns and Jaarsveld, 2017).

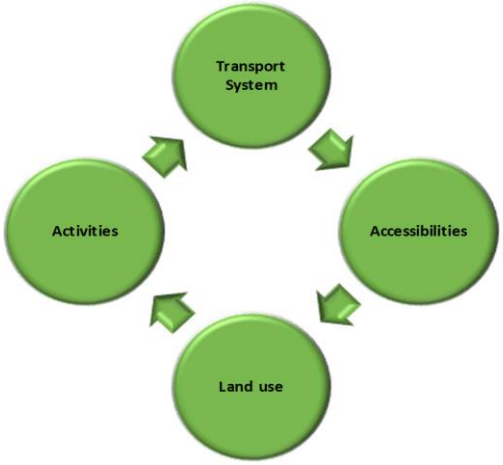


Figure 2. Land-use - transport feedback cycle

From the end of the cycle (Land use), the locations of the population and businesses determine the origins and destinations of most trips in travel patterns (Activities). The modeling of the transport system allows the calculation of accessibility, which describes how well accessible an area is for all other areas. Accessibility shapes land-use, as households and businesses are also looking for affordable locations. Because of this interaction, it is important for transportation and landscaping professionals to understand the likely interactions and possible negative side effects of planning that is not executed in an appropriate framework. For example, a land-use policy aimed at encouraging urban sprawl does not do much to promote shorter journeys, reduce travel costs and financial requirements for the operation and financing of public transport. Counterproductive and counterintuitive land-use and transportation planning has serious long-term consequences (Heyns and Jaarsveld, 2017). The models are operational in the sense that they have been implemented, calibrated and used for policy analysis for at least one metropolitan region (Wegener, 2004).

2.1. Classification

In short, research from recent decades has been based on a number of theories that can be applied to either an aggregate or disaggregated level of understanding of decision-making behavior. Figure 3 provides a summary of the link between the levels of (de)aggregation at which these theories are intended to be applied and the various degrees of complexity involved in their operationalization. Urban economic theory and entropy-based gravitational models allow macro-level analysis using simple and treatable mathematical models and therefore impose relatively low and moderate levels of complexity in that operational modeling (Acheampong et al., 2014).

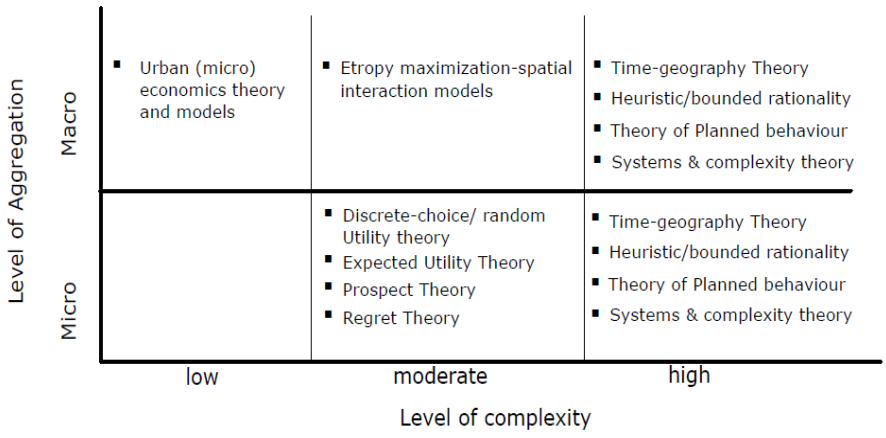


Figure 3. Level of aggregation and degree of complexity involved in operationalizing theories

LUTI models can be devided in three generations: (Brandi et al., 2014):

1. first generation or aggregate models, based on spatial interaction: based on aggregated data and principles of gravity and entropy maximization;
2. second generation: multinomial logit models based on the principle of maximizing utility;
3. third generation: travel models based on micro-data and activities.

Regarding the evolution of LUTI models, 3 trends were observed (Johansen et al., 2015):

- Trend 1: From a macro approach to a micro approach: the first LUTI models were static and macroscopic. However, the new LUTI models are complex micro-simulation models based on space-level agents with a high degree of disaggregation.
- Trend 2: possibly as a reaction to trend 1, there is a parallel movement towards simpler, faster and more visible land-use planning tools. These planning tools are based on less data-intensive and less theory-rich approaches, mainly rules-based and/or GIS-based.
- Trend 3: There is a growing awareness of the importance of integrated approaches to transport and land-use policies in general. At the same time, we see that some planners and decision makers are skeptical of LUTI models. It seems that many planners and decision makers who know about LUTI models according to trend 1 consider that the models are too complex to understand, while those who have knowledge about LUTI models according to trend 2 consider that the models are too simple to capture all urban processes.

Activity-based LUTI modeling aims to relocate a subset of activities from urban areas with strong attractiveness, but poorly connected to the city's transportation system, to urban areas close to existing public transport links with available residual capacity. The aim is to move, with the relocation, a sufficient part of the trips from private transport to public transport, and more precisely to the public transport system, because the potential of urban rail and metro services in reducing the negative effects of using private cars is well known (Brandi et al., 2014, Niu and Li, 2019).

Agent-based LUTI models fall into two categories. At the level of individual agents we talk about multi-agent systems or disaggregated / microsimulation models, while at the level of representative agents we have aggregate models. The modeled object is the urban system. The natural environment, legal regulations and infrastructure are the stage on which economic actors (individuals) or groups of actors (households, companies) carry out their activities. Actors, also called agents, consider the conditions of the underlying subsystems for their decisions. They change the conditions of the subsystems again, which means that there are feedback loops. (Wegener 2004, Renner et al., 2014). The advantages of adopting such an approach to modeling urban systems are many (Iacono et al., 2007):

• Urban systems are dynamic, with a significant element of time and components that change at different speeds;

• The behaviors of these systems are complex, with interacting agents, complex decision-making processes, and significant probabilistic elements.

• Mathematical and statistical representations of urban systems often introduce large amounts of bias and lead to poor forecasts.

LUTI models based on neural networks introduce the possibility of creating an auto-adaptive spatial model. A data-driven approach focuses more on building relationships, using empirical datasets rather than solid theoretical frameworks. Rodrigue (1997) states that the urban structure and its evolution should not be considered as a given, but as a result of complex interactions. These are precisely the aspects in which most of the LUTI transport operational models are deficient. As an associate of pattern and process, a neural network allows the transformation of structural relationships between its elements and thus provides a self-adaptive model. This approach will be able to overcome a number of important shortcomings in the models currently in use. The theory behind the models is in the conceptual model. Because a neural network model auto-adapts and auto-calibrates, the absence of a clear theoretical basis is less important because the model seeks its own relationships from the data. Despite the lack of research, the empirical approach is promising (Rodrigue, 1997, Basse et al., 2014, Tillema, 2016).

2.2. Limitations of the LUTI models

In the beginning, the major limitations of LUTI planning models were in simplifying the user's decision and in simplifying the simulation models. Over the last decade, several LUTI planning models with different levels of comprehensiveness and detail have been developed and applied in integrated and sustainable transport studies. However, the actual LUTI integrated planning processes are often absent in planning practice. The

reason is that the most sophisticated models require an extraordinary amount of data to be calibrated and validated, especially in those early stages of planning. In contrast, the investment, mainly for those models designed to give short-term forecasts, is usually quite small. Thus, it seems that the use of integrated land-use models is feasible only in supporting long-term strategic planning decisions (Brandi et al., 2014). A number of technical and practical challenges are posed by disaggregated modeling approaches, such as micro-simulation. First, disaggregated models based on micro-simulation significantly increase the demand for high-quality data, which makes the development and calibration of models very difficult (Iacono et al., 2008, Acheampong et al., 2014).

Among the main obstacles of LUTI models is the fact that it is difficult to match generic models with very specific and varied questions from end users. Secondly, it is expensive and difficult to implement and use a LUTI model (capacity barriers). Finally, there is no guarantee that the results of dedicated LUTI models will have any impact on policy design (barriers to decision making) (Saujot et al., 2016).Capacity constraints are strong constraints due to the increasing complexity of LUTI model. This gives rise to the debate of the simple/complex model. The scientific community tends towards increasing complexity (Saujot et al., 2016). A significant challenge in integrating land-use and transport models is to ensure technical operationality. Because both land-use models and transport models tend to be sophisticated, the result of the integrated land-use/transport model will necessarily be complex (Moeckel et al., 2018).

Microscopic representation could provide advantages for the integration of land use and transport, but presents the additional challenge of stochastic variations for choice issues. Because these models are based on the generation of random numbers for so-called Monte Carlo simulations, the results after each run may be slightly different (Moeckel et al., 2018).

3. CONCLUSION

The increase in transport demand should be covered by public transport, cycling and walking, and not by the increase in private car traffic. This will be achieved mainly through more concentrated land use development, for example by densification around public transport nodes, strengthening public transport systems, physical adjustments to improve the situation for cyclists and pedestrians and the use of restrictive measures against car traffic (Johansen et al., 2015). Future research in activity-based modeling and the integration into existing LUTI modeling frameworks must incorporate the principles of decision-making theories in conditions of uncertainty to realistically capture the behavioral complexity underlying observed destination and travel decisions of households.

Despite the growing innovation in uncertainty management methodologies, it is recognized in the literature that the results of different modeling frameworks are affected differently by variations in inputs and parameters. Based on this, it is essential that future research focuses, among other things, on understanding growth in predicting uncertainties over time and in different modeling frameworks towards a principled way of approaching the problem of uncertainty (Acheampong, 2014).While the static land use forecast may be adequate in the baseline scenario (often called the normal scenario), the population and employment forecast may be unrealistic in a given policy scenario. For example, if the model is used to test the extension of a railway line, households may decide to move because the railway line may make certain suburbs more attractive. A land-use model is used to update the allocation of socio-economic data for a particular model. Integrating land use models with transport models not only increases the number of scenarios that can be analyzed, but can also improve the outcome of the transport model. By explicitly simulating the interactions of land-use and transportation, travel behavior, relocation of the household, change of job, choice of shopping location, to name a few, can be modeled more realistically. It also creates coherence between land-use and transport forecasts and the resulting performance measures.

The main conclusion about LUTI integrated modeling is that the best approach is closely related to user needs and analysis. Explicit modeling of the feedback cycle is not always necessary, and the costs of developing an advanced model must be weighed against the added benefits that such a model can produce. Therefore, the main recommendation is that a study of the objective(s) to be conducted, in which the analysis needs as well as the budget are assessed correctly (Johansen et al., 2015). The most promising technique for activity-based transport modeling and land-use is the micro-simulation, which makes it possible to reproduce the complex spatial behavior of individuals on a one-to-one basis. In addition, the spatial resolution of current models is still too harsh to shape neighborhood policies and effects. In the future, the integration of environmental submodels for air quality, traffic noise, land grabbing and biotopes will play an important role (Wegener, 2007; Farooq and Miller, 2011).

Autonomous vehicles could have a significant impact depending on the urban context in which they are implemented. Given that they will lead to an increase in the capacity of intercity infrastructure, greater

accessibility is expected, especially in areas near cities and near motorways, favoring a moderate spread of the population. Promoting autonomous mobility through ridesharing could be a policy that would ensure a future of sustainable mobility compatible with the presence of autonomous vehicles (Heyns and Jaarsveld, 2017). The two long-term impacts of the introduction of autonomous cars that are of primary interest to decision makers are related to private vehicle ownership and residential relocation. A basic conclusion of the existing literature is the challenge associated with influencing people to give up private vehicles currently owned. This is rooted in behavioral theory as the endowment effect, which argues that people value the idea of ownership over certain goods more than their willingness to pay for them (Basu and Ferreira, 2020).

4. REFERENCES

Acheampong, R., Silva, E. (2014). Land-use–transport interaction modeling: A review of the literature and future research directions, Journal of Transport and Land use, 8(3), 11-38.

Basse, R., Omrani, H., Charif, O., Gerber, P., & Bodis, K. (2014). Land-use changes modelling using advanced methods: Cellular automata and artificial neural networks. /the spatial and explicit representation of land cover dynamics at the cross-border region scale. Applied Geography, 43:160–171

Basu, R., Ferreira J. (2020). A LUTI microsimulation framework to evaluate longterm impacts of automated mobility on the choice of housing-mobility bundles, Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 47(8), 1397-1417.

Brandi, A., Gori, S., Nigro, M. & Petrelli, M. (2014). Development of an integrated transport-land-use model for the activities relocation in urban areas, Transportation Research Procedia, 3, 374-383.

Cordera, R., Nogues, S., Gonzalez-Gonzalez, E. & Moura J.L. (2021). Modeling the Impacts of Autonomous Vehicles on Land-use Using a LUTI Model, Sustainability, 13(4), 1608.

Farooq, B., Miller, E. (2011). Towards integrated land-use and transportation: A dynamic disequilibrium based microsimulation framework for built space markets, Transportation research part A: policy and practice, 46(7), 1030-1053.

Guzman, L., De la Hoz, D. & Monzon, A. (2016). Optimization of Transport Measures to Reduce GHG and Pollutant Emissions Through a LUTI Modeling Approach. International Journal of Sustainable Transportation, 10(7), 590-603.

Heyns, W., Van Jaarsveld, S. (2017). Transportation modelling in practice: connecting basic theory to practice, Transportation, Land Use and Integration: Perspectives for Developing Countries, WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering, 100, 3-27.

Iacono, M., Levinson, D. & El-Geneidy, A. (2007). Models of Transportation and Land-use Change: A Guide to the Territory. Journal of Planning Literature, 22(4), 323-340.

Johansen, B.G., Hansen, W., Tennøy, A. (2015). Evaluation of models and methods for analyzing the interaction between land-use, infrastructure and traffic demand in urban areas. TØI Report, (1415/2015).

Moeckel, R., Garcia, C.L., Chou, A.M. & Okrah, M.B. (2018). Trends in integrated land-use/transport modeling: An evaluation of the state of the art. Moeckel, R., Garcia, C. L., Chou, A. T. M., & Okrah, M. B. (2018). Trends in integrated land-use/transport modeling. Journal of Transport and Land Use, 11(1), 463-476.

Niu, F., Jun Li, J. (2019). An activity-based integrated land-use transport model for urban spatial distribution simulation. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 46(1), 165-178.

Nurlaela, S., Curtis, C. (2012). Modeling household residential location choice and travel behavior and its relationship with public transport accessibility., Procedia-Social and Behavioral Sciences, 54, 56-64.

Renner, C.Z., Nicolaiy, T. & Nagelz, K. (2014). Agent-based land-use transport interaction modeling: state of the art. Institute of Technology (TU Berlin).

Rodrigue, J.-P. (1997). Parallel modeling and neural networks: an overview for transportation/land-use systems", Transportation Research C, Vol. 5, No. 5

Saujot, M., De Lapparent, M., Arnaud, E. & Prados, E. (2016). Making Land-use-Transport models operational tools for planning: from a top-down to an end user approach. Transport Policy, 49, 20-29.

Wegener, M. (2004). Overview of land-use transport models. Emerald Group Publishing Limited.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

PREDICTION OF TRAFFIC FLOW ON A MONTHLY LEVEL USING MACHINE LEARNING

PREDIKCIJA SAOBRAĆAJNOG TOKA NA MESEČNOM NIVOU KORIŠĆENJEM MAŠINSKOG UČENJA

Slađana Janković[a], Stefan Zdravković[a], Dušan Mladenović[a], Snežana Mladenović[a], Ana Uzelac[a]

[a] University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, s.jankovic@sf.bg.ac.rs, s.zdravkovic@sf.bg.ac.rs, d.mladenovic@sf.bg.ac.rs, snezanam@sf.bg.ac.rs, ana.uzelac@sf.bg.ac.rs

Abstract: *Automatic traffic counters are used for real-time detection and classification of vehicles on the network of state roads in the Republic of Serbia. Data obtained by automatic traffic counting are used to calculate various indicators of traffic load annually, monthly, daily, and hourly. The aim of this research was to define and verify the methodology of prediction of selected characteristics of the traffic flow intensity, based on the built and applied supervised machine learning models. The proposed methodology was applied in the case study where we predicted maximum and minimum daily traffic on a monthly basis. The case study used data obtained by automatic traffic counting on state roads in the Republic of Serbia, at selected counting points, during the period from 2011 to 2020. Machine learning models have been trained, tested, and applied for prediction using Weka software tool. One of the contributions of the research is to identify machine learning algorithms that have good results in predicting selected traffic load indicators. The best performance was obtained using models based on the following algorithms: IBk (k-Nearest Neighbors), Random Forest, Random Tree, and REPTree.*

Key words: *Weka, automatic traffic counters, k-Nearest Neighbors*

Apstrakt: *Na mreži državnih puteva u Republici Srbiji, za detekciju i klasifikaciju vozila u realnom vremenu, koriste se automatski brojači saobraćaja. Podaci dobijeni automatskim brojanjem saobraćaja koriste se za izračunavanje različitih pokazatelja saobraćajnog opterećenja na godišnjem, mesečnom, dnevnom i časovnom nivou. Cilj ovog istraživanja bio je da definiše i verifikuje metodologiju predikcije odabranih karakteristika intenziteta saobraćajnih tokova, baziranu na izgradnji i primeni modela nadgledanog mašinskog učenja. Predložena metodologija primenjena je u studiji slučaja predikcije maksimalnog i minimalnog dnevnog saobraćaja na mesečnom nivou. U studiji slučaja korišćeni su podaci dobijeni automatskim brojanjem saobraćaja na državnim putevima u Republici Srbiji, na izabranim brojačkim mestima, u periodu od 2011. do 2020. godine. Modeli mašinskog učenja obučavani su, testirani i primenjeni za predikciju u softverskom alatu Weka. Jedan od doprinosa istraživanja je identifikovanje algoritama mašinskog učenja koji daju dobre rezultate u predikciji odabranih pokazatelja saobraćajnog opterećenja. Najbolje performanse pokazali su modeli bazirani na algoritmima: IBk (k-Nearest Neighbors), Random Forest, Random Tree i REPTree*

Ključne reči: *Weka, automatski brojači saobraćaja, k-najbližih suseda*

1. UVOD

Nadgledanje saobraćajnih tokova važno je, kako zbog praćenja uslova odvijanja saobraćaja u realnom vremenu, tako i zbog prikupljanja podataka o saobraćaju. Podaci o saobraćaju koriste se u dimenzionisanju putnih deonioca, priključaka i raskrsnica, dimenzionisanju kolovoznih konstrukcija, dimenzionisanju mera za zaštitu okoline (npr. mere zaštite od buke), ekonomskom i finansijskom vrednovanju projekata, planiranju upravljanja i održavanja putne infrastrukture (Javno preduzeće "Putevi Srbije", 2012). Tako na primer, u planiranju putno saobraćajne infrastrukture, koristi se pokazatelj prosečan godišnji dnevni saobraćaj (PGDS) po vrstama vozila, odvojeno za putnički i teretni saobraćaj.

Predviđanje intenziteta protoka vozila smatra se ključnim elementom za uspešno projektovanje i razvoj inteligentnih transportnih sistema, posebno naprednih informacionih sistema u prevozu putnika, naprednih

sistema za upravljanje saobraćajem, naprednih sistema javnog prevoza kao i operacija sa komercijalnim vozilima (Lv i dr., 2015). Još od ranih osamdesetih godina prošlog veka istraživači primenjuju različite parametarske i neparametarske metode za predikciju obima saobraćaja (Xu, Kong i Liu, 2013). U slučaju male količine raspoloživih podataka i/ili poznate funkcije raspodele podataka preporučuju se parametarske metode, dok se u slučaju velike količine podataka i nepoznate funkcije raspodele podataka preporučuju neparametarske metode. Savremene senzorske tehnologije omogućavaju permanentno prikupljanje podataka o saobraćaju. Prikupljeni podaci o saobraćaju pružaju mogućnost za predikciju karakteristika saobraćajnih tokova u budućnosti, primenom jedne od neparametarskih metoda – nadgledanog mašinskog učenja (Zhang i dr., 2020; Park i dr., 2018; Xu i dr., 2013).

Stabla odlučivanja su jedna od najpopularnijih klasa algoritama nadgledanog mašinskog učenja, koji se najčešće koriste za klasifikaciju, ali se mogu koristiti i za regresionu analizu. Modeli mašinskog učenja bazirani na regresionim stablima odlučivanja uspešno su primenjeni u predikciji dnevnog protoka vozila (Janković i dr., 2020), kao i prosečnog mesečnog dnevnog saobraćaja (Janković i Mladenović, 2020). U radu (Uzelac i dr., 2020) izvršena je predikcija časovnog protoka vozila korišćenjem metode mašinskog učenja i primenom algoritma k-najbližih suseda.

Cilj ovog istraživanja bio je da se na osnovu istorijskih podataka o odabranim pokazateljima saobraćajnog opterećenja na mesečnom nivou, na izabranim brojačkim mestima na državnim putevima u Republici Srbiji, izvrši predikcija ovih pokazatelja za narednu – 2021. godinu, primenom metode nadgledanog mašinskog učenja.

Predikcija odabranih pokazatelja saobraćajnog opterećenja izvršena je prema metodologiji opisanoj u drugoj sekciji rada. Najznačajniji rezultati istraživanja predstavljeni su u trećoj sekciji, dok poslednja sekcija sadrži zaključna razmatranja.

2. METODOLOGIJA

Za predikciju odabranih pokazatelja saobraćajnog opterećenja, u ovom istraživanju primenjena je metoda nadgledanog mašinskog učenja. Proces mašinskog učenja sastoji se od faza: priprema podataka, izgradnja modela, validacija modela, testiranje modela i primena modela. Predikcija svakog izabranog pokazatelja saobraćajnog opterećenja realizovana je kroz sve navedene faze procesa mašinskog učenja.

2.1. Skupovi podataka

U istraživanju su korišćeni podaci dobijeni automatskim brojanjem saobraćaja na državnim putevima u Republici Srbiji, na 21 brojačkom mestu, u periodu od 1.1.2011. do 31.12.2020. godine. Izvorni skup podataka skladišten je u *Microsoft Excel* datotekama. Instance izvornog skupa podataka opisane su sledećim atributima: *ID brojača*, *godina*, *mesec*, *MAX_DAN*, *MIN_DAN*. Atribut *MAX_DAN* predstavlja maksimalan, a atribut *MIN_DAN* minimalan broj vozila koje automatski brojač saobraćaja (ABS) registruje u jednom danu tokom jednog meseca.

U cilju kreiranja skupova podataka na kojima će se obučavati i testirati modeli mašinskog učenja, od izvornih podataka kreirana je baza podataka u relacionom sistemu za upravljanje bazama podataka *Microsoft Office Access 2016*. Ciljne varijable, tj. zavisni atributi čije je vrednosti trebalo predvideti, su: *MAX_DAN i MIN_DAN*. Za predikciju svake od ove dve ciljne varijable kreirana je i na odgovarajućim skupovima podataka obučena i testirana po jedna grupa modela mašinskog učenja, baziranih na različitim algoritmima. Kod obe grupe modela mašinskog učenja nezavisni atributi bili su *ID brojača* i *mesec*. Atribut *godina* korišćen je za razvrstavanje instanci raspoloživog skupa podataka u dva podskupa: za obučavanje i za testiranje modela. Kao skup podataka za obučavanje modela izabrane su instance koje se odnose na period od 2011-2017. godine, dok su instance koje se odnose na period od 2018-2020. godine korišćene za testiranje obučenih modela mašinskog učenja.

2.2. Izgradnja i validacija modela mašinskog učenja

Izgradnja, validacija i testiranje modela mašinskog učenja obavljeni su u *data mining* softverskom alatu *Weka* (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*). Ovaj softver predstavlja kolekciju algoritama mašinskog učenja koji se koriste u poslovima otkrivanja zakonitosti u podacima (Witten i dr., 2017). Za predikciju obe ciljne varijable (*MAX_DAN* i *MIN_DAN*), na skupu podataka za trening, u softverskom alatu *Weka*, primenjeno je sledećih pet algoritama mašinskog učenja: *IBk* (k-najbližih suseda), *M5P*, *Random Forest*, *Random Tree* i *REPTree*. Za validaciju modela primenjena je unakrsna validacija (engl. *cross validation*), implementirana u softveru *Weka*.

Unakrsna validacija koristi samo podatke za trening, a sastoji se od sledećih faza:

1. Raspoloživi skup podataka za treniranje modela deli se na K jednakih delova-podskupova (engl. *folds*). Najčešće se deli na 10 podskupova (engl. *10-fold cross validation*).
2. Model se trenira na K-1 podskupova podataka (npr. na prvih K-1 podskupova).
3. Model se ocenjuje na jedinom preostalom (K-tom) podskupu podataka.
4. Koraci 2 i 3 ponavljaju se K puta. U svakoj iteraciji uzima se jedan deo podataka za potrebe validacije modela, dok se ostatak (K-1 delova) koristi za učenje. Bira se uvek različit podskup koji će se koristiti za validaciju modela.
5. Performanse modela izračunavaju se kao aritmetičke sredine performansi dobijenih u K iteracija.

Validacija (ocenjivanje) modela vrši se za svaki izabrani skup vrednosti hiperparametara modela. Nekoliko različitih mera može se koristiti za ocenjivanje uspešnosti numeričke predikcije (Witten i dr., 2017). Projektovane vrednosti ciljne promenljive, dobijene za skup instanci za validaciju modela su: p_1, p_2, …, p_n; dok su stvarne vrednosti ciljne promenljive: a_1, a_2, …, a_n.

Srednja kvadratna greška (1) je glavna i najčešće korišćena mera.

$$Srednja\ kvadratna\ greška = \frac{(p_1-a_1)^2+\cdots+(p_n-a_n)^2}{n} \tag{1}$$

Srednja apsolutna greška (2) je prosečna veličina individualnih grešaka bez uzimanja u obzir njihovog znaka. Srednja kvadratna greška ima tendenciju da preuveličava efekat izuzetaka - slučajeva kod kojih je greška predviđanja veća nego kod drugih, dok apsolutna greška nema ovaj efekat: sve veličine greške se tretiraju ravnomerno prema njihovoj veličini.

$$Srednja\ apsolutna\ greška = \frac{|p_1-a_1|+\cdots+|p_n-a_n|}{n} \tag{2}$$

Kvadratni koren srednje kvadratne greške (3) izračunava se na očigledan način.

$$Kvadratni\ koren\ srednje\ kvadratne\ greške = \sqrt{\frac{(p_1-a_1)^2+\cdots+(p_n-a_n)^2}{n}} \tag{3}$$

Relativna kvadratna greška (4) odnosi se na nešto potpuno drugačije. Greška se računa u odnosu na ono što bi bilo da se koristi jednostavni prediktor. Jednostavni prediktor je samo prosek stvarnih vrednosti iz podataka za trening, označen sa $\bar{a}$. Dakle, relativna kvadratna greška uzima ukupnu kvadratnu grešku, i normalizuje je tako što je deli ukupnom kvadratnom greškom podrazumevanog prediktora.

$$Relativna\ kvadratna\ greška = \frac{(p_1-a_1)^2+\cdots+(p_n-a_n)^2}{(a_1-\bar{a})^2+\cdots+(a_n-\bar{a})^2} \tag{4}$$

Kvadratni koren relativne kvadratne greške (5) izračunava se na očekivani način.

$$Kvadratni\ koren\ relativne\ kvadratne\ greške = \sqrt{\frac{(p_1-a_1)^2+\cdots+(p_n-a_n)^2}{(a_1-\bar{a})^2+\cdots+(a_n-\bar{a})^2}} \tag{5}$$

Relativna apsolutna greška (6) je ukupna apsolutna greška, sa istom vrstom normalizacije.

$$Relativna\ apsolutna\ greška = \frac{|p_1-a_1|+\cdots+|p_n-a_n|}{|a_1-\bar{a}|+\cdots+|a_n-\bar{a}|} \tag{6}$$

Poslednja mera tačnosti predikcije je koeficijent korelacije (7), koji meri statističku korelaciju između vrednosti a i p. Koeficijent korelacije uzima vrednosti od 1 za rezultate koji su u potpunoj korelaciji, preko 0 kada nema korelacije, do -1 kada su rezultati u savršeno negativnoj korelaciji.

$$Koeficijent\ korelacije = \frac{S_{PA}}{\sqrt{S_P S_A}}, \tag{7}$$

gde je:

$$S_{PA} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i-\bar{p})(a_i-\bar{a})}{n-1} \tag{8}$$

$$S_P = \frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i-\bar{p})^2}{n-1} \tag{9}$$

$$S_A = \frac{\sum_{i=1}^{n}(a_i-\bar{a})^2}{n-1} \tag{10}$$

Postavlja se pitanje: koja od ovih mera je odgovarajuća u datoj situaciji? Srećom, ispostavlja se da je u većini praktičnih situacija najbolji prediktivni model istovetan bez obzira na to koja mera greške se koristi.

Na kraju ovog procesa, imaćemo unakrsno vrednovani rezultat za svaki skup vrednosti hiperparametara za svaki algoritam. Za svaki algoritam ćemo izabrati najbolji skup hiperparametara i ponovo obučiti model na celom skupu podataka za trening (bez unakrsne validacije).

2.3. Testiranje modela mašinskog učenja

Unakrsnom validacijom dobijen je po jedan "najbolji" model za svaki algoritam, a u tom procesu korišćeni su samo podaci za trening. Da bi se predvidele performanse modela na novim podacima, potrebno je proceniti mere njihovih performansi na skupu podataka koji nije igrao nikakvu ulogu u formiranju modela. Ovaj nezavisni skup podataka naziva se skup podataka za testiranje i on mora imati identičnu strukturu i format podataka, kao skup podataka za trening. Testiranje i izbor najboljeg prediktivnog modela odvija se kroz sledeće faze:

1. predviđanje ciljne varijable na skupu podataka za testiranje, uz pomoć svakog od modela;
2. izračunavanje mera tačnosti predikcije svakog modela, koristeći dobijena predviđanja i vrednosti ciljne varijable iz skupa za testiranje;
3. poređenje performansi modela dobijenih na skupu podataka za testiranje sa performansama dobijenim na skupu podataka za trening. Ono omogućava da se izbegne problem prevelikog podudaranja. Ako model radi veoma dobro na podacima za trening, ali slabo na podacima za testiranje, onda postoji problem prevelikog podudaranja;
4. izbor najboljeg modela. Najbolji model bi trebalo da ima najbolje performanse na skupu podataka za testiranje, da je dobar prema različitim merama performansi i da ima najbolji ili jedan od najboljih rezultata unakrsne validacije na skupu podataka za trening.

2.4. Primena modela – predikcija ciljnih varijabli

Da bi se predvidele vrednosti izabranih ciljnih promenljivih u budućnosti, potrebno je pripremiti odgovarajući skup podataka i na njega primeniti model mašinskog učenja koji je izabran kao najbolji. Skup podataka koji se koristi za predikciju mora imati strukturu i format podataka potpuno identičan strukturi i formatu podataka u skupu za obučavanje i skupu za testiranje modela.

3. REZULTATI

3.1. Predikcija maksimalnog dnevnog broja vozila na mesečnom nivou

Performanse modela predikcije maksimalnog dnevnog protoka na mesečnom nivou (*MAX_DAN*), merene na skupu podataka za trening, prikazane su u tabeli 1, dok su performanse modela predikcije, merene na skupu podataka za testiranje, prikazane u tabeli 2.

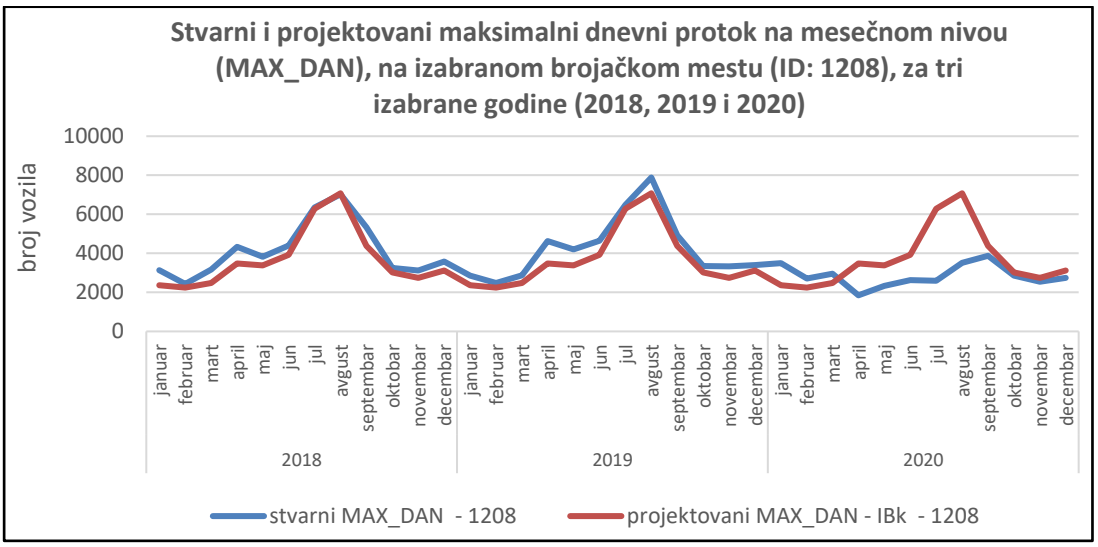
Tabela 1. Performanse modela predikcije varijable MAX_DAN merene na skupu podataka za trening

Algoritam	Koeficijent korelacije	Srednja apsolutna greška	Kvadratni koren srednje kvadratne greške	Relativna apsolutna greška (%)	Kvadratni koren relativne kvadratne greške (%)
Ibk	0.9726	821.8197	1221.7447	20.4966	23.2436
M5P	0.9575	1230.795	1708.1499	30.6966	32.4974
Random Forest	0.9722	829.1677	1228.6046	20.6798	23.3741
Random Tree	0.9726	821.8347	1221.7498	20.4969	23.2437
REPTree	0.9556	989.6138	1548.3771	24.6814	29.4577

Tabela 2. Performanse modela predikcije varijable MAX_DAN merene na skupu podataka za testiranje

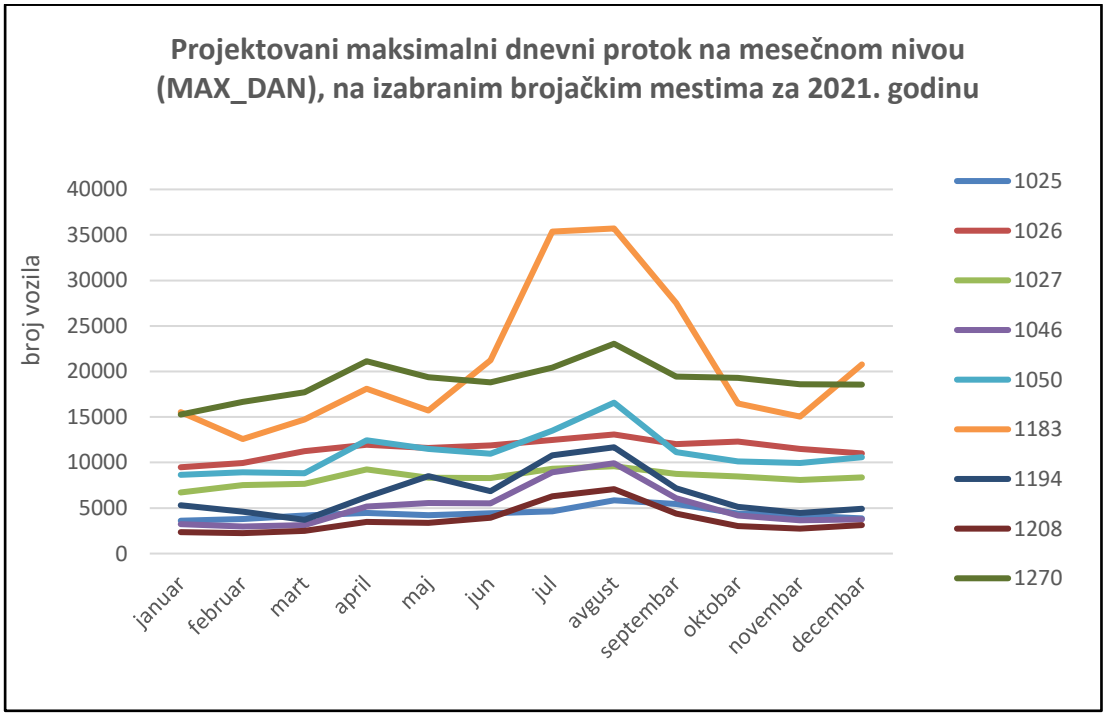
Algoritam	Koeficijent korelacije	Srednja apsolutna greška	Kvadratni koren srednje kvadratne greške	Relativna apsolutna greška (%)	Kvadratni koren relativne kvadratne greške (%)
Ibk	0.9536	1945.9719	2459.8464	42.0665	40.0135
M5P	0.9338	2249.1049	2948.1532	48.6194	47.9567
Random Forest	0.9531	1950.6351	2470.9776	42.1673	40.1946
Random Tree	0.9536	1945.9719	2459.8464	42.0665	40.0135
REPTree	0.9513	1951.1442	2486.5366	42.1783	40.4477

Na grafikonu prikazanom na slici 1 može se videti odnos stvarnog i projektovanog maksimalnog dnevnog protoka na mesečnom nivou, za izabrani brojač saobraćaja (1208 – Velika Župa) i period od 2018-2020.



Slika 1. Stvarni i projektovani maksimalni dnevni protok na mesečnom nivou

Projekcija *MAX_DAN* izvršena je korišćenjem modela baziranog na algoritmu *IBk*. Na slici 1 jasno se vidi da predikcija *MAX_DAN* izvršena na skupu podataka za testiranje dobro prati stvarne vrednosti *MAX_DAN* za 2018. i 2019. godinu, dok za 2020. godinu postoji značajno odstupanje. Odstupanje projektovanih od stvarnih vrednosti u 2020. godini bilo je očekivano, s obzirom na drastično smanjenje intenziteta saobraćajnih tokova u 2020. godini, u odnosu na celokupan period na koji se odnose korišćeni podaci. Rezultati predikcije *MAX_DAN* na devet izabranih brojačkih mesta, za 2021. godinu prikazani su na slici 2.



Slika 2. Projektovani maksimalni dnevni protok na mesečnom nivou za izabrane brojače saobraćaja u 2021. godini

3.2. Predikcija minimalnog dnevnog broja vozila na mesečnom nivou

Performanse modela predikcije minimalnog dnevnog protoka na mesečnom nivou (*MIN_DAN*), merene na skupu podataka za trening, prikazane su u tabeli 3, dok su performanse modela predikcije, merene na skupu podataka za testiranje, prikazane u tabeli 4.

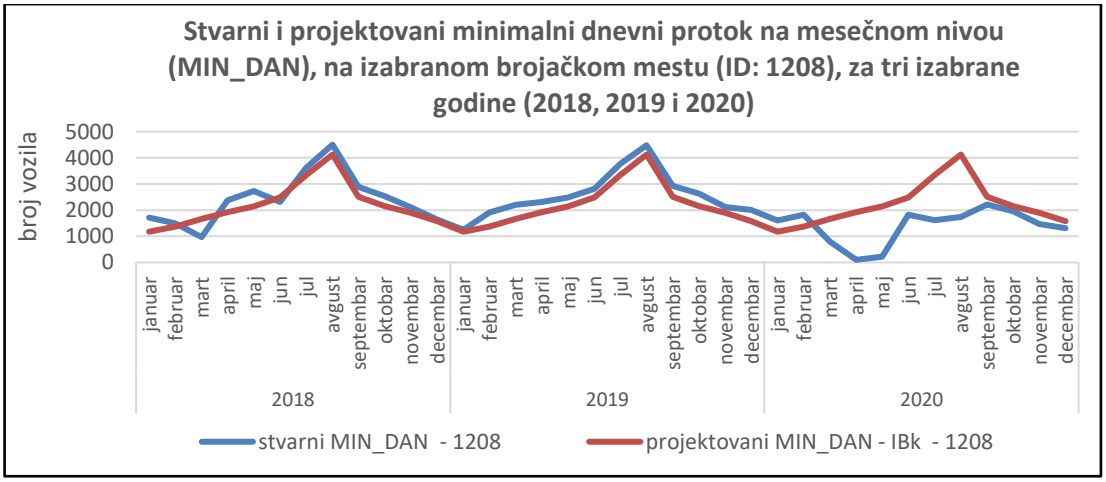
Tabela 3. Performanse modela predikcije varijable MIN_DAN merene na skupu podataka za trening

Algoritam	Koeficijent korelacije	Srednja apsolutna greška	Kvadratni koren srednje kvadratne greške	Relativna apsolutna greška (%)	Kvadratni koren relativne kvadratne greške (%)
IBk	0.96	607.422	926.38	22.9745	28.0047
M5P	0.9195	1067.2825	1417.7215	40.3678	42.8581
Random Forest	0.9594	610.5791	932.3142	23.0939	28.1841
Random Tree	0.96	607.4683	926.3903	22.9762	28.005
REPTree	0.9408	726.5001	1121.0802	27.4784	33.8905

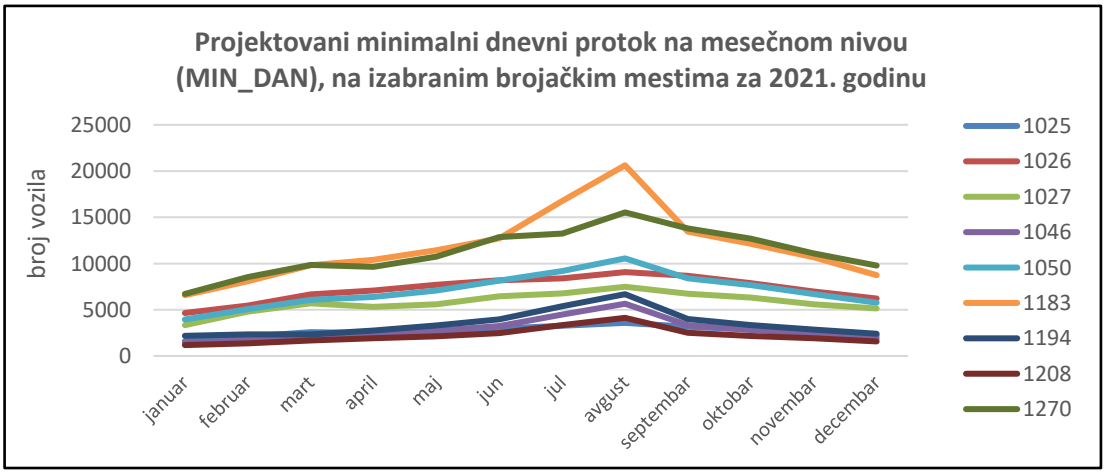
Tabela 4. Performanse modela predikcije varijable MIN_DAN merene na skupu podataka za testiranje

Algoritam	Koeficijent korelacije	Srednja apsolutna greška	Kvadratni koren srednje kvadratne greške	Relativna apsolutna greška (%)	Kvadratni koren relativne kvadratne greške (%)
IBk	0.8469	1609.3302	2294.5966	48.0523	55.0114
M5P	0.8113	1960.9588	2604.3804	58.5514	62.4383
Random Forest	0.8462	1613.2606	2300.674	48.1697	55.1571
Random Tree	0.8469	1609.3302	2294.5966	48.0523	55.0114
REPTree	0.8228	1720.7779	2435.1242	51.38	58.3805

Na grafikonu prikazanom na slici 3 može se videti odnos stvarnog i projektovanog minimalnog dnevnog protoka na mesečnom nivou, za izabrani brojač saobraćaja (1208 – Velika Župa) i period od 2018-2020. Projekcija *MIN_DAN* izvršena je korišćenjem modela baziranog na algoritmu *IBk* i dobro prati stvarne vrednosti *MIN_DAN* za 2018. i 2019. godinu, dok za 2020. godinu postoji očekivano odstupanje. Rezultati predikcije *MIN_DAN* na devet izabranih brojačkih mesta, za 2021. godinu prikazani su na slici 4.



Slika 3. Stvarni i projektovani minimalni dnevni protok na mesečnom nivou



Slika 4. Projektovani minimalni dnevni protok na mesečnom nivou za izabrane brojače saobraćaja u 2021. godini

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U sprovedenom istraživanju, u softverskom alatu *Weka*, obučavani su modeli mašinskog učenja za predikciju maksimalnog i minimalnog dnevnog saobraćaja na mesečnom nivou, bazirani na algoritmima: *IBk* (k-najbližih suseda), *M5P*, *Random Forest*, *Random Tree* i *REPTree*. Na skupu podataka za trening, svi modeli su pokazali zadovoljavajuće performanse, a najbolje rezultate pokazali su modeli bazirani na algoritmu *IBk* i modeli bazirani na algoritmima *Random Forest* i *Random Tree* (regresiona stabla odlučivanja). Na skupu podataka za testiranje testirani su svi modeli koji su korišćeni u fazi obučavanja modela. Najbolje i međusobno gotovo identične performanse opet su imali modeli bazirani na algoritmima *IBk*, *Random Forest* i *Random Tree*. Vizuelizacijom rezultata predikcije dobijene primenom ova tri modela uočeno je da kriva projektovanih vrednosti najbolje prati krivu stvarnih vrednosti kod modela baziranog na algoritmu *IBk*. Zbog toga je predikcija budućih vrednosti ciljnih varijabli (maksimalnog i minimalnog dnevnog saobraćaja na mesečnom nivou) izvršena korišćenjem modela baziranog na algoritmu *IBk*. Ovo istraživanje je pokazalo da se algoritam k-najbližih suseda može efikasno primeniti u rešavanju problema regresione analize podataka o saobraćaju.

ZAHVALNICA

Ovaj rad delimično je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta pod brojem 036012. Podatke koji su korišćeni u istraživanju obezbedilo je Javno preduzeće "Putevi Srbije".

5. LITERATURA

Janković, S., Zdravković, S., Mladenović, D., Mladenović, S., Uzelac, A. (2020). Predikcija obima saobraćaja korišćenjem regresionih stabala odlučivanja. Zbornik radova XLVII Simpozijuma o operacionim istraživanjima - SYM-OP-IS '20, Beograd, Srbija, 287-292.

Janković, S., Mladenović, D., (2020). Primene softverskih alata u Big Data analizi senzorskih podataka u saobraćaju. Zbornik radova XXXVIII Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju - PosTel 2020, Beograd, Srbija, 239-248.

Javno preduzeće "Putevi Srbije". (2012). Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji. Beograd, Srbija: Javno preduzeće "Putevi Srbije".

Lv, Y., Duan, Y., Kang, W., Li, Z., & Wang, F. (2015). Traffic Flow Prediction With Big Data: A Deep Learning Approach. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 16(2), 865-873.

Park, H., Haghani, A., Samuel, S., & Knodler, M. A. (2018). Real-time prediction and avoidance of secondary crashes under unexpected traffic congestion. Accident Analysis & Prevention, 112, 39-49.

Uzelac, A., Zdravković, S., Janković, S., Mladenović, D., Andrijanić, I. (2020). Predikcija časovnog protoka vozila korišćenjem metoda Big Data analitike. Zbornik radova XLVII Simpozijuma o operacionim istraživanjima - SYM-OP-IS '20, Beograd, Srbija, 293-296.

Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A. & Pal, C. J. (2017). Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. (4th ed.). Burlington, USA: Morgan Kaufmann.

Xu, Y., Kong, Q. & Liu, Y. (2013). Short-term traffic volume prediction using classification and regression trees. Proceedings of the 2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Gold Coast, Australia, 493-498.

Zhang, Y., Zhou, Y., Lu, H., & Fujita, H. (2020). Traffic Network Flow Prediction Using Parallel Training for Deep Convolutional Neural Networks on Spark Cloud. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 16(12), 7369-7380.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ALGORITHM FOR APPLYING THE SIMPLE RENEWAL MODEL OF A HOMOGENEOUS FLEET THROUGH THE MATLAB INTERACTIVE SOFTWARE PACKAGE

ALGORITAM ZA PRIMJENU MODELA PROSTOG OBNAVLJANJA HOMOGENOG VOZNOG PARKA KROZ INTERAKTIVNI SOFTVERSKI PAKET MATLAB

Miladin Rakić[a], Milica Miličić[b], Radoslav Kojić[c]

[a] *Gradska uprava Grada Bijeljina, Trg Kralja Petra I Karađorđevića 1, Bijeljina 76300, Bosna i Hercegovina, miladinrakic@gmail.com*

[b] *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad 21000, Srbija, mmilica@uns.ac.rs*

[c] *Vlada Brčko Distrikta BiH, Bulevar Mira 1, Brčko 76100, Bosna i Hercegovina, radoslavkojic@gmail.com*

Abstract: *The algorithm for a model of simple renewal of a homogeneous fleet in the MATLAB software package has been developed within this workpaper. Adequate management of transport means, as one of the resources of the vehicle fleet, plays a significant role in improving the efficiency of the transport process and the sustainability of transport in general. The theory of random processes has been used in order to describe the model of fleet unit renewal. By applying the adequate interactive software package MATLAB, complex mathematical models of fleet renewal can be satisfactorily approached by end users, ie closer to the level of management of the transport organization. In this way, their work is facilitated and accelerated, without the need to know complex mathematical devices for describing real processes in transport.*

Key words: *Transport, Fleet Management, Modeling, MATLAB*

Apstrakt*: U ovom radu je razvijen algoritam za model prostog obnavljanja homogenog voznog parka u programskom paketu MATLAB. Adekvatno upravljanje transportnim sredstvima kao jednim od resursa voznog parka, predstavlja značajnu ulogu kod unapređenja efikasnosti transportnog procesa i održivosti transporta uopšte. Za opisivanje modela obnavljanja jedinica voznog parka, koristi se teorija slučajnih procesa. Primjenom adekvatnog interaktivnog softverskog programskog paketa MATLAB, složeni matematički modeli obnavljanja voznih parkova mogu se u zadovoljavajućoj formi približiti krajnjim korisnicima, odnosno približiti nivou menadžmenta transportne organzacije. Na ovaj način se olakšava i ubrzava njihov rad, a bez potrebe za poznavanjem složenih matematičkih aparata za opisivanje realnih procesa u transportu.*

Ključne riječi: *Transport, Upravljanje voznim parkom, Modelovanje, MATLAB*

1. UVOD

Vozni park podrazumijeva skup svih transportnih sredstava neke autotransportne organizacije. Ukoliko je vozni park sastavljen od vozila iste marke i tipa onda je to homogeni vozni park, a ukoliko je sastavljen od vozila različitih marki i tipova, onda se govori o voznom parku heterogene strukture (Topenčarević, 1987).

Proces upravljanja konkretnim trasportnim zadacima, organizacionim dijelovima, procesima, potprocesima ili cjelinom sistema radi efikasnijeg i efektivnijeg ostvarivanja postavljenih ciljeva, predstavlja proces menadžmenta (Gladović i Simeunović, 2004).

Jedna od osnovnih faza proces menadžmenta autotransportne organizacije predstavljaju planiranje i organizovanje u okviru kojih se između ostaloga, definišu i optimalni resursi neophodni za ostvarivanje definisanih ciljeva. Pod pojmom obezbjeđivanja resursa podrazumijeva se obezbjeđivanje odgovarajućih kadrova (ljudski resursi) i obezbjeđivanje transportnih sredstava (vozni park).

Pored efikasnog upravljanja održavanjem voznog parka, vrlo važan proces kroz obezbjeđivanje raspoloživih transportnih sredstava za ostvarivanje definisanih ciljeva predstavlja i proces obnavljanja jedinica voznog parka. Proces obnavljanja jedinica voznog parka u sklopu obezbjeđivanja potrebnog broja transportnih

sredstava predstavlja zamjenu neispravnog vozila novim, koje nakon određenog vremena ne može više da bude u funkciji (usljed dužine vremena eksploatacije, defekta, havarije i slično).

Modeli kojima se opisuju procesi obnavljanja osnovnih sredstava, odnosno jedinica voznog parka transportnih organizacija predstavljaju jedan od tipičnih primjera primjene slučajnih procesa u saobraćaju i transportu. Kroz te modele apsolutno je nevažno o kom vozilu se radi, već se posmatra koliko će ih biti neispravnih u određenom vremenu koji će kao takvi zahtjevati remont ili kada i koliko će se jedinica voznog parka morati zamijeniti novim. Statističkim praćenjem u toku radnog vijeka određene vrste vozila, može se sa određenom vjerovatnoćom ocijeniti proces starenja i otpisa vozila. Sa ekonomskog aspekta, za otpis nekog vozila i zamjenom novim, vrlo je važno utvrditi najpogodniji momenat. Sa jedne strane pokušaj produženja vijeka eksploatacije vozila za sobom vuče česta tehnička opsluživanja i remonte čime se umanjuje njegova proizvodnost, povećava se njegovo stajanje, a samim tim i povećavaju se eksploatacioni troškovi, dok sa druge strane prevremeno otpisivanje vuče za sobom troškove nabavke novog vozila (Vukadinović i Popović, 1989).

Za obnavljanje voznog parka kaže se da je prosto, kada se u datom periodu sva dotrajala vozila koja su za otpis zamijene sa istim brojem novih vozila, odnosno bez povećavanja obima voznog parka, dok u slučaju uvođenja većeg broja novih vozila od broja otpisanih, tada se govori o složenom procesu obnavljanja.

2. PRIKAZ MODELA PROCESA PROSTOG OBNAVLJANJA HOMOGENOG VOZNOG PARKA

Prosto obnavljanje homogenog voznog parka predstavlja zamjenu dotrajalih vozila istim brojem novih vozila, iste marke i istog tipa. Kroz ovo poglavlje prikazaće se model procesa prostog obnavljanja homogenog voznog parka (Vukadinović i Popović, 1989).

2.1. Model prostog obnavljanja homogenog voznog parka kada su u početnom momentu sva vozila nova

Najjednostavniji model obnavljanja ispunjava sljedeće zahtjeve:

- Vozni park čine vozila istog tipa, a takvima se vrši i obnavljanje voznog parka,
- Obnavljanje se uvijek vrši na kraju jednakih vremenskih intervala (npr. na kraju kvartala, godine),
- U početku posmatranog perioda vozni park se sastoji samo od novih vozila, a obnavljanje se vrši zamjenom dotrajalih vozila, pri čemu se jedno dotrajalo zamjenjuje jednim novim vozilom (prosto obnavljanje),
- Ne uzima se u obzir amortizacija i moralna istrošenost, a takođe se ne proučava pojava havarisanih vozila, jer su to rijetki događaji,
- Obnavljanje vozila se zasniva na vjerovatnoći njihovog otpisa na kraju k-tog perioda, koji je manji od maksimalnog vijeka eksploatacije – od T perioda.

Za ovaj predstavljeni i najjednostavniji model, vozila jednog voznog parka se karakterišu vjerovatnoćama a_k (k = 1, 2,...,T) da novo vozilo bude otpisano posle k perioda eksploatacije.

Ako je v-srednji vijek eksploatacije vozila, onda je on jednak:

$$v = \sum_{k=1}^{T} k \cdot a_k \tag{1}$$

pri čemu vjerovatnoća a_k ispunjava uslov $\sum_{k=1}^{T} a_k = 1$, jer će sva vozila biti otpisana u toku 1, 2 ,...,T perioda.

Ako označimo sa:

- r_k – vjerovatnoću da će novo vozilo da služi više od k intervala od momenta njegovog uključivanja u eksploataciju,
- u_0 – broj novih vozila na početku istraživanja,
- u_n – očekivani srednji broj vozila koja treba uvesti u rad na početku n-tog perioda radi zamjene otpisanih vozila na karju n – 1-og perioda,

tada vjerovatnoća da će novo vozilo da bude u eksploataciji ne manje od *k* perioda, tj. da će biti otpisano ili u toku *k*+1-og, *k*+2-og,..., *T*-og perioda, je jednaka:

$$r_k = a_{k+1} + a_{k+2} + \ldots + a_T = \sum_{i=k+1}^{T} a_i,\ gdje\ je\ k\ =\ 1,2,\ldots,T-1 \tag{2}$$

Očigledno je:

$$\begin{aligned}
&r_0 = a_1 + a_2 + \cdots + a_T = 1\\
&r_1 = a_2 + a_3 + \ldots + a_T = r_0 - a_1 = 1 - a_1\\
&r_2 = a_3 + a_4 + \ldots + a_T = r_1 - a_2\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..\\
&r_{T-2} = a_{T-1} + a_T\\
&r_{T-1} = a_T
\end{aligned}$$

odakle je:

$$\begin{aligned}
&a_1 = r_0 - r_1 = 1 - r_1\\
&a_2 = r_1 - r_2\\
&a_3 = r_2 - r_3\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..
\end{aligned}$$

$$a_k = r_{k-1} - r_k, \qquad k = 1,2,\ldots,T-1 \tag{3}$$

Smjenjujući vrijednosti za a_k u formuli (1), dobija se srednji vijek eksploatacije vozila u obliku:

$$v = \sum_{k=1}^{T} k(r_{k-1} - r_k)$$

$$= r_0 - r_1 + 2r_1 - 2r_2 + 3r_2 - 3r_3 + 4r_3 - 4r_4 + \cdots$$

i

$$v = r_0 + r_1 + r_2 + r_3 + \ldots + r_{T-1} \tag{4}$$

jer je $r_T = 0$.

Sam proces obnavljanja odvija se na sljedeći način. Ako je na početku procesa počelo da radi u_0 vozila i kako su poznate vjerovatnoće a_k otpisa vozila posle *k* perioda eksploatacije, to je za niz perioda 1, 2, 3, …, *n*, …, *T*–1 broj otpisanih vozila jednak:

$$\begin{aligned}
&u_1 = a_1 u_0\\
&u_2 = a_1 u_1 + a_2 u_0\\
&u_3 = a_1 u_2 + a_2 u_1 + a_3 u_0\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots..
\end{aligned} \tag{5}$$

Na kraju prvog perioda otpisano je $u_1 = a_1 u_0$ vozila, koja su od ukupno u_0 otkazala sa vjerovatnoćom a_1 do kraja prvog perioda. Na kraju drugog perioda, otpisana su vozila koja su otkazala posle jednog perioda eksploatacije $a_1 u_1$ (od u_1, koliko ih je uvedeno na početku drugog perioda) i $a_2 u_0$, koja su otkazala posle dva perioda eksploatacije od početnih $u_0$vozila, tj. ukupno je otpisano na kraju drugog perioda $u_2 = a_1 u_1 + a_2 u_0$.

Isto tako, na kraju trećeg perioda ukupan broj otpisanih vozila jednak je zbiru otpisanih za jedan (posljednji period) $a_1 u_2$, pa za dva perioda eksploatacije $a_2 u_1$i na kraju za tri perioda eksploatacije $a_3 u_0$, tj. imamo da je: $u_3 = a_1 u_2 + a_2 u_1 + a_3 u_0$.

Kao što se vidi, jednačina prostog obnavljanja je oblika:

$$u_n = \sum_{i=1}^{T} a_i u_{n-i} \tag{6}$$

gdje je a_i – vjerovatnoću otpisa na kraju *i*-tog perioda ili vjerovatnoća obnavljanja na početku *i*+1-og perioda, a u_n je srednji broj vozila obnovljenih u *n*-tom periodu.

Uporedo sa novim vozilima, korisno je pratiti i kumulativni proces obnavljanja voznog parka (Tabela 1.).

Table 1. Starosne strukture vozila po periodima

Starost	Periodi vremena				
	0	1	2	3	...
0	u_0	u_1	u_2	u_3	...
1	-	u_0r_1	u_1r_1	u_2r_1	...
2	-	-	u_0r_2	u_1r_2	...
...	...	...	...	...	...
Ukupno	u_0	u_0	u_0	u_0	u_0

Iz predstavljenog se vidi da, do kraja prvog perioda imamo u_0 vozila. Da do kraja drugog perioda imamo nova vozila ($u_1 = a_1u_0$) i ostatak od početnih koji je: $u_0 - u_1 = u_0\left(1 - \frac{u_1}{u_0}\right) = u_0\,(1 - a_1) = u_0r_1$, gdje je $r_1 = 1 - a_1$-vjerovatnoća da vozilo neće biti otpisano u prvom periodu. U treći period se ulazi sa $u_2 = a_1u_1 + a_2u_0$ novih vozila, zatim sa vozilima koja su već radila jedan period: $u_1 - u_2 = u_1\left(1 - \frac{u_2}{u_1}\right) = u_1(1 - a_1) = u_1r_1$, kao i sa vozilima koja su radila dva perioda: $u_0 - u_1 - a_2u_0 = u_0 - a_1u_0 - a_2u_0 = u_0\,(1 - a_1 - a_2) = u_0r_2$. I tako dalje za svaki sljedeći period.

U stacionarnom režimu rada (kada broj posmatranih perioda $n \to \infty$) može se pokazati da postoji granica u_n koja je jednaka:

$$\lim_{n\to\infty} u_n = \frac{u_0}{v} \tag{7}$$

tj. broj obnavljanja u stacionarnom režimu rada jednak je količniku prvobitnog broja vozila i srednjeg vremena njihove eksploatacije.

Na naprijed izneseni način prikazano je prosto obnavljanje voznog parka, ako su u početnom momentu sva vozila bila nova, na način da se dobila formula za broj vozila koja se otpisuju posle *n* perioda:

$$u_n = a_1u_{n-1} + a_2u_{n-2} + \ldots + a_Tu_{n-T}, \qquad za\ n \geq T \tag{8}$$

Uzimajući u obzir da su u ovom modelu sva vozila na početku nova, onda se u sljedećim periodima pojavljuju kao nova samo ona koja se uvode kao zamjena u vozni park, dok se ostala vozila nalaze u starosnim grupama od 1. perioda do *T*.

Poslije prvog perioda, broj novih vozila je $u_1 = a_1u_0$, a ostala vozila $u_0 - a_1u_0 = u_0\,(1 - a_1) = u_0r_1$, imaju starost od jednog perioda.

Poslije dva perioda, broj novih vozila je u_2, broj vozila sa starošću od jedne periode je u_1r_1 (jer ih je u prethodnom periodu sa starošću 0 perioda bilo u_1), a sa starošću 2 perioda biće ih u_0r_2.

Slično se obračunava i za sve sljedeće periode i može se formirati tabela očekivanog broja vozila različite starosti po periodima (Tabela 2.).

Table 2. Očekivani broj vozila različite starosti po periodima

Starost	Periodi vremena								
	0	1	2	3	...	*T*	...	*n-1*	*n*
0	u_0	u_1	u_2	u_3	...	u_T	...	u_{n-1}	u_n
1	-	u_0r_1	u_1r_1	u_2r_1	...	$u_{T-1}r_1$	...	$u_{n-2}r_1$	$u_{n-1}r_1$
2	-	-	u_0r_2	u_1r_2	...	$u_{T-2}r_2$	...	$u_{n-3}r_2$	$u_{n-2}r_2$
3	-	-	-	u_0r_3	...	$u_{T-3}r_3$	...	$u_{n-4}r_3$	$u_{n-3}r_3$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T-1	-	-	-	-	...	u_1r_{T-1}	...	...	$u_{n-T+1}r_{T-1}$
Ukupno	u_0	u_0	u_0	u_0	...	u_0	...	u_0	u_0

Popunjavanje tabele (Tabela 2.) je najpogodnije po linijama paralelnim glavnoj dijagonali, jer se u tom slučaju uočava promjena starosne strukture vozila po periodima.

2.2. Model prostog obnavljanja homogenog voznog parka u proizvoljnom periodu vremena sa poznatom starosnom strukturom

Prethodno navedeno modeliranje odnosilo se na slučaj kada su u početnom momentu sva vozila nova i može da se primijeni kada se ispitivanje, odnosno praćenje procesa starenja, otpisa i obnavljanja voznog parka, prati od početka, a što predstavlja najjednostavniji model obnavljanja.

Kroz sljedeće korake biće predstavljen model koji omogućava da se počne analiza u proizvoljnom periodu vremena, pod uslovom da je poznata starosna struktura vozila u početnom momentu ispitivanja. U ovom slučaju u prvoj koloni (Tabela 3.) upisuju se veličine $v_0, v_1, \dots v_{T-1}$ koje pokazuju brojeve vozila različite starosti: v_0- nova vozila, v_1- vozila stara jednu periodu, v_2- vozila stara dvije periode, itd. Gledajući element glavne dijagonale (Tabela 3.), vidimo da ako je u početnom momentu vremena bilo v_0 vozila, tada će ih u sljedećem periodu (u drugom) biti $v_0 r_1$, jer je r_1 vjerovatnoća da novo vozilo služi više od jednog perioda. Drugi period će preživjeti $v_0 r_2$ vozila, itd.

Broj vozila po starosnim grupama upisuje se na isti način kao u prethodnom slučaju, po linijama paralelnim dijagonali tabele i iznad nje. Tako, ako je krajem prvog perida otkazalo $u_1 = a_1 v_0$ vozila, onda je od njih preživjelo drugi period $u_1 r_1$ vozila.

Table 3. Očekivani broj vozila kada se razmatraju vozila različite starosti u početnom momentu

Starost	Periodi vremena						
	0	1	2	...	T	...	n
0	v_0	u_1	u_2	...	u_T	...	u_n
1	v_1	$v_0 r_1$	$u_1 r_1$	...	$u_{T-1} r_1$	...	$u_{n-1} r_1$
2	v_2	$v_1 \frac{r_2}{r_1}$	$v_0 r_2$	...	$u_{T-2} r_2$	...	$u_{n-2} r_2$
3	v_3	$v_2 \frac{r_3}{r_2}$	$v_1 \frac{r_3}{r_1}$	...	$u_{T-3} r_3$	...	$u_{n-3} r_3$
...	...	...	...	...	...	...	...
T-1	v_{T-1}	$v_{T-2} \frac{r_{T-1}}{r_{T-2}}$	$v_{T-3} \frac{r_{T-1}}{r_{T-3}}$	...	$u_1 r_{T-1}$	...	$u_{n-T+1} r_{T-1}$
Ukupno	N	N	N	...	N	...	N

Popunjavanje polja ispod glavne dijagonale, po linijama koje su joj paralelne, izvodi se na način da, ako je u početnom momentu bilo v_1 vozila starih jedan period, tada je vjerovatnoća da će ona da budu ispravna i u drugom periodu jednaka $\frac{r_2}{r_1}$ (a ne r_2), jer je uslovna vjerovatnoća da ta vozila rade najmanje dva perioda. To znači da od broja vozila v_1 (u početnom momentu starih jedan period), broj vozila koja će proći u drugi period je $v_1 \frac{r_2}{r_1}$, a u treći će proći $v_1 \frac{r_3}{r_1}$, itd.

Oduzimanjem elemenata dvije susjedne kolone duž paralele glavnoj dijagonali, određuje se broj otpisanih vozila po pojedinim periodima. Pa tako imamo da je razlika za niz elemenata dvije kolone sa periodima vremena 0 i 1, od kojih za prvi element imamo:

$$v_0 - v_0 r_1 = v_0(1 - r_1) = v_0 a_1,$$

a za drugi element je:

$$v_1 - v_1 \frac{r_2}{r_1} = v_1 \left(1 - \frac{r_2}{r_1}\right) = v_1 \frac{r_1 - r_2}{r_1} = v_1 \frac{a_2}{r_1},$$

Slično je dalje:

$$v_{T-2} - v_{T-2} \frac{r_{T-1}}{r_{T-2}} = v_{T-2} \left(1 - \frac{r_{T-1}}{r_{T-2}}\right) = v_{T-2} \frac{a_{T-1}}{a_{T-2}}.$$

Izračunavanje ovih veličina daje očekivane brojeve vozila koja će biti otpisana posle jednog perioda eksploatacije, odnosno ako je u početnom momentu vremena bilo v_0 vozila, to će posle prvog perioda od njih ostati u eksploataciji $v_0 r_1$ vozila (sada stara jedan period), a otpisaće se $v_0 - v_0 r_1 = a_1 v_0$. Slično, poslije dva perioda otpisaće se $v_1 \frac{a_2}{r_1}$ (na kraju prvog perioda i koja su bila stara jednu periodu vremena).

Sumirajući ukupne brojeve otpisanih vozila različite starosti, dobija se ukupan broj otpisanih posle prvog perioda eksploatacije:

$$u_1 = a_1 v_0 + v_1 \frac{a_2}{r_1} + v_2 \frac{a_3}{r_2} + \dots + v_{T-2} \frac{a_{T-1}}{r_{T-2}} + v_{T-1} \quad (9)$$

Izvodeći analagno izračunavanja za niz elemenata dvije kolone sa periodima 1 i 2, pa sa 2 i 3, itd., a zatim sabirajući brojeve očekivanih otpisa vozila različitih starosnih struktura na kraju drugog perioda (koliko ih treba uvesti na početku trećeg perioda), na kraju trećeg, itd., dobijamo ukupne brojeve očekivanih otpisa:

$$u_2 = a_1u_1 + a_2u_0 + v_1\frac{a_3}{r_1} + \cdots + v_{T-3}\frac{a_{T-1}}{r_{T-3}} + v_{T-2}\frac{a_T}{r_{T-2}},$$

……,

$$u_{T-1} = a_1u_{T-2} + a_2u_{T-3} + a_{T-1}u_0 + v_1\frac{a_T}{r_1}$$

……

$$u_n = a_1u_{n-1} + a_2u_{n-2} + \cdots + a_Tu_{n-T}, \qquad n \geq T, \tag{10}$$

gdje su veličine $u_1, u_2, u_3, \ldots$ očekivani brojevi vozila koja će otkazati na kraju prvog (koliko treba uvesti novih vozila na početku drugog perioda), na kraju drugog perioda u_2, trećeg u_3, itd., tako da ukupan vozni park bude nepromijenjen (prosto obnavljanje).

Kako je ukupan broj vozila u voznom parku označen sa *N*, očigledno je:

$$\sum_{k=0}^{T-1} v_k = N\,, \tag{11}$$

Vjerovatnoće a_k $(k = 1,2,3\ldots)$, da će vozilo biti otpisano posle *k* perioda računajući od momenta uvođenja u rad, zadovoljavaju uslov:

$$\sum_{k=1}^{T} a_k = 1\,, \tag{12}$$

Veličina *T* je maksimalan broj perioda rada vozila (maksimalan vijek trajanja). Veličine $r_1, r_2, \ldots r_k, \ldots$ su vjerovatnoće da će novo vozilo da radi više od *k* perioda od momenta uključivanja u rad.

Model (9) može se prikazati i u kompaktnijoj formi ako se iskoristi aparat teorije lanca Markova. Radi toga polazna raspodjela vozila po starosnoj strukturi označava se vektorom $S_0 = (v_0, v_1, v_2, \ldots v_{T-2}, v_{T-1})$. Matrica prelaznih vjerovatnoća sa *T* vrsta i *T* kolona, koja opisuje proces obnavljanja je oblika (X_i-stanje u kome može vozilo da se nađe: $i = 0, 1, \ldots, T-1$):

$$P = \begin{array}{c} \\ X_0 \\ X_1 \\ X_2 \\ \ldots \\ X_{T-2} \\ X_{T-1} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} X_0 & X_1 & X_2 & X_3 & \ldots & X_{T-1} \end{array} \\ \begin{bmatrix} a_1 & r_1 & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ \frac{a_2}{r_1} & 0 & \frac{r_2}{r_1} & 0 & \ldots & 0 \\ \frac{a_3}{r_2} & 0 & 0 & \frac{r_3}{r_2} & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \frac{a_{T-1}}{r_{T-2}} & 0 & 0 & 0 & \ldots & \frac{r_{T-1}}{r_{T-2}} \\ 1 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Raspodjela broja vozila prema starosti na kraju prvog perioda (i početkom drugog):

$$S_1 = S_0P$$

na kraju drugog (i početkom trećeg):

$$S_2 = S_1P = S_0P^2$$

i uopšte:

$$S_n = S_{n-1}P = S_0P^n,$$

gdje je S_n raspodjela broja vozila po starosti u *n*-tom periodu vremena, a *P*- matrica prelaznih vjerovatnoća.

Polazna raspodjela vozila po starosnoj strukturi $S_0 = (v_0, v_1, v_2, \ldots v_{T-2}, v_{T-1})$ može da se predstavi u obliku:

$$\left(\frac{v_0}{N}, \frac{v_1}{N}, \frac{v_2}{N} \ldots, \frac{v_{T-2}}{N}, \frac{v_{T-1}}{N}\right) = P_0$$

i u ovom obliku ima značenje početnog vektora vjerovatnoće, jer je:

$$\sum_{k=0}^{T-1} \frac{v_k}{N} = 1$$

Na ovaj način, pomoću početnog vektora vjerovatnoća P_0 i matrice prelaznih vjerovatnoća P definiše se homogeni lanac Markova pomoću kojega opisujemo model prostog obnavljanja vozila.

Očekivani broj obnavljanja u toku jednog perioda vremena poslije dovoljno dugog vremena obnavljanja procesa (poslije više perioda) je jednak:

$$\lim_{n\to\infty} u_n = \frac{N}{v}, \tag{13}$$

gdje je v - srednji vijek rada vozila: $v = \sum_{k=1}^{T} k a_k$.

Iz predstavljenog modela jasno je da se za konstrukciju istoga moraju poznavati vjerovatnoće otpisa vozila a_k posle k perioda eksploatacije. Za izračunavanje tih vjerovatnoća, koriste se statistički podaci o otpisima tih vozila u ranijim periodima, a po eksploataciji od nekoliko perioda (najčešće se kao period uzima jedna godina).

Statističkom obradom otpisa vozila u ranijim periodima, u smislu prikazivanja vijeka njihove eksploatacije u godinama i apsolutne frekvencije vozila za svaki od tih perioda/godina eksploatacije (broj vozila koja su otpisana u određenom periodu eksploatacije), dobijaju se relativne frekvencije, kao količnici apsolutnih frekvencija i ukupnog broja posmatranih vozila koja su otpisana u ranijem periodu. Dobijene relativne frekvencije se prihvataju kao statističke ocjene vjerovatnoća otpisa vozila posle odgovarajućeg broja perioda/godina rada.

3. ALGORITAM ZA MODEL PROSTOG OBNAVLJANJA HOMOGENOG VOZNOG PARKA KROZ PROGRAMSKI PAKET MATLAB

Praktično korištenje prikazanog modela prostog obnavljanja homogenog voznog parka povlači sa sobom poznavanje složenog matematičkog aparata.

Kako proces obnavljanja voznog parka predstavlja obezbeđivanje transportnih sredstava kao resursa neophodnog za ostvarivanje definisanog cilja postavljenog od strane menadžmenta transportne organizacije kroz postupak planiranja i organizovanja, zbog toga se ne može očekivati poznavanje potrebnog složenog matematičkog aparata na nivou menadžmenta transportne organizacije.

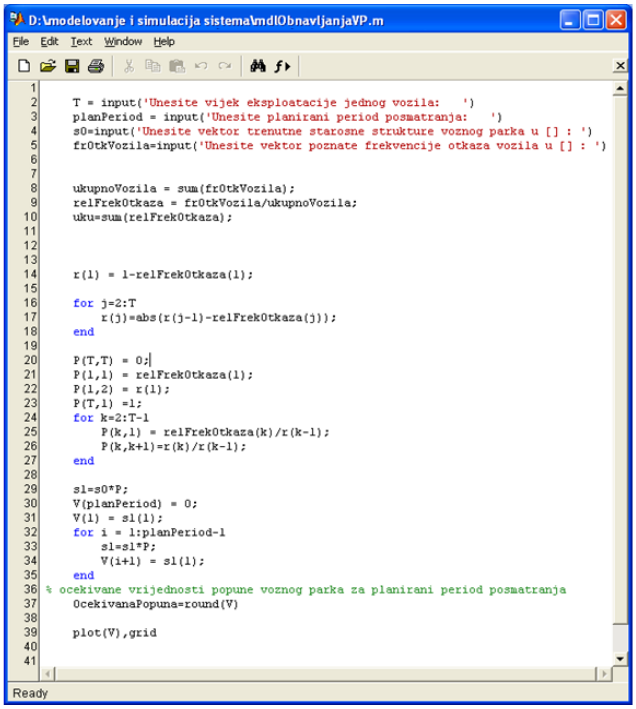
Da bi se predstavljeni model približio nivou menadžmenta transportne organizacije, kroz ovaj rad razvijen je algoritam za prikazani model prostog obnavljanja homogenog voznog parka kroz programski paket MATLAB.

Softverski paket MATLAB (*"matrix laboratory"*) je interaktivni softverski paket koji omogućava korisniku da vrši matematička i numerička izračunavanja, analizira podatke, razvija algoritme, bavi se simuliranjem i modeliranjem, vizualizacijom i kreira grafičke prikaze i grafičke korisničke interfejse. Matlab koristi široko prihvaćene i provjerene algoritme i stoga korisnik može biti siguran u dobijene rezultate.

I dok drugi programski jezici uglavnom rade sa pojedinačnim brojevima, Matlab je dizajniran da operiše prvenstveno sa čitavim matricama i nizovima. Sve matlabove varijable su višedimenzionalni nizovi, bez obzira na tip podataka, a matrica je dvodimenzionalni niz koji se često koristi u linearnoj algebri.

Kako je naprijed prikazano da je složeni model prostog obnavljanja homogenog voznog parka moguće koristeći se aparatom teorije lanca Markova predstaviti u kompaktnoj formi gdje se matricom prelaznih vjerovatnoća opisuje proces obnavljanja, dobijamo da se algoritmom, u samo nekoliko koraka primjenom softverskog paketa Matlab, približi model na nivo prihvatljiv menadžmentu transportne organizacije.

Pored toga, korištenjem navedenog algoritma (Slika 1.), uveliko se štedi vrijeme i izbjegavaju greške koje mogu nastati prilikom klasičnog računanja i korištenja predstavljenog modela prostog obnavljanja homogenog voznog parka, a bez potrebe za poznavanjem složenih matematičkih aparata za opisivanje realnih procesa u transportu.



Slika 1. Algoritam za model prostog obnavljanja homogenog voznog parka u softverskom paketu MATLAB

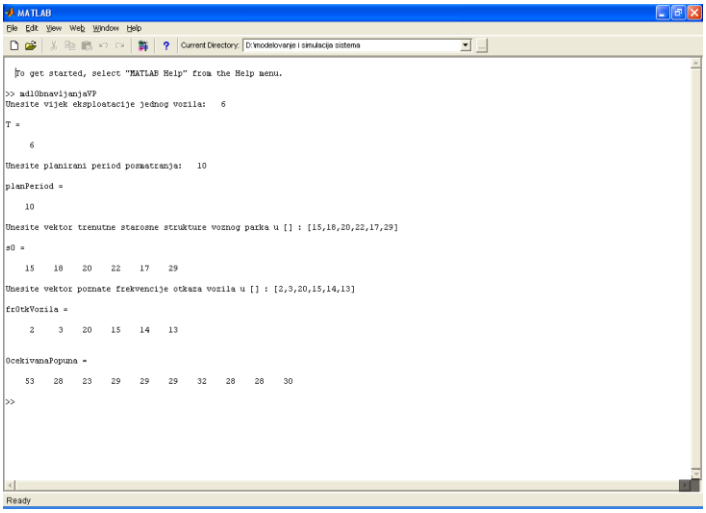
4. TESTIRANJE ALGORITMA

Testiranje algoritma i njegovu praktičnu primjenu za model prostog obnavljanja homogenog voznog parka u softverskom paketu MATLAB možemo prikazati kroz odabrani primjer.

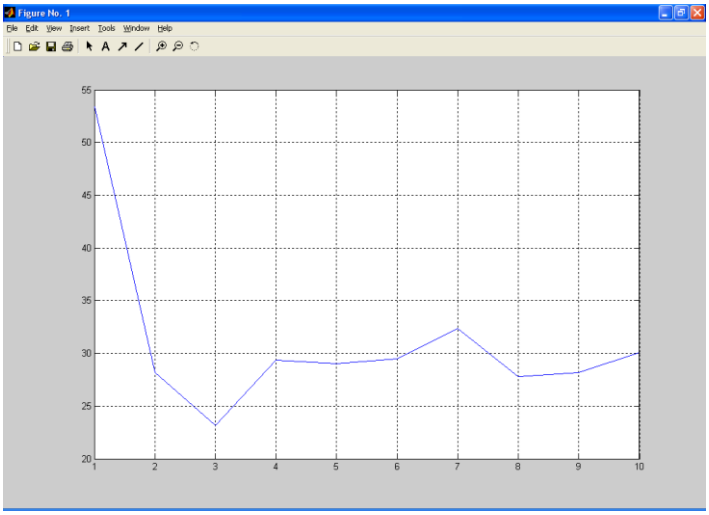
Za primjer je uzeto autotransportno preduzeće koje ima 121 autobus istog tipa (homogeni vozni park) koje je u trenutku kada započinje ispitivanje imalo sljedeću starosnu strukturu voznog parka: 15 autobusa u eksploataciji manje od jedne godine, 18 autobusa starosti od jedne do dvije godine, 20 autobusa starosti od dvije do tri godine, 22 autobusa starosti od tri do četiri godine, 17 autobusa starosti od četiri do pet godina i 29 autobusa starosti od pet do šest godina.

Potrebno je da se odrede očekivani brojevi popune autobusa za svaku godinu u sljedećih deset godina, tako da vozni park ostane uvijek istog obima, i da se ocijeni granični broj autobusa za godišnju zamjenu (poslije većeg broja godina).

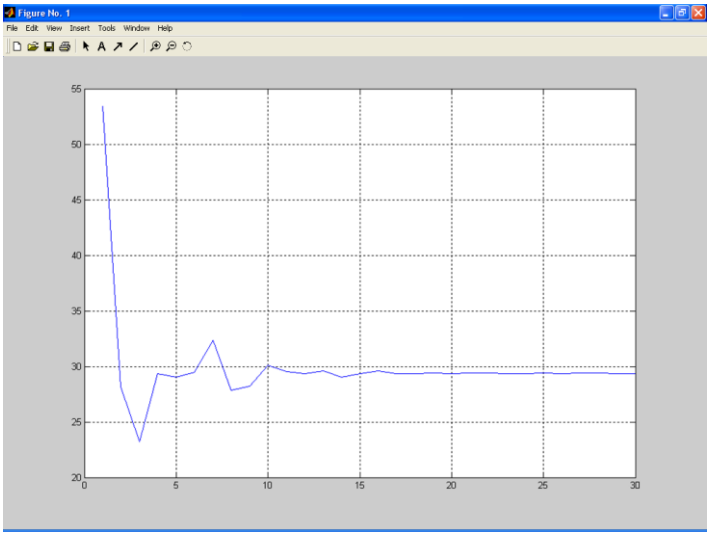
Poznati su statistički podaci za 67 takvih autobusa koji su bili otpisani u ranijim periodima i to: 2 autobusa sa vijekom eksploatacije od 4 godine, 3 autobusa sa vijekom eksploatacije od 5 godina, 20 autobusa sa vijekom eksploatacije od 6 godina, 15 autobusa sa vijekom eksploatacije od 7 godina, 14 autobusa sa vijekom eksploatacije od 8 godina i 13 autobusa sa vijekom eksploatacije od 9 godina.



Slika 2. Algoritam za model prostog obnavljanja homogenog voznog parka u softverskom paketu MATLAB za izabrani primjer



Slika 3. Grafički prikaz očekivane popune autobusa u sljedećih 10 godina za izabrani primjer prostog obnavljanja homogenog voznog parka u softverskom paketu MATLAB



Slika 4. Grafički prikaz graničnog broja autobusa za godišnju zamjenu (poslije 30 godina) za izabrani primjer prostog obnavljanja homogenog voznog parka u softverskom paketu MATLAB

Iz poznatih ulaznih parametara navedenog primjera (statistički podaci za 67 autobusa koji su bili otpisani u ranijim periodima), lako se dolazi do toga da je srednji vijek trajanja autobusa:

$$v = \sum_{k=1}^{T} k a_k = 1 \times \frac{2}{67} + 2 \times \frac{3}{67} + 3 \times \frac{20}{67} + 4 \times \frac{15}{67} + 5 \times \frac{14}{67} + 6 \times \frac{13}{67} = 4{,}12$$

Prema obrazcu (13) očekivani broj obnavljanja u toku jednog perioda vremena poslije dovoljno dugog vremena obnavljanja procesa (posle više perioda) dobijamo da je jednak:

$$\lim_{n\to\infty} u_n = \frac{N}{v} = \frac{121}{4{,}12} = 29,$$

Dobijena vrijednost graničnog broja autobusa (29 autobusa) za godišnju zamjenu, posle većeg broja godina na osnovu obrasca (13), takođe je utvrđena i dobijena kroz razvijeni algoritam u softverskom paketu MATLAB, što se vidi kroz grafički prikaz (Slika 4.), čime je izvršeno testiranje samog algoritma.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Kroz ovaj rad je prikazan model procesa prostog obnavljanja homogenog voznog parka primjenom adekvatnog interaktivnog programskog paketa, na koji način se složeni matematički model u zadovoljavajućoj formi može približiti krajnjem korisniku, odnosno menadžmentu autotransportne organizacije, a sa ciljem efikasnog korišćenja i upravljanja resursima i blagovremenih donošenja potrebnih odluka u svrhu postizanja

zadatih ciljeva, a bez potrebe za poznavanjem složenih matematičkih aparata za opisivanje realnih procesa u transportu.

Za navedeno je iskorišten Matlab kao jedan od interaktivnih softverskih paketa koji omogućava matematička i numerička izračunavanja, analiziranje podataka, simuliranje i modeliranje, vizualizaciju i kreiranje grafičkih prikaza.

Korištenjem prikazanog algoritma se štedi vrijeme i izbjegavaju greške koje mogu nastati kod klasičnog načina računanja i upotrebe predstavljenog modela prostog obnavljanja homogenog voznog parka.

Dalja istraživanja je potrebno usmjeriti prema razvijanju algoritma u softverskom paketu MATLAB za model procesa proširenog obnavljanja homogenog voznog parka, odnosno kada se kroz eksploatacuju uvode nova vozila, koja obezbjeđuju povećanje broja vozila u svrhu povećanja obima posla, a što predstavlja vrlo čestu potrebu u realnim uslovima.

Ovo je pionirski rad iz ove oblasti kako bi se podstakli prevoznici na razmišljanje da uz pomoć softverskog paketa MATLAB moguće je napraviti model procesa proširenog obnavljanja homogenog voznog parka. Potrebno je još rada da bi se sačinio potpuni model koji bi postigao odgovarajuću tačnost koja će biti mjerodavna da se kroz eksploataciju uvode nova vozila ne samo u homogenom nego i u heterogenom voznom parku u realnim uslovima rada.

6. LITERATURA

Gladović, P. i Simeunović, M. (2004). Sistemi javnog autotransporta robe. Novi Sad: FTN Izdavaštvo.

Topenčarević, Lj. (1987). Organizacija i tehnologija drumskog transporta. Beograd: Građevinska knjiga.

Vukadinović, V.S. i Popović, B.J. (1989). Slučajni procesi i njihova primena u saobraćaju i transportu. Beograd: Građevinska knjiga.

https://www.mathworks.com/products/matlab.html, 15.03.2021.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

WAITING TIME AS AN INFLUENCING FACTOR ON THE GAP ACCEPTANCE PROCESS AT ROUNDABOUTS

VRIJEME ČEKANJA KAO UTICAJNI FAKTOR NA PROCES PRIHVATANJA INTERVALA SLJEĐENJA NA KRUŽNIM RASKRSNICAMA

Dunja Radović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, dunja.radovic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *The gap acceptance process is one of the most commonly used techniques for calculating capacity at roundabouts. It is based on time headways/lags that are accepted or rejected by drivers on lower priority approaches. The influence of driver behavior on the capacity of roundabouts can be expressed by the time headway, which is one of the basic traffic flow parameters. This parameter explains the traffic interactions related to the case when a vehicle from a minor approach enters the main stream by flowing into or intersecting one or more main streams. The minimum acceptable headway is the basic parameter for the calculation of the capacity and level of service of the roundabout, and in theory, it is called the critical headway. The critical headway implies the minimum size of the headway in the conflicting flow that allows one vehicle from the minor approach to enter the circulatory stream. The aim of the research conducted in this paper is to determine how the waiting time of a vehicle on the minor approach affects the gap acceptance of vehicles, i.e. the critical headway.*

Key words: *roundabouts, waiting time, critical headway*

Apstrakt*: Proces prihvatanja vremenskih intervala predstavlja jednu od najčešće korišćenih tehnika za proračun kapaciteta na kružnim raskrsnicama. Zasniva se na intervalima slijeđenja/pristizanja koji su prihvaćeni ili odbačeni od strane vozača na prilazima nižeg prioriteta. Uticaj ponašanja vozača na kapacitet kružnih raskrsnica može se izraziti intervalom slijeđenja vozila, koji je jedan od osnovnih parametara saobraćajnog toka. Navedeni parametar objašnjava interakcije u saobraćaju koje se odnose na slučaj kada vozilo iz sporednog toka ulazi u glavni tok ulivajući se u ili presijecajući jedan ili više glavnih tokova vozila. Minimalno prihvatljiv interval slijeđenja je osnovni parametar za proračun kapaciteta i nivoa usluge kružne raskrsnice, a u teoriji se naziva kritični interval slijeđenja vozila. Kritični interval slijeđenja podrazumijeva minimalnu veličinu intervala slijeđenja u konfliktnom toku koja omogućava jednom vozilu iz sporednog toka ulazak u zonu kruženja. Cilj istraživanja sprovedenog u ovom radu je utvrditi kako vrijeme čekanja vozila na sporednom prilazu utiče na prihvatanje intervala slijeđenja vozila, odnosno na kritični intervala slijeđenja.*

Ključne riječi: *kružne raskrsnice, vrijeme čekanja, kritični interval slijeđenja*

1. UVOD

U poslednjih nekoliko godina, kružne raskrsnice se intenzivnije grade kako u svijetu, tako i na našim prostorima. Razlog tome su brojne prednosti koje pružaju u odnosu na standardne četvorokrake ili trokrake raskrsnice, a jedna od najvažnijih je smanjen broj konfliktnih tačaka između vozila u glavnom i sporednom toku. Na taj način dolazi do smanjenja broja saobraćajnih nezgoda i povećanja kapaciteta, kao i poboljšanja nivoa usluge saobraćaja. Kapacitet kružne raskrsnice u velikoj mjeri može uticati na performanse u putnom inženjerstvu, pri čemu vozači igraju bitnu ulogu pri formiranju istog. Ponašanje vozača je jedan od glavnih faktora koji utiče na saobraćajne karakteristike kružnih raskrsnica.

Na osnovu pravila definisanih za kružne raskrsnice svako vozilo u glavnom toku može proći kroz raskrsnicu bez bilo kakvog zadržavanja, odnosno bez vremenskih gubitaka. Međutim, vozilo iz sporednog toka se može uključiti u glavni tok samo ako je vozilo iz glavnog toka dovoljno daleko, što bi vozilu iz sporednog

toka omogućilo bezbjedan prolaz kroz konfliktni tok. Prema tome, vozači često moraju procijeniti veoma komplikovane situacije u saobraćaju kako bi donijeli odluku o izvođenju manevra. U slučaju loše procjene moguća je pojava konflikata između vozila na raskrsnici, kao i saobraćajnih nezgoda.

S obzirom na varijacije u ponašanju različitih vozača koji učestvuju u saobraćajnom toku i uticaj koji njihovo ponašanje ima na kapacitet i nivo usluge, ali i na bezbjednost saobraćaja, posvećuje se velika pažnja ljudskom faktoru. Kako bi se ovaj faktor uzeo u obzir prilikom operativnih analiza i projektovanja kružnih raskrsnica najčešće se u analizu uključuje kritični interval slijeđenja (engl. critical headway, t_c). Prema (Brilon i dr., 1999) kritični interval slijeđenja podrazumijeva minimalni interval slijeđenja između vozila u glavnom toku koji je vozač iz sporednog toka spreman prihvatiti kako bi stupio u zonu kruženja. Prema (Tian i dr., 1999) kritični interval slijeđenja je jedan od glavnih parametara za modele zasnovane na prihvatanju vremenskih intervala između vozila.

Na osnovu brojnih istraživanja ustanovljeno je da kritični interval slijeđenja zavisi od različitih parametara kao što su vrsta vozila, vrijeme čekanja, veličina intervala, pol, godine, protok vozila u glavnom toku, brzina prilaznog toka, geometrija i lokacija raskrsnice itd. Vrijeme čekanja vozila na sporednom prilazu zavisi ne samo od konfliktnog toka, već i od samog vozača, odnosno njegovih psihofizičkih karakteristika. Tačnije, vozač procjenjuje saobraćajnu situaciju i odlučuje da li ostvaruje veću korist ako prihvati ili odbije ponuđeni interval. Korist koju vozač ostvaruje ako prihvati interval je izbjegavanje daljeg čekanja na ulazu u kružnu raskrsnicu. S druge strane, ako vozač odbije interval ostvaruje veću sopstvenu bezbjednost jer ne prihvata kratak, a samim tim i opasan interval. Prema Macioszek, (2007) vrijeme čekanja predstavlja jedan od faktora na osnovu kojih se može objasniti nekonzistentno/nedosljedno ponašanje vozača.

U ovom radu je izvršeno istraživanje na pet kružnih raskrsnica sa ciljem ispitivanja uticaja vremena čekanja vozila u sporednom toku na prihvatanje vremenskih intervala između vozila. Motiv za istraživanje je veoma skroman broj radova na našim prostorima na ovu temu iako najcitiraniji priručnici preporučuju sprovođenje lokalnih mjerenja intervala slijeđenja vozila (HCM, 2016). Strukturu rada, pored uvodnog dijela u kojem je naglašen značaj kritičnog intervala slijeđenja čini još četiri sekcije. U drugoj sekciji su analizirani radovi i istraživanja na temu uticaja vremena čekanja na prihvatanje intervala slijeđenja i kapacitet raskrsnica. U trećoj sekciji je naveden metod istraživanja koji je korišćen kako bi se došlo do krajnjih rezultata. U četvrtoj sekciji su sumirani i obrazloženi rezultati, a u petoj i ujedno posljednjoj sekciji je istaknut značaj istraživanja intervala slijeđenja, a date su i preporuke za dalja istraživanja.

2. METODE

U (Polus i dr., 2003) je istraživan uticaj vremena čekanja vozila na sporednom prilazu na kritični interval slijeđenja i na kapacitet prilaza. Utvrđeno je da sa rastom vremena čekanja dolazi do značajnog opadanja vrijednosti kritičnih intervala slijeđenja i rasta vrijednosti kapaciteta. Utvrđeno je da je model promjene kritičnog intervala slijeđenja logistički, tj. ima oblik slova „S“ između maksimalnog i minimalnog kritičnog intervala slijeđenja. Pored toga, ustanovljeno je da je model zavisnosti kapaciteta od konfliktnog toka pod uticajem kritičnog intervala slijeđenja u uslovima velikog protoka u zoni kruženja, a u uslovima malog protoka u zoni kruženja je zavisan od spoljnog prečnika kružne raskrsnice.

U (Polus i dr., 2005) autori su takođe istraživali uticaj vremena čekanja vozila na kritični interval slijeđenja primjenom logit modela. Korišćeni model je pokazao da vrijeme čekanja ima značajan uticaj na kritični interval slijeđenja, posebno na intervale u rasponu od 2-5 [s]. Tačnije, vjerovatnoća prihvatanja intervala od 3 [s] je 7 % nakon vremena čekanja od 5 [s], 13 % nakon vremena čekanja od 25 [s] i čak 24 % nakon vremena čekanja od 45 [s]. Autori su ustanovili da će dodatno vrijeme čekanja od 6,7 [s] podstaći vozača da prihvati interval za 0,1 [s] manji nego interval koji bi inače prihvatio prije ovog dodatnog vremena. Sprovedena analiza elastičnosti je pokazala da su kratki intervali pod najvećim uticajem porasta vremena čekanja, dok intervali duži od 5 [s] nisu pod uticajem vremena čekanja.

Devarasetty i dr., (2012), Lord-Attivor i Jha, (2013) i Fajaruddin i dr., (2015) su ustanovili da je vrijeme čekanja najčešći faktor koji utiče na odluku vozača da li da prihvati interval. Tupper i dr., (2011) su utvrdili da su prisustvo reda čekanja iza vozača, kao i samo vrijeme čekanja vozača i broj odbačenih intervala imali najveći uticaj na kritični interval slijeđenja. Zhong i dr., (2007) su uočili da što je vrijeme čekanja duže to je vjerovatnoća prihvatanja manjeg intervala prilikom lijevog skretanja sa sporednog prilaza veća. Takođe su utvrdili i to da se preciznost tradicionalnog modela predviđanja kritičnog intervala slijeđenja može poboljšati ako se uzme u obzir vrijeme čekanja. Hagring i dr., (2003) su predstavili model koji prikazuje povećanje vremena čekanja u funkciji smanjenja kapaciteta.

Sa druge strane, Vasconcelos i dr., (2013) i Lee i dr., (2018) su ustanovili da uticaj vremena čekanja na zaustavnoj liniji nije bio statistički značajan za većinu posmatranih kružnih raskrsnica. U (Serag, 2015) je takođe ustanovljeno da vrijeme čekanja ne utiče značajno na vjerovatnoću prihvatanja intervala. Za razliku od (Serag,

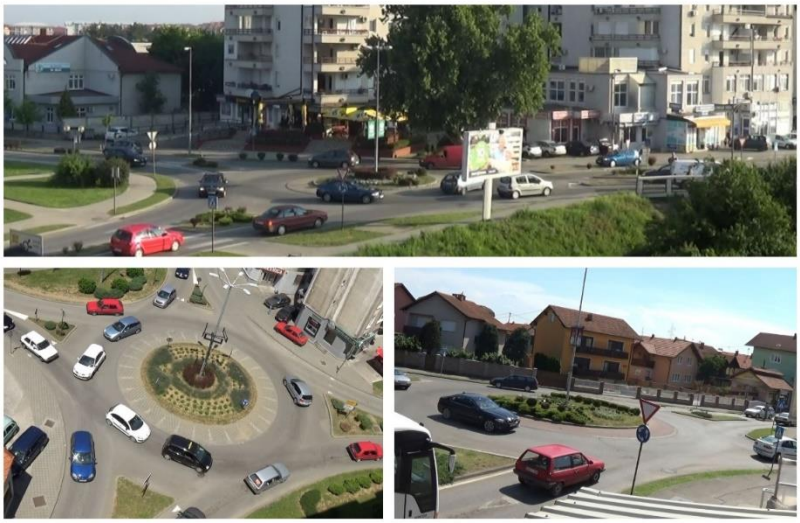
2015), Maurya i dr., (2016) su zapazili da su vozači prihvatali kraće intervale u slučaju dužeg vremena čekanja i većeg broja odbijenih intervala.

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je izvršeno na pet četvorokrakih kružnih raskrsnica sa po jednom saobraćajnom trakom na ulivu/izlivu i jednom saobraćajnom trakom u zoni kruženja u Bijeljini i Banjaluci, Bosna i Hercegovina. Razmatrane raskrsnice u ovom radu snimane su u toku radnog dana kada je bilo moguće snimiti veće protoke vozila. Kamera je bila postavljena na mjestu koje nije vidljivo od strane vozača, kako oni ne bi mijenjali svoje ponašanje i kako bi vozili svakodnevnom rutinom. Predmet istraživanja su sljedećih pet kružnih raskrsnica:

- raskrsnica ulica Neznanih junaka, Gavrila Principa, Svetog Save i Filipa Višnjića (R_1);
- raskrsnica ulica Neznanih junaka, Ive Andrića, Stefana Dečanskog i Sremske ulice (R_2);
- raskrsnica ulica Neznanih junaka, Kulina bana i Dušana Baranina (R_3);
- raskrsnica Karađorđeve i Ulice Jovana Raškovića (R_4);
- raskrsnica ulica Teodora Kolokotronisa, Cara Lazara, Isaije Mitrovića i Patre (R_5).

Na slici 1. su prikazane tri posmatrane kružne raskrsnice u Bijeljini koje se nalaze jedna do druge, a na osnovu prethodno utvrđenih naziva ovih raskrsnica može se zaključiti da im je zajednička Ulica Neznanih junaka.



Slika 1. Analizirane kružne raskrsnice u Bijeljini

Na slici 2. su prikazane posmatrane kružne raskrsnice u Banjaluci pri čemu jedna od raskrsnica posjeduje bypass traku za desna skretanja.



Slika 2. Analizirane kružne raskrsnice u Banjaluci

U tabeli ispod su predstavljene geometrijske karakteristike analiziranih kružnih raskrsnica.

Tabela 1. Geometrijske karakteristike posmatranih raskrsnica

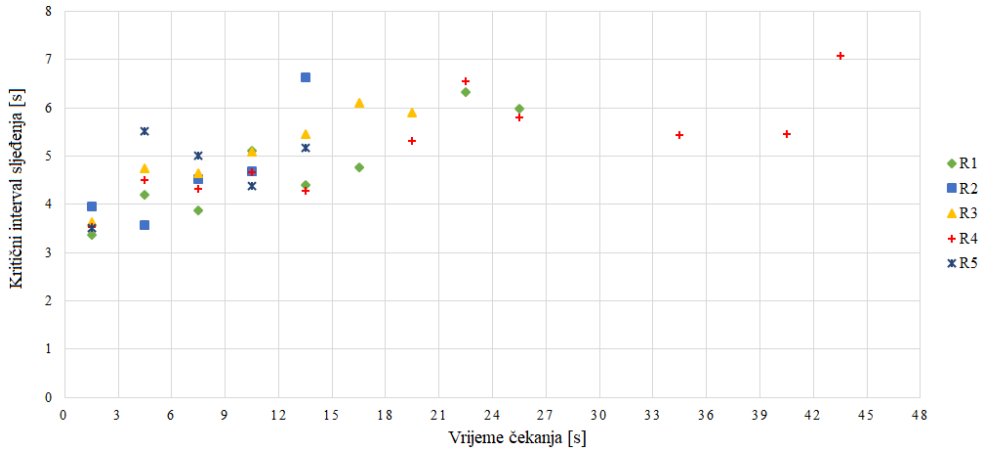
Kružna raskrsnica		Prečnik centralnog ostrva [m]	Širina kružnog kolovoza [m]	Spoljni prečnik kružne raskrsnice [m]
R_1	Gavrila Principa	11,00	5,50	18,80
	Svetog Save	11,00	5,50	18,80
	Neznanih junaka	11,00	5,50	18,80
	Filipa Višnjića	11,00	5,50	18,80
R_2	Neznanih junaka	12,00	6,50	20,50
	Sremska	12,00	6,50	20,50
	Ive Andrića	12,00	6,50	20,50
	Stefana Dečanskog	12,00	6,50	20,50
R_3	Kulina Bana	9,00	8,04	26,54
	Neznanih junaka	9,00	7,50	26,68
	Dušana Baranina	9,00	7,89	26,39
	Neznanih junaka	9,00	8,18	26,68
R_4	Jovana Raškovića	13,64	6,00	30,00
	Karađorđeva	13,64	6,00	30,00
	Jovana Raškovića	13,64	6,00	30,00
	Karađorđeva	13,64	6,00	30,00
R_5	Cara Lazara	25,60	5,50	35,02
	Teodora Kolokotronisa	25,60	5,50	35,02
	Patre	25,60	5,50	35,02
	Isaije Mitrovića	25,60	5,50	35,02

Na pomenutim kružnim raskrsnicama su analizom video snimaka utvrđene vrijednosti prihvaćenih i odbačenih intervala slijeđenja vozila, kao i proračunato vrijeme čekanja navedenih vozila na sporednom prilazu. Kritični interval slijeđenja ne može biti direktno izmjeren sa posmatranih kružnih raskrsnica zato što će vozači prihvatiti sve intervale veće od njihovog kritičnog intervala slijeđenja (NCHRP 572). Mogu biti samo izdvojeni prihvaćeni i odbijeni intervali od strane vozača u sporednom toku. Upravo zbog toga je razvijen veliki broj metoda za procjenu ovog intervala, a u velikom broju istraživanja je utvrđeno da je metoda maksimalne vjerodostojnosti jedna od napouzdanijih i najprezicnijih (Troutbeck, 1992; Brilon i dr., 1999; Guo, 2010; Bunker, 2012; Troutbeck, 2014; Mohan i Chandra, 2016). Iz tog razloga je ova metoda i primijenjena za proračun kritičnog intervala slijeđenja u ovom radu.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

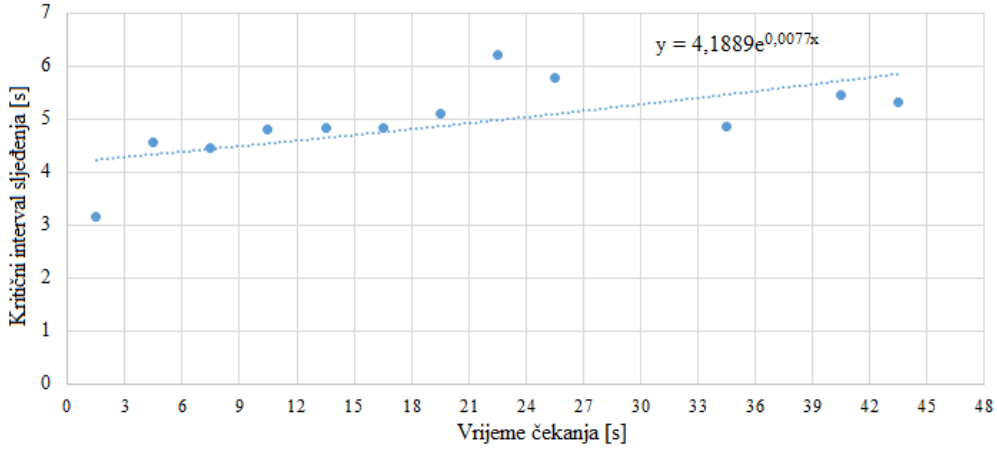
Sa ciljem utvrđivanja uticaja vremena čekanja vozila na sporednom prilazu na kritični interval slijeđenja, izvršen je proračun kritičnih intervala slijeđenja vozila na osnovu vrijednosti njihovih vremena čekanja na ulazu u kružnu raskrsnicu. Za potrebe proračuna kritičnog intervala slijeđenja izdvojena su 282 para prihvaćenih i odbačenih intervala slijeđenja vozila. Prilikom proračuna kritičnog intervala slijeđenja nisu uzeti u obzir prihvaćeni intervali slijeđenja veći od 15 [s]. Kritični intervali slijeđenja su proračunati pojedinačno za grupe vozila koja su imala slično vrijeme čekanja u okviru intervala od 3 [s] po uzoru na istraživanje sprovedeno u (Polus i dr., 2003). Kako je najduže vrijeme čekanja vozila iznosilo 43,287 [s], to je ukupan broj intervala od 3 [s] (za vrijeme čekanja od 0 do 45 [s]) iznosio 15.

Na osnovu analize tačaka na slici 3. sprovedene posebno za svaku od analiziranih kružnih raskrsnica može se uočiti da su intervali slijeđenja počeli da rastu zajedno sa vremenom čekanja. Kada su vrijednosti vremena čekanja bile relativno velike, od 12-45 [s], vrijednosti kritičnog intervala slijeđenja su bile najveće. Intervali slijeđenja manji od 2 [s] su uglavnom odbačeni od strane vozača bez obzira na dužinu vremena čekanja na zaustavnoj liniji jer se smatraju suviše rizičnim.



Slika 3. Kritični intervali slijeđenja proračunati za grupe vozača posebno za svaku od posmatranih raskrsnica

Zatim je izvršen proračun kritičnih intervala slijeđenja posebno za grupe vozila koje su imale vrijeme čekanja u okviru intervala od 3 [s], pri čemu su vrijednosti t_c proračunate za sve raskrnice sumarno. Tačnije, izdvojeni su parovi prihvaćenih i odbačenih intervala slijeđenja na svih pet raskrsnica za koje su vremena čekanja bila u određenom rasponu intervala od 3 [s], npr. 3-6 [s] i proračunata je vrijednost kritičnog intervala slijeđenja za svaki od 15 intervala. Na slici 6. se može uočiti kako i u ovom slučaju vrijednosti kritičnih intervala slijeđenja rastu sa vrijednostima vremena čekanja.



Slika 4. Kritični intervali slijeđenja proračunati za grupe vozača sumarno za sve raskrsnice

Na osnovu prikazanih vrijednosti u vidu tačaka, regresionom analizom u programu MS Excel formiran je eksponencijalni model koji objašnjava zavisnosti kritičnog intervala slijeđenja od vremena čekanja. Njegova matematička formulacija ima sljedeći oblik:

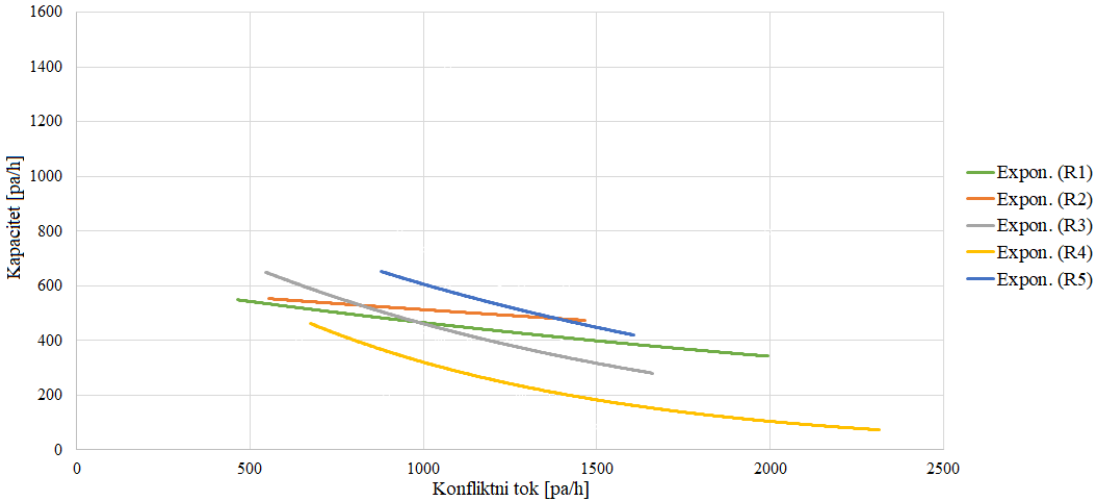
$$y = 4{,}1889e^{0{,}0077x} \tag{1}$$

gdje je *y* kritični interval slijeđenja.

Kao što je već pomenuto, stupanje vozila u zonu kruženja je zasnovano na procesu prihvatanja intervala od strane vozača. Raspodjela samih intervala se obično smatra eksponencijalnom uz pretpostavku da dolasci vozila ne zavise jedni od drugih. Prema tome, kapacitet prilaza podliježe eksponencijalnoj raspodjeli i zavisi od konfliktnog toka u zoni kruženja i od geometrijskih karakteristika raskrsnice. Kako bi se prikazao model zavisnosti kapaciteta prilaza od konfliktnog toka za različite vrijednosti spoljnih prečnika posmatranih kružnih raskrnica iskorišćena je metoda razvijena i primijenjena u (Kyte i dr., 1991) i (Mohan i Chandra, 2020), a za čiji proračun je neophodno utvrditi vrijednosti kapaciteta prilaza i konfliktnog toka (conflicting flow rate). Prilikom utvrđivanja ova dva parametra razmatrani su redovi čekanja dužine od najmanje tri vozila. Kapacitet prilaza je proračunat kao količnik broja vozila u redu čekanja i vremena koje prođe od trenutka kada prvo vozilo iz reda čekanja stigne na zaustavnu liniju do trenutka kada posljednje vozila iz reda čekanja stigne na zaustavnu liniju, pri čemu sva vozila iz reda čekanja koriste isti interval u konfliktnom toku. Tokom istog perioda posmatranja je proračunat konfliktni protok primjenom jednačine (2):

$$\text{Conflicting flow rate} = \frac{n}{t_n - t_0} \tag{2}$$

gdje je n broj vozila iz konfliktnog toka, uključujući i vozilo koje je prošlo odmah nakon vozila sa sporednog prilaza; t_n vrijeme dolaska n-tog vozila iz konfliktnog toka ispred sporednog prilaza; t_0 vrijeme dolaska vozila iz reda čekanja na zaustavnu liniju.



Slika 5. Eksponencijalni model zavisnosti kapaciteta od konfliktnog toka za različite vrijednosti spoljnog prečnika kružnih raskrsnica

Na osnovu slike 5. može se zaključiti da je uticaj geometrijskih karakteristika raskrsnica, tj. spoljnog prečnika kružnih raskrsnica značajniji u uslovima malog konfliktnog toka nego u uslovima velikog konfliktnog toka, što je dokazano i u (Polus i dr., 2003). Raskrsnica koja je u ovom radu označena kao R_5 ima najveću vrijednost kapaciteta pri istim manjim vrijednostima konfliktnog toka, a ujedno ima i najveći spoljni prečnik. Raskrsnica koja je u ovom radu označena kao R_4 je druga po veličini spoljnog prečnika, ali ima najniže vrijednosti kapaciteta pri istim vrijednostima konfliktnog toka za svih pet raskrsnica. Razlog tome je što dva naspramna kraka ove kružne raskrsnice pripadaju regionalnom putu R405, te je na ovim prilazima znatno veća protočnost nego na ostalim kružnim raskrsnicama. Upravo ovo je uzrok velikih zagušenja saobraćaju u toku vršnih časova na ovoj kružnoj raskrsnici.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Za razliku od istraživanja sprovedenog u (Polus i dr., 2003) u kome su vrijednosti kritičnog intervala sljeđenja opadale sa rastom vremena čekanja, rezultati istraživanja u ovom radu su pokazali da su sa rastom vremena čekanja rasle i vrijednosti kritičnog intervala sljeđenja. Ovako dobijeni rezultati ukazuju na to da se vrijednosti kritičnog intervala sljeđenja i ostalih uticajnih faktora razlikuju od države do države, a to je posljedica kulturoloških razlika, zatim razlika u ponašanju vozača, njihovih navika i običaja. Na osnovu navedenih razlika i odstupanja u dobijenim vrijednostima može se zaključiti da je veoma važno izvršiti prilagođavanje, odnosno kalibrisanje vrijednosti intervala sljeđenja prilikom proračuna kapaciteta na kružnim raskrsnicama kako bi dobijeni rezultati oslikavali realne uslove saobraćajnog toka. Stoga se uveliko preporučuje sprovođenje mjerenja intervala sljeđenja, kao i uticajnih faktora na sam kritični interval sljeđenja koji predstavlja ključni parametar za proračun kapaciteta. Na taj način će se omogućiti lakše i preciznije iznalaženje najpogodnijeg rješenja za projektovanje kružnih raskrsnica u Republici Srpskoj i državama sa sličnim dizajnom kružnih raskrsnica i oblicima ponašanja vozača.

Kako su predmet istraživanja ovog rada pet kružnih raskrsnica sa različitim geometrijskim karakteristima predstavljenim u Tabeli 1., iskorišćena je prilika da se predstavi eksponencijalni model zavisnosti kapaciteta od konfliktnog toka za različite vrijednosti spoljnog prečnika kružnih raskrsnica. Uočeno je da spoljni prečnik kružnih raskrsnica ostvaruje veći uticaj u uslovima malog konfliktnog toka nego u uslovima velikog konfliktnog toka, pri čemu raskrsnica označena kao R_5 koja ima najveći spoljni prečnik, posjeduje i najveću vrijednost kapaciteta pri istim manjim vrijednostima konfliktnog toka. Ukoliko se vrijednost konfliktnog toka posmatra na konstantnom nivou pri većim vrijednostima (npr. 2.000 [pa/h]) mogu se donijeti drugačiji zaključci o uticaju pojedinih spoljnih prečnika na kapacitet. U tom slučaju vrijednost kapaciteta je najveća za spoljni prečnik koji nije najveći, već četvrti po veličini (kružna raskrsnica označena sa R_2).

Zbog nemogućnosti pokrivanja cijele dužine reda čekanja na prilazima kružnih raskrsnica kamerom, vrijeme čekanja vozila je razmatrano samo na zaustavnoj liniji na ulazu u kružnu raskrsnicu. U budućim istraživanja bi trebalo obezbijediti takve uslove snimanja kako bi se u obzir uzelo i vrijeme koje je vozilo provelo

u redu čekanja. Pored toga, dalja istraživanja bi trebala razmotriti uticaj vremena čekanja na interval sljeđenja vozila u sporednom toku koji takođe može uticati na kapacitet i nivo usluge kružnih raskrsnica.

6. LITERATURA

Brilon, W., Koenig, R., & Troutbeck, R. J. (1999). Useful estimation procedures for critical gaps. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 33(3-4), 161-186.

Bunker, J. M. (2012). Novel methods and the maximum likelihood estimation technique for estimating traffic critical gap. Journal of advanced transportation, 48(6), 542-555.

Devarasetty, P. C., Zhang, Y., & Fitzpatrick, K. (2012). Differentiating between left-turn gap and lag acceptance at unsignalized intersections as a function of the site characteristics. Journal of transportation engineering, 138(5), 580-588.

Fajaruddin, M., Ismail, A. R., Erwan, S., Zulkifli, S., Shamsul, K. A., & Noor, A. S. (2015). Gap acceptance behavior model for non-signalized T-intersections on Malaysia rural roadway. International Journal of Integrated Engineering, 7(1), 39-43.

Guo, R. (2010). Estimating critical gap of roundabouts by different methods. 6th Advanced Forum on Transportation of China.

Hagring, O., Rouphail, N. M., & Sørensen, H. A. (2003). Comparison of capacity models for two-lane roundabouts. Transportation research record, 1852(1), 114-123.

HCM. (2016). Highway Capacity Manual. Washington D.C.: Transportation Research Board of The National Research Council.

Kyte, M., Clemow, C., Mahfood, N., Lall, B. K., & Khisty, C. J. (1991). Capacity and delay characteristics of two-way stop-controlled intersections. Transportation Research Record, 1320, 160-167.

Lee, D., Hwang, S., Ka, E., & Lee, C. (2018). Evaluation of the rain effects on gap acceptance behavior at roundabouts by a logit model. Journal of Advanced Transportation, 2018.

Lord-Attivor, R. E. N. E., & Jha, M. K. (2013). Evaluating Driver Behavior at Two-Way Stop Controlled (TWSC) Intersections using Logistic Regression Models. Recent Advances in Mathematics, 245-252.

Macioszek, E. (2007). The movement model for small roundabouts with minor roads capacity estimating. Transport Problems, 2, 87-94.

Maurya, A. K., Amin, H. J., & Kumar, A. (2016). Estimation of critical gap for through movement at four leg uncontrolled intersection. Transportation Research Procedia, 17, 203-212.

Mohan, M., & Chandra, S. (2016). Review and assessment of techniques for estimating critical gap at two-way stop-controlled intersections. European Transport-Trasporti Europei, (61).

Mohan, M., & Chandra, S. (2020). Capacity estimation of unsignalized intersections under heterogeneous traffic conditions. Canadian Journal of Civil Engineering, 47(6), 651-662.

Polus, A., Lazar, S. S., & Livneh, M. (2003). Critical gap as a function of waiting time in determining roundabout capacity. Journal of Transportation Engineering, 129(5), 504-509.

Polus, A., Shiftan, Y., & Shmueli-Lazar, S. (2005). Evaluation of the waiting-time effect on critical gaps at roundabouts by a logit model. European Journal of Transport and Infrastructure Research, 5(1).

Rodegerdts, L., Blogg, M., Wemple, E., Meyers, E., Kyte, M., Dixon, M., List, G., Flannery, A., Troutbeck, R., Brilon, W., Wu, N., Persaud, B., Lyon, C., Harkey, D., & Carter D. (2007). NCHRP Report 572 Roundabouts in the United States. Transportation Research Board of the national Academies, Washington D.C.

Serag, M. S. (2015). Gap-acceptance behavior at uncontrolled intersections in developing countries. Malaysian Journal of Civil Engineering, 27(1).

Tian, Z., Vandehey, M., Robinson, B.W., Kittelson, W., Kyte, M., Troutbeck, R., Brilon, W., & Wu, N. (1999). Implementing the maximum likelihood methodology to measure a driver's critical gap. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 33(3-4), pp.187-197.

Troutbeck, R. J. (1992). Estimating the Critical Acceptance Gap from Traffic Movements, ser. Physical Infrastructure Centre research report. Physical Infrastructure Centre, Queensland University of Technology.

Troutbeck, R. J. (2014). Estimating the mean critical gap. Transportation Research Record, 2461(1), 76-84.

Tupper, S. M., Knodler Jr, M. A., & Hurwitz, D. S. (2011). Connecting gap acceptance behavior with crash experience. 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, Purdue University, Transportation Research Board.

Vasconcelos, L., Seco, Á., & Silva, A. B. (2013). Comparison of procedures to estimate critical headways at roundabouts. Promet–Traffic&Transportation, 25, 43-53.

Zhong, X., Zhu, X., Zhang, Y., & Liu, X. (2007). Left-turn gap acceptance behavior of tee type of unsignalized intersection. International Conference on Transportation Engineering 2007 (pp. 2975-2980).

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

RISK ASSESSMENT OF AERO-POLLUTION ACCIDENTS IN TRANSPORTATION USING THE „ALOHA“ MODEL

PROCJENA RIZIKA TRANSPORTNIH AKCIDENTNIH AERO-ZAGAĐENJA PRIMJENOM MODELA “ALOHA”

Stevo K. Jaćimovski[a], Srećko Ilić[a], Jelena Lamovec[b], Siniša M. Vučenović[c], Jovan P. Šetrajčić[d]

[a] *University of Criminal Investigation and Police Studies, Zemun-Belgrade, Serbia, stevo.jacimovski@kpu.edu.rs*

[b] *University of Belgrade, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Belgrade, Serbia, jejal@nanosys.ihtm.bg.ac.rs*

[c] *Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, sinisa.vucenovic@pmf.unibl.org*

[d] *Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, jovan.setrajcic@gmail.com*

***Abstract: Objectives**: Aero pollution is a basic problem of transport traffic, the consequences of which directly affect the global warming of the planet, but also the quality of life. However, a special danger is posed by potential accidents during the transport of certain very dangerous chemicals, which can occur in different geographical environments. **Approach:** In this research, two accidents of local chemical leakage that occurred in Serbia were used and the consequences and extent of pollution were determined and measured. The extent of these contaminants was then modeled using a model ALOHA (Areal Location Of Hazardous Atmospheres) and corresponding software. Simulations of this type require, in addition to knowledge of the geographical features of the location where the accident occurred, knowledge and prediction of different meteorological conditions. **Results:** Simulations using the ALOHA model predicted and confirmed the same amount of pollution measured in these two accidents. **Contribution:** Accidents during the transport of dangerous chemical substances will continue in the future, it is impossible to completely eliminate them, but it is imperative in such cases to act quickly, but also to predict the extent of pollution - which is possible with such modeling.*

***Key words:** chemical accidents, pollution modeling, transport of dangerous goods*

***Apstrakt**: **Cilj istraživanja**: Aero zagađenja predstavljaju osnovni problem transportnog saobraćaja, čije posljedice direktno utiču na globalno zagrijavanje planete, ali i kvalitet života. Međutim, posebnu opasnost čine potencijalni akcidentni slučajevi prilikom transporta određenih veoma opasnih hemijskih materija, koji se mogu desiti u različitim geografskim okruženjima. **Način i pristup istraživanju:** U ovom istraživanju su korištena dva akcidenta lokalnog curenja hemikalija koji su se desili u Srbiji i čije su posljedice i obim zagađenja utvrđeni i izmjereni. Obim ovih zagađenja je zatim modelovan pomoću modela ALOHA (Areal Location Of Hazardous Atmospheres) i odgovarajućeg softvera. Simulacije ovog tipa zahtijevaju, pored poznavanja geografskih osobina lokacije na kojoj se desio akcident, poznavanje i predikciju različitih metereoloških uslova. **Rezultati istraživanja:** Simulacije pomoću ALOHA modela su predvidjele i potvrdile isti obim zagađenja koji je izmjeren kod ova dva akcidenta. **Doprinos istraživanja:** Akcidenti pri transportu opasnih hemijskih supstanci će se dešavati i u budućnosti, njih je nemoguće potpuno eliminisati, ali je imperativ u takvim slučajevima djelovati brzo, ali i predvidjeti obim zagađenja – što je ovakvim modelovanjem moguće.*

***Ključne riječi:** hemijski akcidenti, modelovanje zagađenja, transport opasnih materija*

1. UVOD

Industrijski razvoj, osim mnogih faktora, uključuje i transport (skladištenje) opasnih materija. Pri ovim procesima se mogu desiti različiti akcidenti u kojima može doći do zagađenja životne sredine i potencijalno opasnih situacija po ljude. Jedan od najvažnijih ciljeva održivog razvoja čini prevencija ovih događaja, ali i brza reakcija ukoliko do akcidenata ipak dođe. Mjerenja kvaliteta vazduha i određivanje koncentracija opasnih

supstanci u vazduhu čini važnu ulogu u očuvanju životne sredine. U ovim mjerenjima se koriste različite metode koje uključuju stacionarne ili mobilne uređaje za prikupljanje podataka, kao i matematičke modele aero-zagađenja koji se zasnivaju na monitoringu i disperzionom modelovanju zagađenja u određenoj oblasti od interesa.

Značaj matematičkog modelovanja je u predviđanju potencijalno opasnih situacija i smanjenju opasnosti i štetnih posljedica, kao i blagovremenom (pravovremenom) djelovanju prilikom procedura spašavanja ili postupcima koji im prethode. Procjene posljedica i rizika pri ispuštanju potencijano opasnih hemikaija u životnu sredinu predstavlja jednu od najvažnijih aktivnosti za podizanje sigurnosnih nivoa, kao i dizajna i aktivnosti industrijskih postrojenja i transporta (Beheshti et al., 2018; Zannetti, 1990).

Model ALOHA (The Areal Locations of Hazardous Atmospheres) je odabran za simulaciju dva realna slučaja curenja toksičnih hemikalija – amonijaka i hlorovodonične kiseline[1]. Ovaj kod se široko koristi za modelovanje disperzije aero-zagađenja (Jaćimovski et al., 2018), što se može primjeniti kao baza za određenu analizu rizika i efekata zagađenja (Tseng et al., 2012).

2. PREDVIĐANJA DISPERZIJE AERO-ZAGAĐENJA

Model ALOHA je razvijen od strane Agencije za zaštitu okoline (EPA – Environmental Protection Agency) i zasnovan je na gausovskom disperzionom modelu kojim se može opisati i predvidjeti na koji način će se (zagađujući) gasovi proširiti u vazduhu atmosfere (Tseng et al., 2012; Hanna et al., 1982). Programski kod omogućuje simulaciju disperzije preko 900 vrsta gasova, što je naročito pogodno za simulaciju potencijalno opasnih akcidentnih situacija. Gausov model je dat u obliku:

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left[\mathrm{e}^{\frac{-(z-h)^2}{2\sigma_z^2}} + \mathrm{e}^{\frac{-(z+h)^2}{2\sigma_z^2}} \right] \quad (1)$$

gdje je C – koncentracija (mg/m^3); Q – brzina oslobađanja hemijskih supstanci u izvoru zagađenja (mg/s); h – visina na kojoj dolazi do oslobađanja supstanci (relativno u odnosu na zemlju); z – vertikalna udaljenost; y – udaljenost bočnog vjetra od centralne ose pravca zagađenja; u – prosječna brzina vjetra; σ_y i σ_z – horizontalni i vertikalni koeficijenti disperzije koji predstavljaju standardnu devijaciju koncentracije zagađivača u pravcu ose bočnog vjetra i vertikalnom pravcu, respektivno.

Uticaj atmosfere na širenje i distribuciju zagađivača je veoma značajan, te je razvijena šema klasifikacije prema F. Pasquill-u i F.A.Gifford-u, u kojoj krive σ_y i σ_z predstavljaju različite atmosferske uslove stabilnosti – koje rangiraju od od veoma nestabilnih (A) do veoma stabilnih (B). Parametri koji utiču na šemu klasifikacije atmosferske stabilnosti su dati u Tabeli 1 (Živanović et al., 2011; Salam, 2013; Lazaridis, 2011).

Tabela 1. Šema klasifikacije atmosferske stabilnosti za izračunavanje σ_y i σ_z u zavisnosti od parametara α, β, γ i δ, gdje su $\sigma_y = \alpha x^{\beta}$ i $\sigma_z = \gamma x^{\delta}$

		α	β	γ	δ
Veoma nestabilno	A	0.527	0.865	0.28	0.90
Nestabilno	B	0.371	0.866	0.23	0.85
Srednje nestabilno	C	0.209	0.897	0.22	0.80
Neutralno	D	0.128	0.905	0.20	0.76
Stabilno	E	0.098	0.902	0.15	0.73
Veoma stabilno	F	0.065	0.902	0.15	0.67

[1]Hemijskajedinjenaamonijaka (NH_3) i hlorovodonične kiseline (HCl) su odabrane kao reprezentativna hemijska jedinjenja koja su opasna kako po ljudsko zdravlje i tako i po okolinu. Ova jedinjenja se vrlo često koriste u proizvodnji, tj. u različitim industrijama (prehrambena, poljoprivredna, metalna, tekstilna, ...), pa je osim upotrebe u procesima proizvodnje česta potreba i njihovog transportovanja – što predstavlja moguć rizik za nastanak akcidentnih situacija. U zavisnosti od koncentracije amonijaka u vazduhu ovo jedinjenje može izazvati iritacije grla i oka (400-700 ppm), dok se 30-minutno izlaganje koncentraciji 5000-10000 ppm može dovesti i do smrtnog ishoda. Kiselina HCl i njena isparenja, u zavisnosti od vremena izlaganja i koncentracije,mogu izazvati od iritacije organa do edema u plućima i otežanog disanja.

Za primjenu ALOHA koda potrebno je poznavati i/ili odrediti tačnu lokaciju izvora (emitera) zagađenja – geografsku širinu, dužinu i visinu; atmosferske uslove (temperaturu i relativnu vlažnost vazduha, brzinu i smijer vjetra, stanje naoblake) i što tačniji opis izvora (emitera) zagađenja – visina izvora, protok (fluks) izbacivanja štetne materije i temperatura.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Simulacije pomoću softerskog koda ALOHA su provjerene za dva slučaja opasnog curenja hemikalija koja su dokumentovana od strane Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije: curenje HCl u Beogradu januaru 2009. godine i ispuštanje veće količine amonijaka u avgustu 2010. godine u Padinskoj Skeli. Programski kod ALOHA je iskorišten za analizu efekata zagađenja tako što su simulirani različiti vremenski uslovi i u sklopu toga definisan najgori scenario zagađenja.

Na dijagramima koji su dobijeni pomoću ALOHA programskog koda su prikazane 3 zone koje su obojane različitim bojama: crvenom, narandžastom i žutom. Ove boje su odabrane intuitivno – crvena označava zonu zagađenja u kojoj se boravak ljudi smatra izuzetno opasnim tj. u kojoj ljudi mogu imati ozbiljne posljedice po zdravlje; narandžasta zona predstavlja potencijalnu opasnost po zdravlje ljudi i to posebno osjetljivih kategorija kao što su djeca, stariji ljudi, pacijenti za hroničnim oboljenjima pluća i trudnice; žuta zona predstavlja oblast u kojoj boravak ljudi ne predstavlja veću potencijanu opasnost za njihovo zdravlje.

Programsku simulaciju pomoću ALOHA softverskog koda smo analizirali za 2 različita scenaria u oba slučaja akcidenta. U daljem tekstu ćemo detaljnije pokazati analizu samo za jedan scenario.

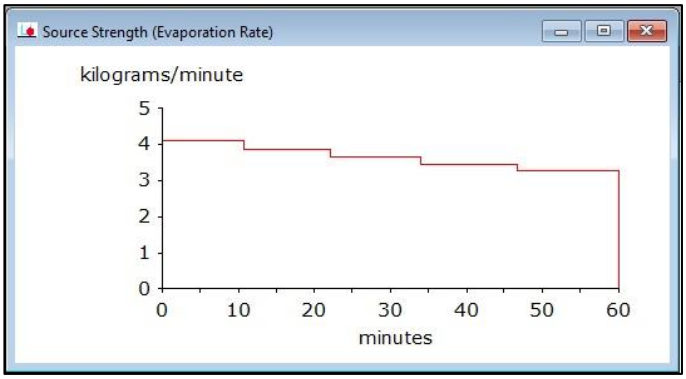
3.1. Analiza curenja hlorovodonične kiseline – studija realnog slučaja

Slučaj curenja HCl desio se 28. januara 2009. godine u krugu beogradske pivovare (BIP) iz cisterne u kojoj se nalazilo 25 tona HCl. Tačna lokacija mjesta curenja se desila na 44°47'46" sjeverne geografske širine i 20°27'07" istočne geografske dužine. Nadmorska visina Beograda je 132 m. Podaci koji su potrebni za simulaciju su dobijeni iz godišnjeg izvještaja Republičkog hidrometeorološkog zavoda Republike Srbije (RHMZRS) za 2009. godinu (www.hidmet.gov.rs)i dati su u Tabeli 2.

Tabela 2. Hidrometeorološki parametri

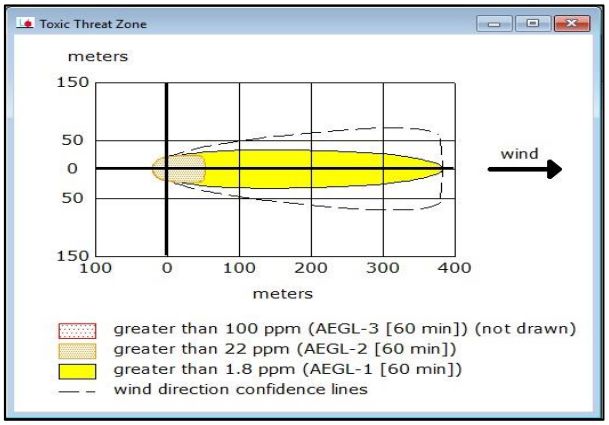
PARAMETRI	*VREMENSKI USLOVI*
Temperatura	3.6°C (14 h)
Smjer vjetra	zapad - sjeverozapad
Brzina vjetra	4.4 m/s
Vlažnost (relativna)	50%
Oblačnost	10/10
Nivo atmosferske stabilnosti	D

U skladu sa ponuđenim opcijama softvera, izvor zagađenja je izabran da bude predstavljen u vidu lokve tečnosti čija je masa 25 tona, a prečnik „lokve“ 40 metara. Ukupna masa zagađivača koji je iscurio je 217 kg. Maksimalna brzina isparavanja pri gornjim meteorološkim uslovima je 4,07 kg/min. Vrijeme curenja je ograničeno softverom na 60 minuta. Brzina isparavanja se vremenom smanjivala tokom vremena curenja, što je prikazano na slici 1.



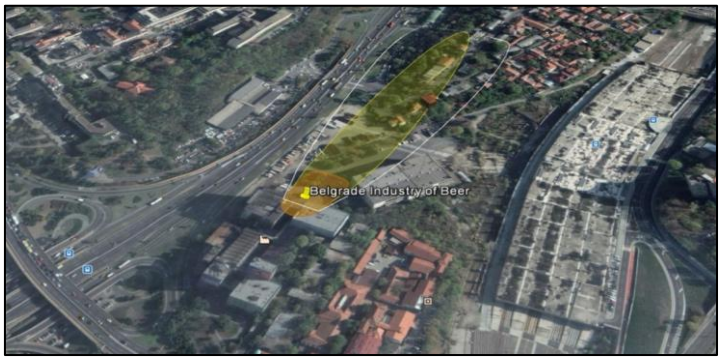
Slika 1. Smanjivanje brzine isparavanja HCl na izvoru zagađenja

Prema rezultatima koji su dobijeni simulacijom može se tvrditi da je koncentracija zagađivača relativno mala. Najveća vrijednost koncentracije datog zagađivača pri datim vremenskim uslovima iznosi 4,412 ppm ili 0,44%. Vrijednost ppm označava koncentraciju fluida u kojoj je 1 čestica(zagađivača) u milion čestica (vazduha), ali se u analitičkoj hemiji za tečnosti približne gustine od 1 g/cm^{3}može odnositi i na masenu koncentraciju, tj. ppm=mg/l ili µg/ml. Prema pragovima zagađenja – granična vrijednost praga zagađenja za crvenu zonu iznosi 100 ppm; za narandžastu zonu 22 ppm; za žutu zonu 1,8 ppm – izračunato je da se crvena zona nalazi na 23 m od izvora zagađenja (zona najvećeg rizika); narandžasta zona se nalazi na 53 metra, a žuta zona na 384 metra od izvora zagađenja. Raspored zona zagađenja je prikazan na slici 2.



Slika 2. Prikaz zona zagađenja

Može se primjetiti da crvena zona nije prikazana na dijagramu na slici 2, jer Gausov model ne može pružiti pouzdane rezultate disperzije na tako malim udaljenostima. Značajne koncentracije zagađenja se nalaze do 400 metara u smjeru duvanja vjetra, dok je širina zone nešto malo veća od 50 metara. Prema ovim podacima opasna zona iznosi oko 2000 m^2 što predstavlja zonu koja je nešto veća od površine koju bi zauzela lokva zagađivača kada bi bila slobodna prosuta. Na slici 3 je prikazana geografski prikaz zone zagađenja.



Slika 3. Geografski prikaz narandžaste i žute zone zagađenja

3.2. Analiza curenja hlorovodonične kiseline – drugi scenario

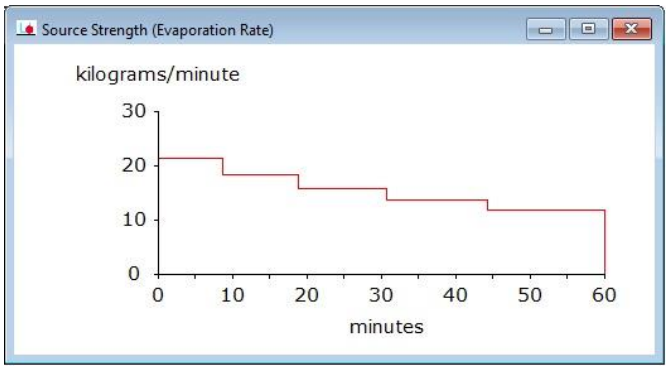
Pomoću ALOHA softvera je analiziran i zamišljeni drugi scenario, ali pri drugim (ljetnim) meteorološkim uslovima - tj. na dan 23 juli 2009. godine u 14 časova. Meteorološki podaci su uzeti iz RHMZRS za ovaj dan i dati su u tabeli 3.

Tabela 3. Hidrometeorološki parametri – ljetni scenario

PARAMETRI	*VREMENSKI USLOVI*
Temperatura	36 °C (14 h)
Smjer vjetra	jug - jugozapad
Brzina vjetra	2.4 m/s
Vlažnost (relativna)	30%
Oblačnost	0/10
Nivo atmosferske stabilnosti	B

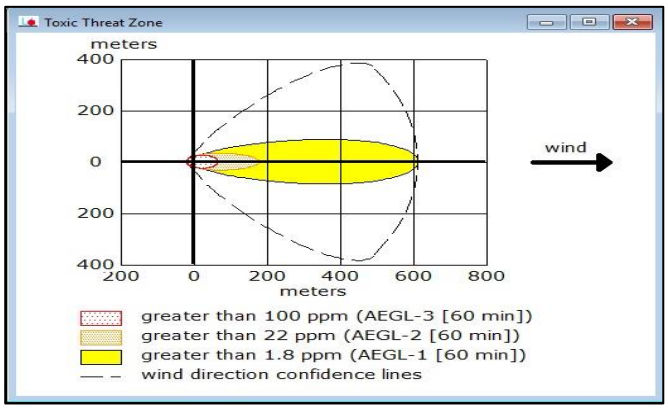
Ulazni parametri vezani za izvor zagađenja su ostali isti (25 tona HCl u formi lokve prečnika 40 m) i dobijeni su izlazne vrijednosti zagađenja: ukupna masa HCl koja je iscurila je iznosila 923 kg, sa maksimalnom srednjom brzinom curenja 21,2 kg/min.

Prema simulaciji ovog slučaja vidljiva je znatno veća brzina isparavanja zagađivača, dok jačina izvora curenja (brzina isparavanja) znatno brže opada u toku vremena, što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Smanjivanje brzine isparavanja HCl na izvoru zagađenja – ljetni scenario

U ljetnim vremenskim uslovima maksimalna koncentracija je znatno veća u odnosu na zimske i iznosi 40,789 ppm (4,08 %), dok granične vrijednosti zona zagađenja ostaju iste (100 ppm crvena; 22 ppm narandžasta i 1,8 ppm žuta zona zagađenja). Rezultati simulacije pokazuju da se crvena zona proširila na 65 m od izvora zagađenja; narandžasta zona na 179 m; žuta zona na 616 m, sve zone se prostiru u pravcu duvanja vjetra. Širina zone zagađenja je 400 m, sa potencijalnom zonom opasnosti od 240 000 m^2, što je znatno veća površina (oko 190 puta veća) od površine zagađenja pri zimskim uslovima, slika 5.



Slika 5. Prikaz zona zagađenja – ljetni scenario

Geografski prikaz ljetnog scenaria zagađenja je prikazan na slici 6, gdje je sada vidljiva i crvena zona zagađenja.



Slika 7. Geografski prikaz zona zagađenja – ljetni scenario

Na sličan način urađene su simluacije zagađenja amonijakom (NH_3) u Padinskoj skeli koje se desilo 13. avgusta 2010. godine u 15:35 časova. Pri ovom akcidentu ispušteno je oko 20 tona amonijaka. Za potrebe

simulacije uzeto je da je rezerevoar amonijaka cilindričnog oblikakoji je ispunjen amonijakom do vrha, dok je otvor kroz koji je amonijak curi kvardratnog oblika. Slično kao i u prethodnom slučaju i u ovoj analizi uzeta su dva različita scenaria, pri različitim meteorološkim uslovima - i pokazane razlike u nivoima i površinama zona zagađenja, pri jednakim početnim uslovima (jednaki početni fluks izvora zagađenja).

Rezultati ove analize u ovom radu zbog ograničenja u broju stranica nisu detaljno prikazani, ali pokazuju da se i ovdje različiti meteorološki uslovi zimi i ljeti pokazuju različite nivoe zagađenja.

4. ZAKLJUČAK

Sve vrste zagađenja predstavljaju potencijalnu opasnost za ljudsku populaciju i okolinu, ali hemijska akcidentna zagađenja mogu biti posebno opasna. Uzimajući u obzir da su tehničko – tehnološke potrebe za različitim hemijskim agensima potrebne ne samo u proizvodnji i skladištenju, nego posebno i u transportu – jasno je da se akcidentne situacije neće moći izbjeći u budućnosti. Prevencija akcidenata i mjere zaštite postaju primarne, ali kada se akcidenti dese imperativ postaju jasno definisane akcije u cilju spašavanja ljudi i imovine. Pri tome su sva znanja koja uključuju mjere akcije spašavanja veoma bitna, pa tako i brze simulacije kojima bi se predvidjele zone izuzetno opasnog dejstva curenja i shodno tome planirale i koordinisale akcije spašavanja.

Primjene matematičke analize i softvera za procese zagađenja ALOHA pokazana su u ovom radu na dva slučaja i za dva različita scenaria. Analiza je vršena za najgori mogući scenario, kako bi se prikazala maksimalno moguća opasna dejstva zagađenja i maksimalno moguće površine zagađenja. Za slučaj curenja HCl iz BIP-ove pivovare pokazano je da je za prvi scenario evakuacija stanovništva bila nepotrebna, kao ni blokada saobraćaja. Zona opasnosti je pokrivala površinu od 0,02 km^2 i pri tome je bila ograničena samo na radnike pivovare i vatrogasce. Ipak, zamišljeni drugi (ljetni) scenario, u kojem su meteorološki uslovi bili dosta nepovoljniji, predstavljao bi moguću veću opasnost u poređenju sa prvim scenariom. U ovom slučaju obližnja prometnica i prometno čvorište bi moglo biti blokirano i promet zaustavljen. Posebna pažnja bi bila potrebna za zaštitu radnika i vatrogasaca.

Drugi slučaj curenja amonijaka je znatno opasniji i ozbiljniji po zdravlje ljudi. Prvi i opasniji scenario bi zahtjevao evakuaciju stanovništva, dok bi drugi scenario zahtjevao zaustavljanje svih letova sa obližnjeg vojnog aerodroma.

Analiza dva realna i dva zamišljena scenaria su pokazala da se mora djelovati prema svakom akcidentnu posebno i sa specifičnim mjerama. Posljedice zagađenja primarno zavise od vrste zagađivača, ali i lokacije i meteoroloških uslova (prvenstveno temperature vazduha i smjera i brzine vjetra). U svim slučajevima matematička analiza i primjena softera za analizu zagađenja ALOHA pokazuje se kao veoma dobra mjera za preventivu i prevenciju zagađenja i time ovu proceduru postavlja na vrh važnosti u ovim i sličnim akcidentima.

ZAHVALNOST

Ovaj rad je urađen u okviru naučnoistraživačkih projekata br. 19.032/961-2/18, 19.032/961-35/18, 19.032/961-42/19 i 19.032/961-36/19, koji su finansirani od strane Ministarstva za naučnotehnološki razvoj, visoko obrazovanje i informaciono društvo Republike Srpske.

5. LITERATURA

Beheshti, M. H., Dehghan, S. F., Hajizadeh, R., Jafari, S. M., & Koohpaei, A. (2018). Modelling the Consequences of Explosion, Fire and Gas Leakage in Domestic Cylinders Containing LPG.Annals of Medical and Health Sciences Research, 83-88.

Hanna, S. R., Briggs, G. A., & Rayford P. Hosker, J. (1982). Handbook on Atmospheric Diffusion. Virginia: Technical Information Center U.S. Department of Energy.

Jaćimovski, S., Lamovec, J., Ilijazi, V., & Miladinović, S. (2018). Modelling Spatial Distributions of Air Pollution Caused by Chemical Accidents. 26th International Conference Ecological Truth and Environmental Research, 164-169.

Lazaridis, M. (2011). First principles of Meteorology and Air Pollutant. New York: Springer.

Salam HAA (2013).Prediction of pollutants emissions dispersion of phosphate fertilizers production facility,International Journal of Research in Engineering and technology02(11) 306-311.

Tseng JM et al., (2012). Consequence evaluation of toxic chemical releases by ALOHA. Procedia Engineering 45: 384-389.

www.hidmet.gov.rs. (2018, Jul 25). Izvor web stranica Republičkog hidrometeorološkog zavoda: http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo_godisnjaci/Meteoroloski%20godisnjak%201%20-%20klimatoloski%20podaci%20-%202009.pdf

Zannetti, P. (1990). Air Pollution Modeling: Theories, Computational Methods and Available Software. New York: Springer Science+Business Media.

Živanović, M., Đukanović, J., Davidović, M., Čekerevac, D., & Stanković, S. (2011, Octobar 12-14). Pregled računarskih modela kretanja polutanata kroz atmosferu sa posebnim osvrtom na radiopolutante. From www.iaea.org: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/128/44128744.pdf

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PUBLIC TRANSPORT SYSTEM OF INĐIJA AND STARA PAZOVA

UPOREDNA ANALIZA SISTEMA JAVNOG PREVOZA PUTNIKA INĐIJE I STARE PAZOVE

Milan Lazarević[a], Milan Simeunović[a], Pavle Pitka[a], Andrijana Jović[a], Milja Simeunović[a]

[a] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradovic Square 6, 21000 Novi Sad, Serbia, lmilan@uns.ac.rs, milansim@uns.ac.rs, pitka@uns.ac.rs, andrijana.jovic@uns.ac.rs, mlekovic@uns.ac.rs*

Abstract: *There are certain differences in the character of public transport in larger and smaller cities. In larger cities, urban transport is more pronounced, which takes place in a narrower - continuously built-up area. In smaller cities, as is the case with Stara Pazova and Indjija, suburban transport is more pronounced, which is organized as part of local and intercity transport. Although the same socio - economic and spatial characteristics between the municipality of Stara Pazova and the municipality of Inđija, the characteristics of daily migrations of passengers differ significantly. Analyzing the manner of regulation and conduct of public transport on the territories of the municipality of Stara Pazova and the municipality of Indjija, certain shortcomings in the organization of public transport on their territory were concluded.*

Key words: *public passenger transport, comparative analysis, Indjija, Stara Pazova*

Apstrakt*: U karakteru javnog prevoza kod većih i manjih gradova javljaju se određene razlike. Kod većih gradova jače je izražen gradski prevoz, koji se odvija na užem – kontinualno izgrađenom području. Kod manjih gradova, kakav je slučaj sa Starom Pazovom i Inđijom, jače je izražen prigradski prevoz, koji je organizovan u sklopu lokalnog i međugradskog prevoza. Iako istih socio - ekonomskih i prostornih karakteristika između opštine Stara Pazova i opštine Inđija, značajno se razlikuju karakteristike dnevnih migracija putnika. Analizirajući način regulisanja i odvijanja javnog prevoza na teritorijama opštine Stara Pazova i opštine Inđija, zaključeni su određeni nedostaci u samoj organizaciji javnog prevoza na njihovoj teritoriji.*

Ključne riječi: *Javni prevoz putnika, uporedna analiza, Inđija, Stara Pazova*

1. UVOD

Prema standardima, usluga se definiše kao rezultat aktivnosti između pružaoca usluge (prevoznika), korisnika usluge (putnika) i određenih unutrašnjih aktivnosti usmerenih na zadovoljavanje potreba korisnika. Standardi definišu kvalitet usluge kao i sveukupne karakteristike povezane sa sposobnošću provajdera da zadovolji sve tražene i potencijalne potrebe korisnika. [ISO 8402:1994]

Funkcija sistema javnog gradskog i prigradskog prevoza putnika kao saobraćajne delatnosti je pružanje usluga prevoza na određenom području. Ta delatnost treba da podstiče društveno - ekonomski razvoj gradova i opština u realizaciji programa kompleksnog uređenja prostora. Istovremeno, ona bi trebala da smanji stepen ugrožavanja okoline bukom i zagađivanjem, da doprinese ekonomskom iskorišćenju materijalnih resursa i da poveća mobilnost stanovništva.

Sistem javnog prevoza putnika je oblast od velikog značaja u bilo kom gradu, s obzirom da omogućavaju brzo i neprekidno kretanje većem delu stanovništva, pružajući istovremeno usluge sa niskim cenama i geografsko širenja područja. Takođe, veliki deo urbanih sredina opslužuje se javnim prevozom, ponekad u tolikoj meri da nije potrebno koristiti druga prevozna sredstva. [Alexandru, 2018]

U Dakaru (Senegal) usluge alternativnog prevoza čine dve trećine od 1,1 miliona dnevnih putovanja u javnom prevozu putnika, uključujući različite taksi usluge. [Godard, 2005]

U gradskom području Rio de Žaneira (Brazil), kao i u svim većim gradovima u Brazilu, alternativne usluge prevoza imaju samo mali udeo na tržištu. U ovoj regiji potražnja za alternativnim prevoznim uslugama iznosi 674.000 putnika dnevno, što predstavlja samo 6% ukupne potražnje u sektoru javnog putničkog prevoza. [Romulo, 2015]

U većini evropskih zemalja, javni gradski i prigradski prevoz putnika je shvaćen kao opšti društveni interes, a ne kao prosta komunalna delatnost, čije se prednosti ne mere samo u funkciji broja prevezenih putnika i cene prevoza, već podjednako i u funkciji:

- smanjenje zagušenja u saobraćaju;
- povećanje bezbednosti saobraćaja;
- unapređenje životne sredine;
- povećanje mobilnost stanovništva.

S obzirom na veličinu gradova kao i probleme koji se javljaju kroz gradski transportni sistem, neophodno je sagledati različite strategije razvoja sistema javnog prevoza u zavisnosti od veličine gradova. Danas u svetu postoje dve osnovne strategije u pogledu razvoja gradova, i to „održivi razvoj“ i „kvalitet života“. Strategija „održivog razvoja“ predviđa takav razvoj gradova koji će biti usklađeni sa ekonomskim, društvenim i drugim mogućnostima. Strategija „kvaliteta života“ podrazumeva omogućavanje mobilnosti stanovnika uz kontrolu upotrebe vozila. U Evropskoj Uniji, postizanje ciljeva „održivog razvoja“ i „kvaliteta života“ u odnosu na sistem javnog prevoza ostvaruje se kroz vođenje politike koja kao princip uzima mobilnost stanovništva uz ograničeno korišćenje putničkih automobila.

U karakteru javnog prevoza kod većih i manjih gradova javljaju se određene razlike. Kod većih gradova jače je izražen gradski prevoz, koji se odvija na užem – kontinualno izgrađenom području. Kod manjih naselja, kakav je slučaj sa Starom Pazovom i Inđijom, jače je izražen prigradski prevoz, koji je organizovan u sklopu lokalnog i međugradskog prevoza. Sistem javnog prevoza putnika na teritorijama opština Stara Pazova i Inđija zasnovan je autobuskom podsistemu.

Značajan broj stanovnika Stare Pazove i Inđije ima potrebu za kretanjem ka susednim opštinama. Poseban problem u sistemu javnog prevoza opština Stara Pazova i Inđija predstavlja organizacija linija ka susednim opštinama. Lokalne uprave imaju nadležnost samo na svojoj teritoriji, dok organizacija linija ka susednim opštinama izlazi iz okvira nadležnosti lokalne samouprave.

Predmetni rad se sastoji od pet poglavlja. Nakon prvog, uvodnog dela, sledi drugo poglavlje, u kome su opisane socio-ekonomske karakteristike analiziranih opština. Treće poglavlje predstavlja metodologiju rada, u njemu je opisano kako su vršena istraživanja sistema javnog prevoza putnika, odnosno kako su prikupljani podaci neophodni za istraživanje. Četvrto poglavlje predstavlja rezultate istraživanja, gde su numeričkim i grafičkim putem predstavljene transportne potrebe, transportni zahtevi i transportne ponude analiziranih opština. Na kraju, na osnovu sprovedenih istraživanja, u petom poglavlju, su navedena zaključna razmatranja i diskusija.

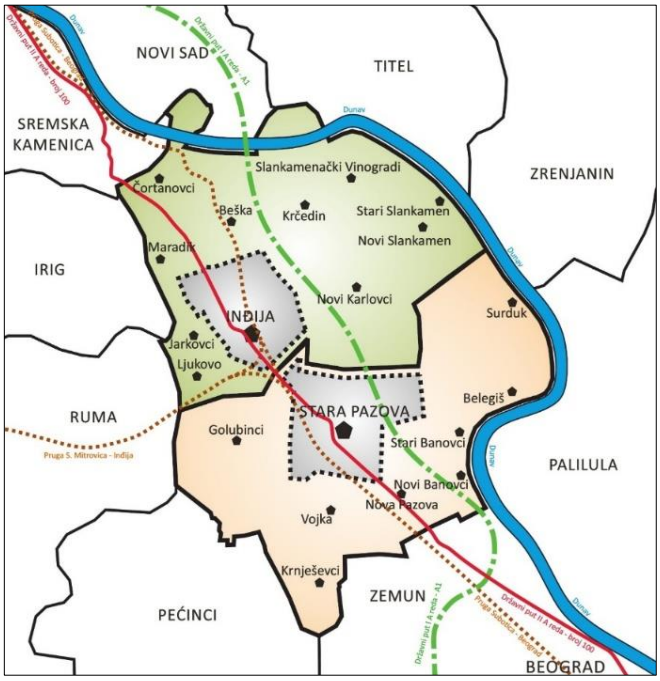
2. OSNOVNE SOCIO-EKONOMSKE KARAKTERISTIKE OPŠTINA

Opština Stara Pazova i opština Inđija se nalaze u severnom delu Srbije, u AP Vojvodina, u sremskom upravnom okrugu. Sedište opštine Stara Pazova je gradsko naselje Stara Pazova, koje je od Beograda udaljeno oko 30 km, a od Novog Sada oko 40 km, dok je sedište opštine Inđija gradsko naselje Inđija, koje je od Beograda udaljeno oko 42 km, a od Novog Sada oko 36 km. Opština Stara Pazova se prostire se na površini od oko 351 km² i sastoji se od ukupno devet naselja (Stara Pazova, Nova Pazova, Novi Banovci, Stari Banovci, Belegiš, Surduk, Golubinci, Vojka i Krnješevci), dok se opština Inđija prostire na površini od oko 384 km², a sastoji se od ukupno 11 naselja (Inđija, Beška, Novi Slankamen, Novi Karlovci, Krčedin, Čortanovci, Maradik, Ljukovo, Stari Slankamen, Jarkovci i Slankamenački Vinogradi). [Wikipedia]

Prema popisu iz 2011. godine, u opštini Stara Pazova je živelo 65.792 stanovnika, sa prosečnom gustinom stanovanja od 187 stanovnika/km², dok je u opštini Inđija živelo 47.433 stanovnika, sa prosečnom gustinom stanovanja od 124 stanovnika/km². Na teritoriji opštine Stara Pazova postoji 11 osnovnih škola, a na teritoriji opštine Inđija postoji 9 osnovnih i 3 srednje škole, koje pohađaju učenici gradskih i prigradskih naselja ovih opština. [Republički zavod za statistiku, 2011]

Na teritoriji opštine Stara Pazova u toku jednog dana realizuje se 1.774 putovanja unutar grada i 9.294 putovanja ka drugim naseljima, dok se na teritoriji opštine Inđija realizuje 2.104 putovanja unutar grada i 3.242 putovanja ka drugim naseljima. [Studije, 2016 i 2017] U 2015. godini, na teritoriji opštine Stara Pazova bilo je registrovano 20.448 motornih i 866 priključnih vozila, dok je na teritoriji opštine Inđija bilo registrovano 13.491 motornih i 562 priključna vozila. [Republički zavod za statistiku, 2015] Ukupna dužina puteva teritoriji opštine Stara Pazova je 104,8 km, a na teritoriji opštine Inđija 109,5 km. [Republički zavod za statistiku, 2016] Kroz obe opštine prolazi državni put I A reda - A1 (E-75) (Beograd – Novi Sad – Subotica – Budimpešta), državni put II A reda broj 100 (Beograd – Inđija – Novi Sad), kao i međunarodna železnička pruga koja se na severu pruža ka Subotici, a na jugu ka Beogradu i Nišu. Takođe, preko teritorije obe opštine protiče reka Dunav.

Obe analizirane opštine su sličnog ekonomskog razvoja, sa velikim potencijalom za privlačenje stranih investicija. Na teritorijama ovih opština trenutno postoji nekoliko industrijskih zona, koje se prostiru na površini od oko 2500 ha, sa velikim brojem novootvorenih radnih mesta.

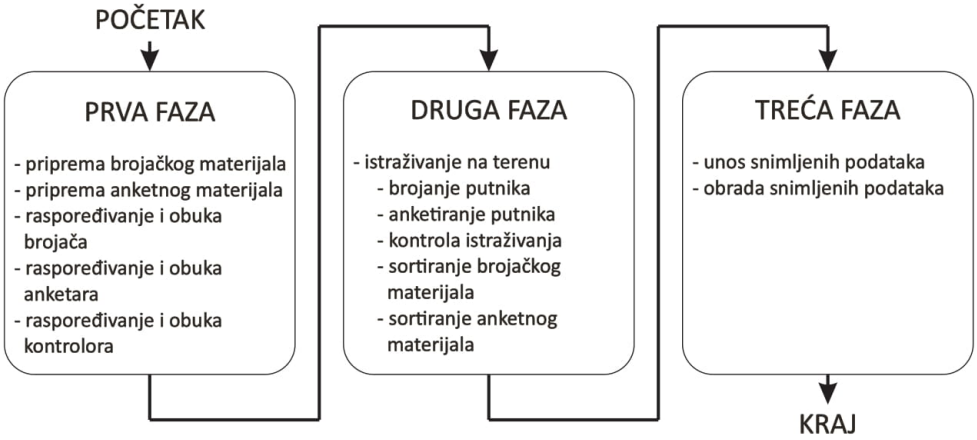


Slika 1. Međusobni geografski položaj opštine Stare Pazove i opštine Inđije

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Na teritoriji opštine Stara Pazova i opštine Inđija istraživanja su vršena u dva vremenska perioda u razmaku od godinu dana. Prvo je vršeno istraživanje na teritoriji opštine Inđija (04.04.2016. godine), a zatim na teritoriji opštine Stara Pazova (12.04.2017. godine). U periodu između dva istraživanja nisu nastale značajnije promene u atrakciji i produkciji putovanja u regionu, a koje bi uticale na validnost rezultata, odnosno dobijeni rezultati su uporedivi.

Za prethodno navedena istraživanja korišćena je ista metodologija. U oba slučaja, istraživanja su obuhvatala brojanje putnika i anketu korisnika. Istraživanje je rađeno u tri faze (Dijagram 1). Prva faza je podrazumevala pripremu materijala, raspoređivanje i obuku istraživača. U okviru druge faze sprovedeno je istraživanje na terenu. A treća faza je podrazumevala unos i obradu podataka.



Slika 2. Tok istraživanja

Brojanje putnika je vršeno na svim gradskim i prigradskim linijama, na svim realizovanim polascima u toku jednog radnog dana. Brojanje je vršeno manuelno, pomoću ljudi - brojača. Brojači su bili raspoređeni po jedan na svaka vrata vozila, koji su na svakom stajalištu vršili evidentiranje ulazaka i izlazaka putnika i vremena polazaka u već pripremljene brojačke obrasce.

Pored brojanja, vršeno je i anketiranje korisnika. Anketa korisnika obuhvatila je tri grupe pitanja. Za potrebe ovog rada izabrana su samo određena pitanja po grupama. Prva grupa pitanja sadrži podatke o korisniku (polna struktura i zanimanja). Druga grupa pitanja sadrži podatke o karakteristikama putovanja (svrha putovanja, učestalost korišćenja javnog prevoza, vrsta karte). Treća grupa pitanja sadrži podatke o kvalitetu usluge (ocena

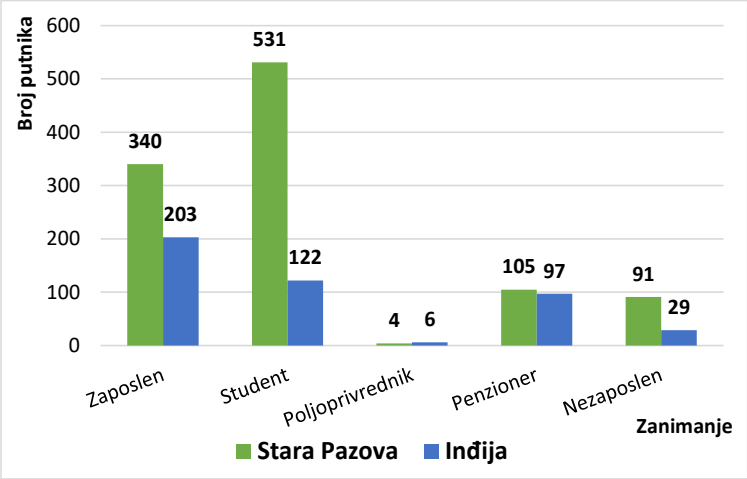
kvaliteta postojećeg sistema, postojeći broj polazaka i nedostaci sistema javnog prevoza). Anketiranje putnika je vršeno u vozilima javnog prevoza slučajnim izborom ispitanika. Postignuti uzorci su reprezentativni i oni iznose: za područje opštine Inđija 8,6%; za područje opštine Stara Pazova 9,7%.

Nakon sprovedenih istraživanja, unos i obrada snimljenih podataka je vršena u programskom paketu Microsoft Excel.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

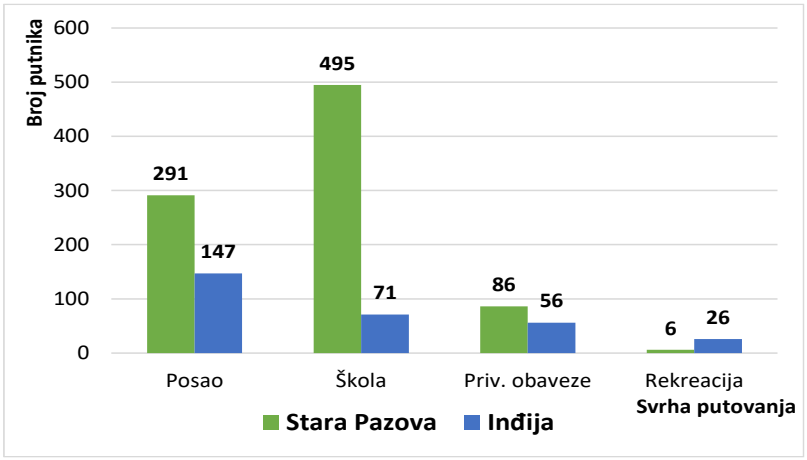
4.1. Uporedna analiza transportnih potreba

Na slici 3 grafički je prikazana struktura zanimanja anketiranih korisnika javnog prevoza na teritorijama analiziranih opština. Na teritoriji opštine Stara Pazova na ovo pitanje je odgovorilo ukupno 1071 korisnika javnog prevoza, a na teritoriji opštine Inđija 457 korisnika javnog prevoza. Zaključuje se, od ukupnog broja anketiranih korisnika na teritoriji opštine Stara Pazova, 340 korisnika od ukupnog broja anketiranih predstavljaju zaposleni, što je za 12,7% manje u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 203 anketiranih korisnika predstavljaju zaposleni. Takođe, na teritoriji opštine Stara Pazova, od ukupnog broja anketiranih korisnika, 531 predstavlja učenike/studente, što je za 22,9% više u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 122 anketirana korisnika predstavlja učenike/studente. Na teritoriji opštine Stara Pazova, od ukupnog broja anketiranih korisnika, 200 predstavlja poljoprivrednike, penzionere i nezaposlene, što je za 10,2% manje u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 132 anketirana korisnika predstavlja poljoprivrednike, penzionere i nezaposlene.



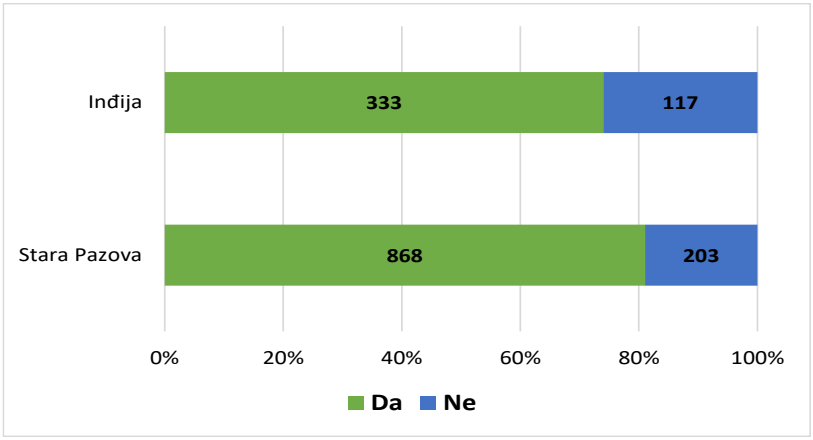
Slika 3. Grafički prikaz strukture zanimanja anketiranih korisnika

Na slici 4 grafički je prikazana svrha putovanja anketiranih korisnika javnog prevoza na teritorijama analiziranih opština. Na teritoriji opštine Stara Pazova na ovo pitanje je odgovorilo ukupno 878 korisnika javnog prevoza, a na teritoriji opštine Inđija 300 korisnika javnog prevoza. Zaključuje se da od ukupnog broja anketiranih korisnika na teritoriji opštine Stara Pazova, 291 korisnik za svrhu putovanja ima posao, što je za 15,9% manje u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 147 anketiranih korisnika za svrhu putovanja ima posao. Takođe, na teritoriji opštine Stara Pazova, od ukupnog broja anketiranih korisnika, 495 korisnika za svrhu putovanja ima obrazovanje, što je za 32,7% više u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 71 anketiranih korisnika za svrhu putovanja ima obrazovanje. Na teritoriji opštine Stara Pazova, od ukupnog broja anketiranih korisnika, 92 korisnika za svrhu putovanja ima privatni posao ili rekreaciju, što je za 16,9% više u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 82 anketirana korisnika za svrhu putovanja ima privatni posao ili rekreaciju.



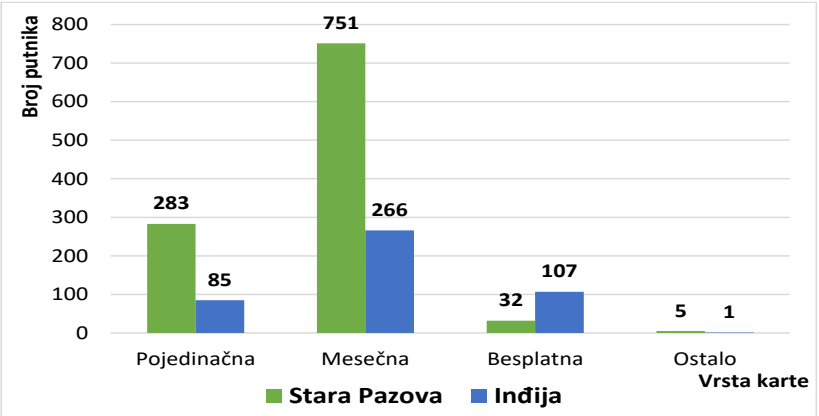
Slika 4. Grafički prikaz svrhe putovanja anketiranih korisnika

Na slici 5 grafički je prikazana struktura odgovora anketiranih korisnika javnog prevoza na pitanje „Da li svakog radnog dana koristite javni prevoz?“. Zaključuje se, od ukupnog broja anketiranih korisnika na teritoriji opštine Stara Pazova, 868 korisnika svakodnevno putuje, što je za 7,0% više u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 333 anketirana korisnika putuje svakodnevno.



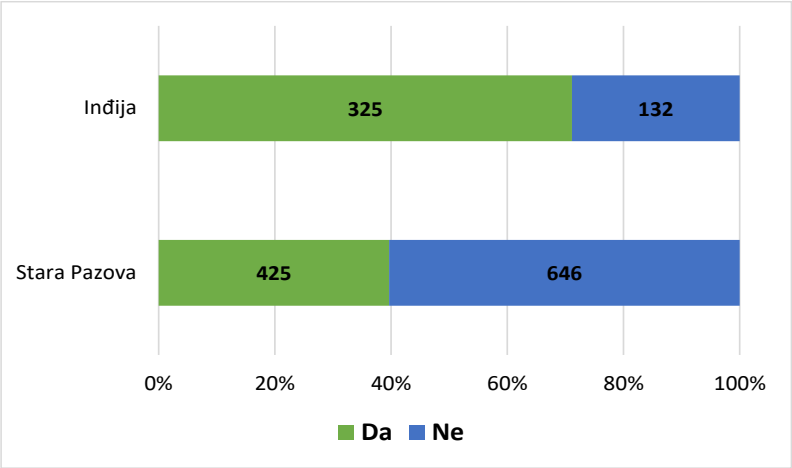
Slika 5. Grafički prikaz odgovora na pitanje „Da li svakog radnog dana koristite javni prevoz?“

Na slici 6 grafički je prikazana struktura odgovora anketiranih korisnika javnog prevoza na pitanje „Koju vrstu karte koristite?“. Zaključuje se, od ukupnog broja anketiranih korisnika na teritoriji opštine Stara Pazova, 282 korisnika koristi pojedinačnu kartu, što je za 7,9% više u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 85 anketiranih korisnika koristi pojedinačnu kartu. Takođe, od ukupnog broja anketiranih korisnika na teritoriji opštine Stara Pazova, 751 korisnik koristi mesečnu kartu, što je za 12,2% više u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 266 anketiranih korisnika koristi mesečnu kartu. Od ukupnog broja anketiranih korisnika na teritoriji opštine Stara Pazova, 32 korisnika koristi besplatnu kartu, što je za 20,3% manje u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 107 anketiranih korisnika koristi besplatnu kartu.



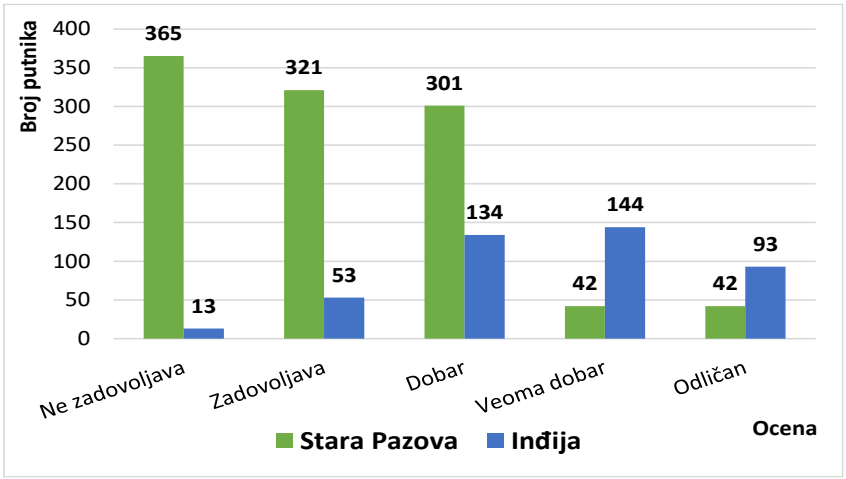
Slika 6. Grafički prikaz odgovora na pitanje „Koju vrstu karte koristite?“

Na slici 7 grafički je prikazana struktura odgovora anketiranih korisnika javnog prevoza na pitanje „Da li Vam odgovara postojeći broj polazaka?“. Zaključuje se, od ukupnog broja anketiranih korisnika na teritoriji opštine Stara Pazova, 425 korisnika odgovara postojeći broj polazaka, što je za 31,4% manje u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 325 anketiranih korisnika odgovara postojeći broj polazaka.



Slika 7. Grafički prikaz odgovora na pitanje „Da li Vam odgovara postojeći broj polazaka?“

Na slici 8 grafički je prikazana ocena javnog prevoza od strane anketiranih korisnika na teritorijama analiziranih opština. Na teritoriji opštine Stara Pazova ukupno je 1071 korisnika ocenilo javni prevoz, dok je na teritoriji opštine Inđija ukupno 437 korisnika ocenilo javni prevoz. Zaključuje se da od ukupnog broja anketiranih korisnika na teritoriji opštine Stara Pazova, 365 korisnika dalo je ocenu „ne zadovoljava“, što je za 31,1% više u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 13 anketiranih korisnika dalo ocenu „ne zadovoljava“. Takođe, na teritoriji opštine Stara Pazova, od ukupnog broja anketiranih korisnika, 321 korisnik je dao ocenu „zadovoljava“, što je za 17,8% više u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 53 anketiranih korisnika dalo ocenu „zadovoljava“. Na teritoriji opštine Stara Pazova, od ukupnog broja anketiranih korisnika, 301 korisnik dao je ocenu „dobar“, što je za 2,6% manje u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 134 anketiranih korisnika dalo ocenu „dobar“. Na teritoriji opštine Stara Pazova, od ukupnog broja anketiranih korisnika, 42 korisnika dalo je ocenu „vrlo dobar“, što je za 29,0% manje u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde 144 anketirana korisnika dalo ocenu „vrlo dobar“. Na teritoriji opštine Stara Pazova, od ukupnog broja anketiranih korisnika, 42 korisnika dalo je ocenu „odličan“, što je za 17,4% manje u odnosu na broj anketiranih korisnika na teritoriji opštine Inđija, gde je 93 anketirana korisnika dalo ocenu „odličan“.

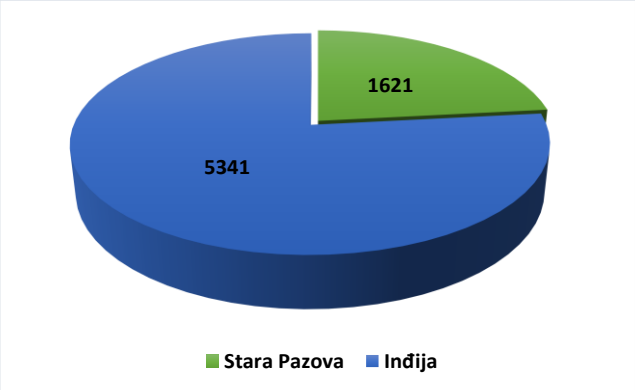


Slika 8. Grafički prikaz ocene javnog prevoza anketiranih korisnika

Na kraju, kada se izračuna ukupna prosečna ocena, javni prevoz na teritoriji opštine Stara Pazova je od ukupnog broja anketiranih korisnika javnog prevoza dobio ocenu 2,1, dok je javni prevoz na teritoriji opštine Inđija od ukupnog broja anketiranih korisnika dobio ocenu 3,6.

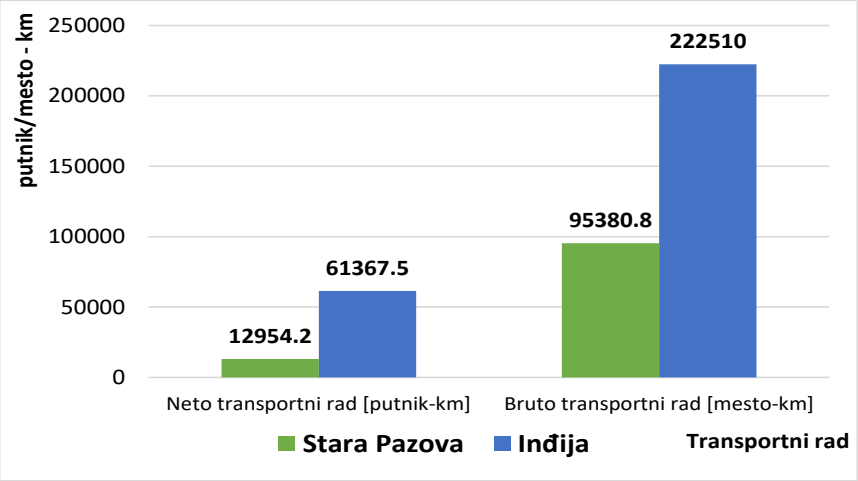
4.2. Uporedna analiza transportnih zahteva

Na slici 9 grafički je prikazan odnos ostvarenog broja putnik vožnji na mreži linija analiziranih opština. Zaključuje se, na mreži linija opštine Stara Pazova realizovano 1621 putnik vožnja, što je 3,3 puta manje u odnosu na mrežu linija opštine Inđija, gde je realizovano 5341 putnik vožnja.



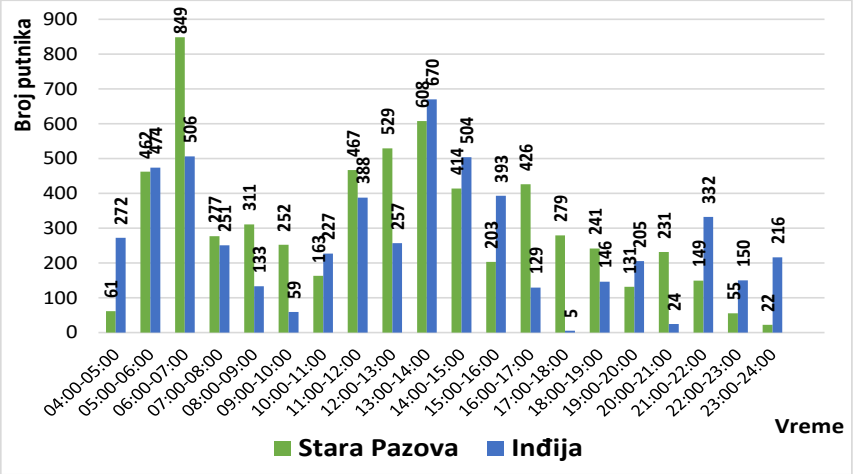
Slika 9. Grafički prikaz ostvarenog broja putnik vožnji po opštinama

Na slici 10 dat je grafički prikaz ostvarenog neto i bruto transportnog rada na mrežama linija analiziranih opština. Na mreži linija opštine Stara Pazova ostvareni bruto transportni rad iznosi 95.381 mesto-km, što je za 2,33 puta manje u odnosu na ostvareni bruto transportni rad na mreži linija opštine Inđija, gde je ostvareno 222.510 mesto-km. Na mreži linija opštine Stara Pazova ostvareni neto transportni rad iznosi 12.955 putnik-km, što je za 4,74 puta manje u odnosu na ostvareni neto transportni rad na mreži linija opštine Inđija, gde je ostvareno 61.368 putnik-km.



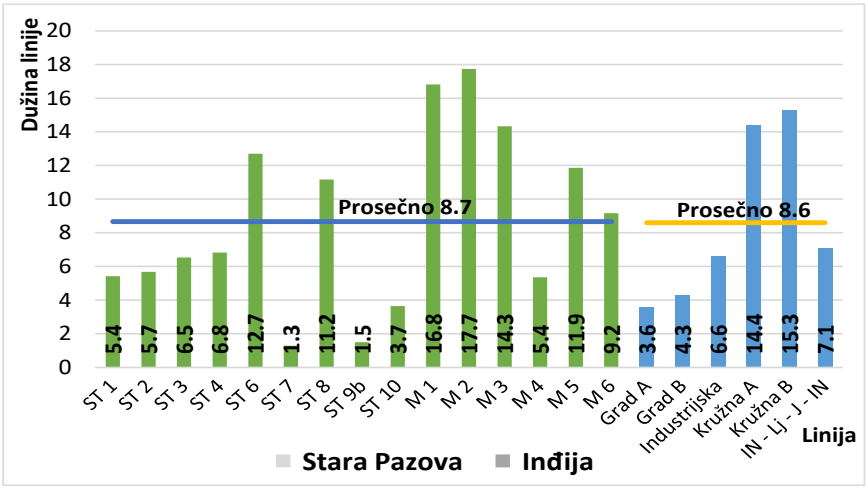
Slika 10. Grafički prikaz ostvarenog transportnog rada po opštinama

Na slici 11 grafički su prikazana časovna opterećenja po analiziranim opštinama. Na mreži linija opštine Stara Pazova jutarnji vršni čas se javio u periodu od 06:00 – 07:00 časova, kada je prevezeno 849 putnika, što je za 32,2% više u odnosu na mrežu linija opštine Inđija, kada je u jutarnjem vršnom času, u periodu od 06:00 – 07:00 časova, prevezeno 506 putnika. Poslepodnevni vršni čas, na mreži linija opštine Stara Pazova, se javio u periodu od 13:00 – 14:00 časova, kada je prevezeno 608 putnika, što je za 9,3% manje u odnosu na mrežu linija opštine Inđija, kada je u poslepodnevnom vršnom času, u periodu od 13:00 – 14:00 časova, prevezeno 670 putnika.



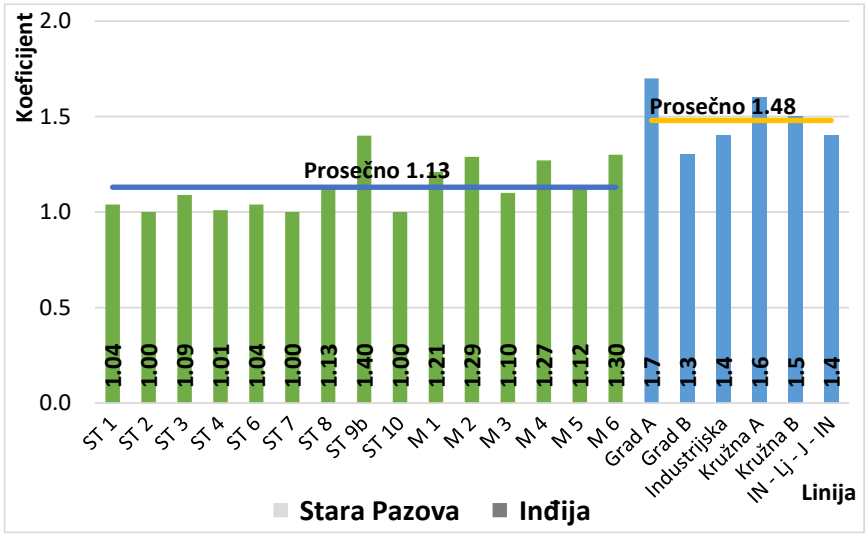
Slika 11. Grafički prikaz vršnih časova po opštinama

Na slici 12 dat je grafički prikaz ostvarene srednje dužine vožnje, u kilometrima, po linijama analiziranih opština. Zaključuje se da je na mreži linija opštine Stara Pazova ostvarena prosečna srednja dužina vožnje od 8,7 km, što je za 1,2% više u odnosu na prosečnu srednju dužinu vožnje na mreži linija opštine Inđija, koja iznosi 8,6 km.



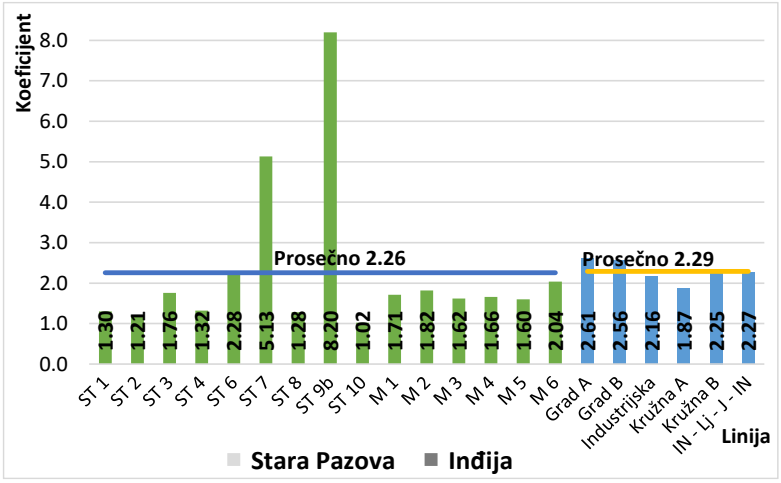
Slika 12. Grafički prikaz srednje dužine vožnje po linijama

Na slici 13 grafički su prikazani koeficijenti izmene putnika po linijama analiziranih opština. Na mreži linija opštine Stara Pazova ostvaren je prosečni koeficijent izmene putnika 1,13, što je za 23,6% manje u odnosu na prosečni koeficijent izmene putnika na mreži linija opštine Inđija, koji iznosi 1,48.



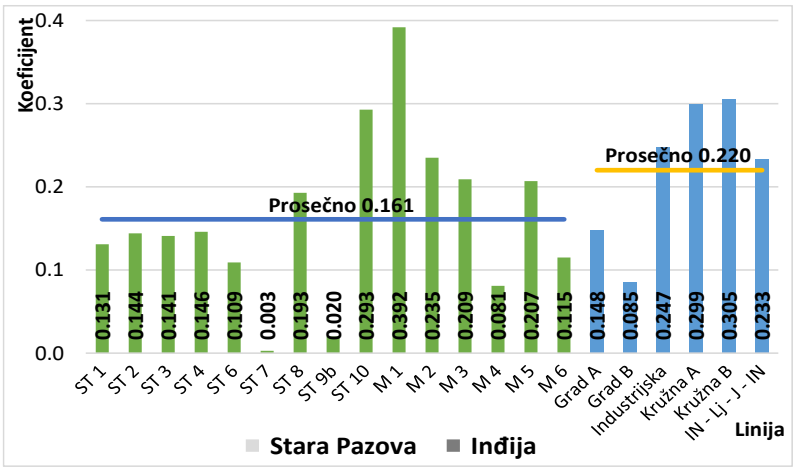
Slika 13. Grafički prikaz koeficijenta izmene putnika po linijama

Na slici 14 grafički su prikazani koeficijenti neravnomernosti protoka po linijama analiziranih opština. Na mreži linija opštine Stara Pazova ostvarena je prosečna neravnomernost protoka putnika 2,26, što je za 1,3% manje u odnosu na prosečnu neravnomernost protoka po linijama opštine Inđija, koja iznosi 2,29.



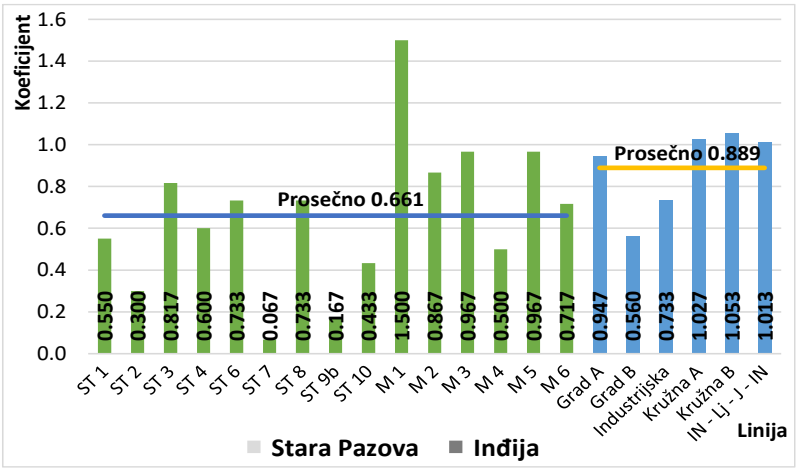
Slika 14. Grafički prikaz neravnomernosti protoka putnika po linijama

Na slici 15 dat je grafički prikaz koeficijenata iskorišćenja prevozne sposobnosti linija analiziranih opština. Na mreži linija opštine Stara Pazova ostvaren je prosečni koeficijent iskorišćenja prevozne sposobnosti linija 0,161, što je za 26,8% manje u odnosu na prosečni koeficijent iskorišćenja prevozne sposobnosti linija na mreži linija opštine Inđija, koji iznosi 0,220.



Slika 15. Grafički prikaz prosečnog koeficijenta iskorišćenja prevozne sposobnosti linija

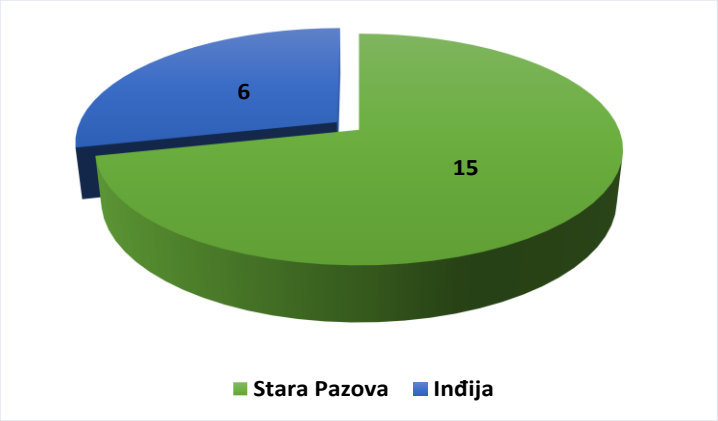
Na slici 16 dat je grafički prikaz koeficijenata iskorišćenja mesta u vozilima na linijama analiziranih opština. Na mreži linija opštine Stara Pazova ostvaren je prosečni koeficijent iskorišćenja mesta u vozilu 0,661, što je za 25,6% manje u odnosu na prosečni koeficijent iskorišćenja mesta na mreži linija opštine Inđija, koji iznosi 0,889.



Slika 16. Grafički prikaz koeficijenta iskorišćenja mesta po linijama

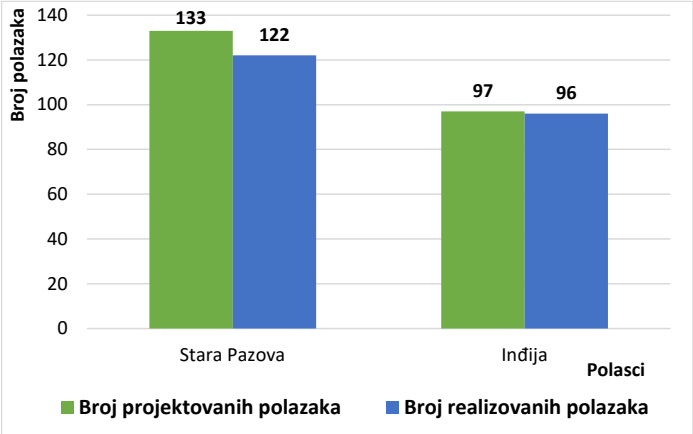
4.3. Uporedna analiza transportne ponude

Na slici 17 dat je grafički prikaz broja linija na teritorijama analiziranih opština. Zaključuje se da na teritoriji opštine Stara Pazova javni prevoz funkcioniše na 15 prigradskih linija, što je za 60,0% više od broja linija na teritoriji opštine Inđija, gde javni prevoz funkcioniše na 6 linije (četiri gradske i dve prigradske linije).



Slika 17. Grafički prikaz broja linija na analiziranim opštinama

Na slici 18 grafički je predstavljen broj projektovanih i broj realizovanih polazaka za analizirane opštine. Zaključuje se, na teritoriji opštine Stara Pazova, prema redu vožnje, projektovano je 133 polaska u toku dana, što je za 27,1% više polazaka u odnosu na opštinu Inđiju, gde je, prema redu vožnje, projektovano 97 polazaka u toku dana. Na teritoriji opštine Stara Pazova na dan brojanja realizovano je 122 polaska, što je za 21,3% više polazaka u odnosu na opštinu Inđiju, gde je na dan brojanja realizovano 96 polazaka.



Slika 18. Grafički prikaz broja projektovanih polazaka po opštinama

5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Analizirajući način regulisanja i odvijanja javnog prevoza na teritorijama opštine Stara Pazova i opštine Inđija, zaključuje se da bitan problem predstavlja neusaglašenost postojećih zakona po kojima se organizacija prigradskog prevoza prepušta opštinama, dok se međumesni prevoz registruje u nadležnom Ministarstvu. To svakako stvara značajne probleme u organizaciji javnog prevoza, tako da opština Stara Pazova nema integraciju za veći broj dnevnih putovanja koja obavljaju njeni stanovnici, a istovremeno ne postoji zakonsko rešenje kojim bi se taj problem rešio.

Dakle, kao jedino rešenje navedenog problema, izdvaja se organizacija javnog prevoza na nivoima regiona.

Takođe, iako istih socio - ekonomskih i prostornih karakteristika između opštine Stara Pazova i opštine Inđija, zbog uticaja blizine opštine/grada Beograda značajno se menjaju karakteristike dnevnih migracija putnika.

Kao rezultat toga, u prigradskom prevozu opštine Stara Pazova ima tri puta manje putnika nego prigradskom prevozu opštine Inđija. Dok su, sa druge strane, daleko izraženija međumesna putovanja.

Pretpostavlja se da je razlog to što se opština Stara Pazova nalazi bliže, odnosno u tzv. "zoni udobnog putovanja", gradu Beogradu, na čijoj teritoriji, odnosno, na čijem gravitacionom području se nalaze odredišna mesta velikog broja putovanja (izvor – cilj).

Iz napred navedenog, zaključuje se da pored karakteristika same opštine, načina regulisanja, na javni prevoz unutar opštine veliki uticaj imaju i spoljašnji faktori, kao što su blizina i veličina atrakcije susednih opština/gradova.

6. REFERENCE

www.wikipedia.com

Simeunović M., Gladović P., Bogdanović V., et al (2017), Studija javnog prevoza na području opštine Inđija. Novi Sad, Serbia

Simeunović M., Gladović P., Papić Z., et al (2017), Studija javnog prevoza na području opštine Stara Pazova. Novi Sad, Serbia

Republički zavod za statistiku (2011), Stanovništvo prema nacionalnoj pripadnosti i polu po opštinama i gradovima. Beograd, Serbia

Republički zavod za statistiku (2015), Registrovana motorna i priključna vozila po opštinama i gradovima. Beograd, Serbia

Republički zavod za statistiku (2016), Godišnji izveštaj, Opštine i regioni u Republici Srbiji. Beograd, Serbia

Alexandru-Mihai Bugheanu (2018), Comparative analysis on public transport system in European capitals: Bucharest & Berlin. Theoretical and Empirical Researches in Urban Management, Volume 13 Issue 2: 65 - 75.

Godard X., (2005) Dakar Experience in Bus Reform. Report for the World Bank Group, INRETS.

Romulo Dante Orrico Filho, Renato Guimaraes Ribeiro, Mame Khadidiatou Thiam (2015), A comparative study of the organization of alternative transport in the cities of Rio de Janeiro and Dakar. In: Case Studies on Transport Policy 3 (2015) 278 – 284

ISO 8402:1994. Quality Management and Quality Assurance - Vocabulary, 2nd edition, ISO - International Organization for Standardization. 39 p.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

STANDARDS OF THE BUS RAPID TRANSIT SYSTEM OF PASSENGERS IN CITIES

STANDARDI SISTEMA BRZOG AUTOBUSKOG TRANSPORTA PUTNIKA U GRADOVIMA

Pavle Gladović[a], Vladimir Popović[b], Vesko Lukovac[c], Milan Stanković[b]

[a] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradovic Square 6, 21000 Novi Sad, Serbia, anaipavle@gmail.com*

[b] *College of Applied Technical Sciences Nis, Serbia, msv.popovic@gmail.com, milanst08@gmail.com*
[c] *University of Defence Belgrade, Military Academy, lukovacvesko@yahoo.com*

Abstract: *The paper presents the structure of applied standards of the Bus Rapid Transit (BRT) system in cities, which are defined with the aim to create a common definition of this system and recognize high - quality BRT corridors around the world. The system also functions as a technical tool to guide and encourage local communities to consider the key characteristics of the best BRT corridors as they move through the design process. Despite the growing prevalence, reputation and success of BRT, many are still unaware of the characteristics of the best BRT corridors and their ability to provide the levels of service that are typical of the metro and subway. Before to the introduction of the BRT standard, there was no common understanding of what is BRT, which caused confusion regarding the concept.*

Key words: *Public Transport of Passengers, Bus Rapid Transit System, Standards, Corridor*

Apstrakt*: U radu je prikazana struktura primenjenih standara sistema brzog autobuskog transporta (BRT), u gradovima, koji su definisani sa ciljem da se stvori zajednička definicija ovog sistema i da se prepoznaju visokokvalitetni koridori BRT-a širom sveta. Takođe sistem funkcioniše kao tehničko sredstvo za vođenje i ohrabrivanje lokalnih zajednica da razmotre ključne karakteristike najboljih BRT koridora tokom kretanja kroz proces dizajniranja. Uprkos sve većoj rasprostranjenosti, ugledu i uspesima BRT, mnogi još uvek nisu svesni karakteristika najboljih BRT koridora i njihove sposobnosti pružanja nivoa usluge koje su tipične za metro i podzemnu železnicu. Pre uvođenja BRT standarda nije postojalo zajedničko razumevanje šta je BRT, što je uzrukovalo konfuziju u vezi sa konceptom.*

Ključne reči: *javni gradski putnički transport, sistem brzog autobuskog transporta, standardi,koridor*

1. UVOD

Sistem brzog autobuskog transporta putnika u gradovima - Bus rapid transit ili BRT, koji se takođe naziva autobus ili tranzit, je sistem javnog gradskog transporta putnika (JGTP) koji se zasniva na autobusu, a dizajniran je da poboljša kapacitet i pouzdanost u odnosu na klasični autobuski sistem. Obično, sistem BRT uključuje saobraćajnice namenjene autobusima i daje prednost autobusima na raskrsnicama gde autobusi mogu komunicirati sa drugim vidovima JGTP-a. Pored karakteristika dizajna za smanjenje kašnjenja uzrokovanih ulaskom ili izlaskom putnika u autobuse ili kupovinom karata. BRT ima za cilj da kombinuje kapacitet i brzinu metroa sa fleksibilnošću, nižim troškovima i jednostavnošću autobuskog sistema. Prvi sveobuhvatni sistem BRT-a u svetu bio je Autoput u Runcorn New Town-u, Engleska, koji je počeo da se koristi 1971.godine. Od marta 2018. godine, ukupno 166 gradova na šest kontinenata implementirali su BRT sisteme, koji predstavljaju 4.906 km. traka BRT i oko 32.2 miliona prevezenih putnika svaki dan, od čega se oko 19.6 miliona putnika vozi dnevno u latinskoj Americi koja ima najviše gradova sa BRT sistemima (čak 54), a predvodi ih Brazil sa 21 gradom. Latinoameričke zemlje sa najviše dnevnog prevoza putnika sistemom BRT-a su Brazil (10.7 miliona), Kolumbija (3.06 miliona) i Meksiko (2.5 miliona). U ostalim zemljama sveta, u Kineskim gradovima se ovim sistemom preveze 4.3 miliona a u Iranu 2.1 miliona putnika dnevno. Trenutno se Trans Jakarta smatra najvećom BRT mrežom na svetu sa oko 251,2 kilometra koridora koji povezuju glavni grad Indonezije (slika 1.).



Slika 1. Izgled BRT sistema „TransJakart-e“

U sistemu BRT-a, uveden je standard koji funkcioniše kao alat za planiranje odnosno sistem bodovanja kao sredstvo za postizanje zajedničke definicije BRT-a. Definisanjem bitnih elemenata BRT-a, pruža se okvir dizajnerima sistema, donosiocima odluka i zajednici održivog transporta putnika u gradovima da indifikuju i primene visokokvalitetne BRT koridore. BRT standard slavi gradove koji vode na putu izvrsnosti BRT-a i nudi smernice zasnovane na najboljoj praksi onima koji planiraju ovakav sistem.

Sertifikovanje BRT koridora kao osnovnog BRT-a, broza, srebro ili zlato ga svrstavaju u hijerarhiju najboljih međunarodnih praksi. Gradovi sa sertifikovanim BRT koridorima su signali napretka koji su usvojili vrhunski oblik masovnog transporta, uzdižući JGTP na novi nivo izvrsnosti. Elementi koji daju bodove BRT standardu ocenili su stručnjaci BRT-a u širokom kontekstu. Kada su prisutni ovi elementi rezultiraju konstantno poboljšanim perfomansama sistema i imaju pozitivan uticaj na vozačku sposobnost. Međutim, ako je sertifikovano kao zlato ili srebro, ne znači nužno da je koridor skup ili komplikovan, jer su mnoge karakteristike BRT-a niske cene ili čak bez troškova. Čak i relativno jednostavan sistem može postići visoku cenu ako se pažnja posveti dizajnerskim odlukama.

2. ZAŠTO JE NASTAO BRT SISTEM

BRT sistem (slika 2.) je razvijen da stvori visokokapacitetne koridore za transport putnika u gradovima. Ovaj sistem funkcioniše kao tehničko sredstvo za vođenje i ohrabrivanje lokalnih zajednica da razmotre ključne karakteristike najboljih BRT koridora tokom kretanja kroz proces dizajniranja. Uprkos sve većoj rasprostranjenosti, ugledu i uspesima BRT, mnogi još uvek nisu svesni karakteristika najboljih BRT koridora i njihove sposobnosti pružanja nivoa usluge koje su tipičnije za metro i podzemnu železnicu. Iako se novi BRT koridor svetske klase i dalje primenjuje, nedostatak kontrole kvaliteta često dovodi do toga da se skromna poboljšanj autobuskog koridora označe kao BRT ili da ključne komponente BRT-a planiranih koridora budu izostavljene zbog finansiskih ili političkih briga. Ovo je često rezultiralo sklonošću ka železnici gde bi BRT bio isplativije i jednako elegantno rešenje zbog čega standardi nastoje da ovo pitanje reše stvaranjem zajedničke definicije BRT-a i njegovih ključnih karakteristikai boljim razumevanjem rezultujećeg nivoa kapaciteta, brzine i usluga pomoću uključenih funkcija. BRT takođe igra važnu ulogu u glavnim naporima za smanjeje emisije izduvnih gasova iz saobraćaja. Kako ove emisije iz upotrebe putničkih vozila rastu, prebacivanje ovih putovanja na sistem JGTP-a i izbegavanjem novih putovanja putničkim vozilima može se postići poboljšanjem kvaliteta BRT-a.



Slika 2. BRT sistem

3. BRT STANDARDI

Dva odbora upravljaju standardom BRT-a: tehnički komitet i institucionalni zagovornici. Institut za razvojnu i transportnu politiku (ITDP) trenutno saziva dva odbora. Tehnički odbor BRT standarda je sastavljen od renomiranih stručnjaka u BRT-u. Ovaj odbor služi za utvrđivanje zdravih saveta u vezi sa BRT-om i osnova je za utvrđivanje verodostojnosti BRT standarda.Tehnički odbor sertifikuje koridore i po potrebi preporučuje revizije standarda BRT-a. Detaljne podatke o emisiji za autobuse preporučio je Međunarodni savet za transport, neprofitna organizacija specijaizovana za efikasnot vozila i standarde goriva. Institucionalni učesnici su integrisana grupa veoma cenjenih institucija u oblasti gradnje u gradovima, sistema JGTP-a i procesa vrednovanja BRT standarda. Svi se zalažu za kvalitetan JGTP i njegov uticaj na društveni i ekonomski razvoj. Učesnici uspostavljaju strateški pravac BRT standarda, osiguravanja da BRT projekti rangirani po sistemu bodovanja podržavaju ciljeve BRT standarda i promovišu BRT standarad kao kvalitetan za BRT širom sveta.

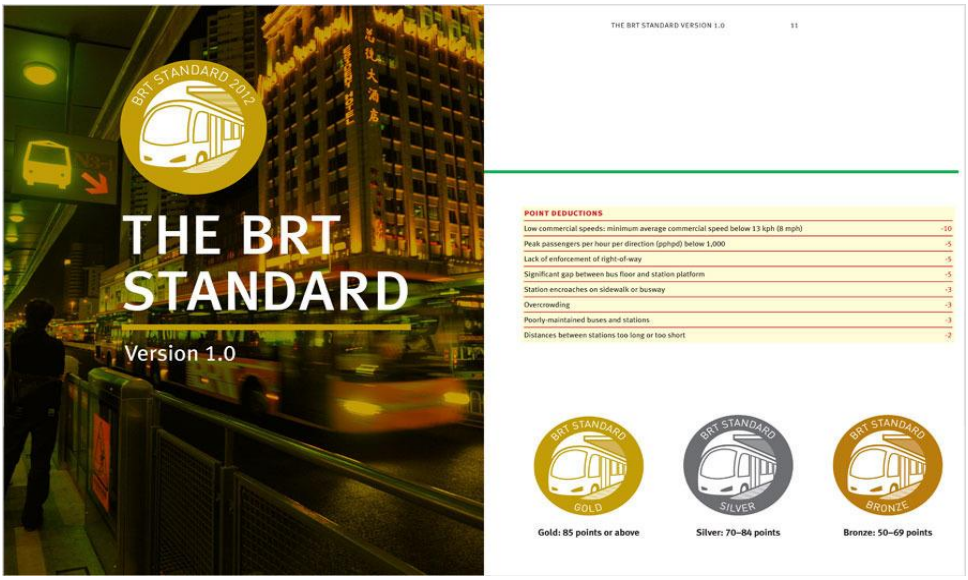
BRT standard se analizira i ažurira najmanje svake 3 godine od strane Tehničkog odbora. Članovi Tehničkog odbora pružaju dobradošlicu od strane drugih stručnjaka iz ove oblasti, koje će uzeti u obzir i pokrenuti ozbiljnu raspravu ako je potrebno.

BRT standardi su zasnovani na sistemu bodovanja, a stvoreni su kao način zaštite marke BRT i nude prepoznavanje visokokvalitetnih BRT koridora širom sveta. Sertifikacija BRT koridora kao zlatnog, srebrnog, bronzanog ili osnovnog predstavlja međunarodno priznati standard trenutno naljboljeg u praksi BRT-a. Koridori se ocenjuju na dva načina: Dizajn i Popunjenost. Bodovanje dizajna je odraz kvaliteta BRT koridora zasnovan isključivo na implementiranom dizajnu i uslugama. Ovaj rezultat dizajna predstavlja maksimalni potencijal performansi na koridoru. Bodovi se dodeljuju za elemente dizajna koridora koji značajno poboljšavaju brzinu, kapacitet, pouzdanost i kvalitet usluge BRT-a. Kompletan rezultati su najpotpuniji i narealniji pokazatelj performansi koridora BRT. Kompletan rezultat kombinuje dizajnerski rezultat sa odbicima operacija, gde se bodovi oduzimaju od rezultata na osnovu operativnih elemenata koji značajno smanjuje performanse koridora i kvalitet usluge. Kompletni rezultati mogu se proceniti samo šet meseci nakon što je koridor pokrenuo komercijalne operacije, kako bi omogućili da upotreba i operacije budu reprezentativniji za dugoročne obrasce.



Slika 3. Ocena BRT standarda

Kriterijumi za bodovni sistem - Kriterijumi za određivanje bodovnog sistema su sledeći: kriterijumi bi trebalo da deluju kao posrednici za bolju uslugu (brzina,kapacitet, pozdanost i udobnost). Bodovi bi trebalo biti dodeljeni na osnovu opšteg koncenzusa među stručnjacima BRT-a o tome šta predstavlja najbolju praksu u planiranju, dizajnu i operacijama koridora BRT i relativnom značaju tih faktora. Bodovi bi trebali nagraditi dobre, često politički izazovne dizajnerske i operativne odluke koje je doneo projektni tim, što će rezultirati boljim performansama, a ne nagrađivanjem karakteristika koje mogu biti urađene u koridoru, kao što su geografski položaj ili vremenske prilike. Metričke vrednosti i ponderisanje bi trebalo da budu laki i na pravi način primenjivi, na širok raspon BRT koridora u različitim konteksima – od niže vožnje , manjih koridora do većih koridora velikih količina. Osnova za rezultat bi trebal biti razumno transparetna i nezavisno poverljiva bez pribegavanja informacijama koje se ne mogu lako dobiti.



Slika 4. BRT standard i tabela sa poenima

Maksimum broj poena koje koridor može da osvoji je 100. Bronza, srebro i zlato rangiraju sve dobro osmišljne koridore koji su postigli izvrsnost. Rangiranje osnovnih BRT-a znači da koridori imaju minimum kriterijuma kao BRT ali nisu još uvek dostigli isti nivo kao oni koji su osvojili bronzu, srebro ili zlato.

Srebrni standard BRT-a od 70-84,9 bodova. Srebrni standard BRT-a uključuje većinu elemanta međunarodnih praksi i verovatno će biti efikasan na bilo kom koridoru sa dovoljnom potražnjom da opravda ulaganja u BRT. Ovi koridori postizu visoke operativne performanse i kvalitet usluge.

Bronzani standrad BRT-a od 55-69,9 bodova. Bronzani standarad BRT-a u potpunosti odgovara definiciji, BRT-a i uglavnom je u skladu sa međunarodnom praksom. Bronzani standard BRT-a ima neke karakteristike koje ga uzdižu iznad osnova BRT-a dostižu veću veću operativnu efikasnost ili kvalitet usluge u odnosu na osnovni BRT. Zlatni standard BRT-a sadrži od 85 bodova ili iznad. Zlatni standard BRT-a je gotoo u skladu sa najboljim međunarodnim praksama. Ovim kordinatorima se postiže najviši nivo operativnih performansi i efikasnosti, istovremeno pružajući visok kvalitet usluge. Zlatni nivo je dostižan na bilo kojem koridoru sa dovoljnom potražnjom da opravda ulaganje BRT-a. Ovi koridori imaju najveću sposobnost da inspirišu, kao i druge gradove. Osnovni BRT se odnosi na osnvni podskup elemenata koje je Tehnički odbor smatrao ključnim za definisanje BRT-a. Ova minimalna kvalifikacija preduslov je za dobijanje zlatnog, srebrnog ili bronzanog ranga.

4. BODOVANJE KORIDORA BRT-A

Rezultati koridora su izračunati na osnovu detaljnog sistema bodovanja (primer bodovanja – tabela 1.). Rezultati se dostavljaju Tehničkom odboru i verifikuju ih pojedini članovi Tehničkog odbora. Nakon što je jedan član verifikovao rezultat, on se može objaviti u javnosti. U idealnom slučaju,više od jedne osobe će oceniti svaki koridor. Koridori se posećuju tokom vršnog opterećenja, a poseta mora da uzme u obzir tri najprometnije stanice na koridoru. Izveštaji o rezultatima biće dokumentovani tekstom i/ili fotografijama i mogu da sadrži samo elemente koji postoje, osim ako se standardom ne zahteva drugačije (npr.element Multi- koridor mreže). Ako bilo koji element za ocenjivanje koridora zahteva prikupljanje podataka sa više od deset stanica, tada se može zameniti nasumični niz od najmanje 5 stanica.

Tabela 1. Primer bodovanja koridora BRT-a

Corridor Configurations	POINTS	WEIGHTED BY
TIER 1 CONFIGURATIONS		
Two-way median-aligned busway in the central verge of a two-way road	8	
Bus-only corridor where there is a fully exclusive right-of-way and no parallel mixed traffic, such as a transit mall (e.g., Bogotá, Colombia; Curitiba, Brazil; and Quito, Ecuador) or a converted rail corridor (e.g., Cape Town, South Africa, and Los Angeles)	8	
Busway that runs adjacent to an edge condition like a waterfront or park where there are few intersections to cause conflicts	8	
Busway that runs two-way on the side of a one-way street	6	
TIER 2 CONFIGURATIONS		
Busway that is split into two one-way pairs on separate streets, with each bus lane centrally aligned in the roadway	5	% of corridor with type of dedicated right-of-way
Busway aligned to the outer curb of the central roadway on a street with a central roadway and parallel service road	4	
Busway aligned to the inner curb of the service road on a street with a central roadway and parallel service road. Busway must be physically separated from other traffic on the service road to receive points	4	
Busway that is split into two one-way pairs on separate streets, with each bus lane aligned to the curb	3	
TIER 3 CONFIGURATIONS		
Virtual busway that operates bidirectionally in a single median lane that alternates direction by block.	1	
NON-SCORING CONFIGURATIONS		
Curb-aligned busway on a two-way road	0	

Puni rezultati pomoću BRT standarda uključuje dizajn i operativne odbitke. Dizajnerske ocene mogu se dobiti u bilo kom trenutku nakon otvaranja koridora. Odbici poslovanja mogu se proceniti tek nakon što koridor bude u komercijalnoj funkciji najmanje 6 meseci. Dizajnerske ocene i puni rezultati su službeni nakon što ih verifikuje član Tehničkog odbora. Svi koridori BRT-a koji prethodno nisu ocenjivani ispunjavaju uslove za bodovanje; predhodno postignuti koridori mogu se resetovati na zahtev ako su doživeli značajne promene u dizajnu ili operacijama od poslednje procene.

Kada je koridor ponovo uklonjen, opravdanost ponovnog postavljanja koridora takođe će se primetiti kada se objavi novi rezultat. Bodovi će se objavljivati svake sledeće godine i koristiće se kao sredstvo za upoređivanje i veličanje onih koji su doneli politički hrabru i tehnički tešku odluku potrebnu za primenu pravog BRT-a.

BRT standard se primenjuje na određenje BRT koridore, a ne na BRT sistem u celini. To je zato što kvalitet BRT-a u gradovima masa više koridora može značajno da se razlikuje. Za potrebe BRT standarda BRT koridor se definiše kao: Deo putnih ili susednih puteva kojima saobraćaju autobusi ili više autobuskih linija sa dužinom od 3km (1,9 milja) koji ima namenske autobuske trake. Primarni razlog za definisanje koridora na ovaj način je taj što u nekim naseljima BRT ne daje prioritet automobilskom saobraćaju, što je suštinski element u brzom tranzitu koji poboljšava efikasnost i troškove. Da bi se izbeglo nagrađivanje koridora koji čine ovaj politički izbor, koridor treba definisati kao uključivanje namenskih autobuskih traka. Spur- kratki deo namenskih traka za autobus, koji se povezuje sa srednjim delom koridora ako je dužina manja od 3km. Slični delovi namenskih traka za autobuse veće od 3km smatraju se zasebnim koridorima.

5. ZAKLJUČAK

Danas u svetu postoje mnogo inovacije koje pružaju veliki broj mogućnosti. Sa razvijanjem drumskog saobraćaja potrebno je razvijati i nove sisteme koji će omogućiti lakši transport ljudi i dobara svugde, kako u gradovima pa tako i izvan gradova. Jedan od sistema u gradskom transportu putnika koji se je pojavio jeste BRT sistem koji se i dan danas u velikim gradovima razvija kako bi JGTP funkcionisao. Podaci o bezbednosti u saobraćaju su od vitalnog značaja za obezbeđivanje bezbednog rada saobraćaja BRT sistema i za procenu napora da se poboljša bezbednost. Svi gradovi treba da prikupljaju podatke o bezb ednosti u saobraćaju i da objavljuju ove informacije kako bi mogao da se prati napredak.

Od puštanja u rad prvog sistema 1974. godine u brazilskom gradu Kuritiba, BRT se razvio u uspešnu priču u celom svetu. Za BRT ne postoji standardno rešenje. Jedan od centralnih faktora uspeha je fleksibilno prilagođavanje sistema specifičnim okolnostima u svakom gradu pojedinačno. BRT sistemi danas funkcionišu na svim kontinentima i u najrazličitijim gradovima – od velegrada kao što su Istanbul, Rio de Žaneiro i Meksiko Siti pa sve do manjih evropskih gradova poput Strazbura i Nanta u Francuskoj. Od 2008. godine više od polovine svetske populacije živi u gradovima. Ujedinjene Nacije očekuju da će do 2050. godine taj udeo dostići 70 procenata, pri čemu će svetska populacija i dalje rasti. Potreba za mobilnošću ljudi je u porastu – takođe i u metropolama koje doživljavaju pravi bum. Ovaj izazov se više ne može rešiti individualnim saobraćajem. Izlaz iz saobraćajnog kolapsa zove se BRT. Uspešni BRT sistem se sastoji iz dobro planiranih pojedinačnih komponenti, koje su optimalno međusobno usklađene. Samo globalnim principom planiranja, koji uzima u obzir sve relevantne aspekte, BRT sistem može u potpunosti da pokaže svoje prednosti.

U Srbiji BRT još ne postoji, a pre svega zbog novčanih sredstava za izgradnju kontrolnog centra, kupovinu vozila i izgradnju infrastrukture sa pratećim stanicama i stajalištima. Kontrolni centar zahteva veliki broj ozbiljnih inženjera koji će pratiti i voditi saobraćaj po svim standardima koje BRT mora da ispunjava. Vozila su novije generacije, pa samim tim su skupa za kupovinu i održavanje. Infrastruktura je takođe jedan od najbitnijih faktora za pouzdanost BRT-a, a pre svega izgradnja dodatnih saobraćajnih traka za kretanje vozila BRT-a. Pored puta, stanice i stajališta mora da su modernog izgleda, većeg kapaciteta za prihvat putnika i uređena na takav način da budu bezbedna za ulazak i izlazak putnika iz vozila BRT prevoza.

6. LITERATURA

[1] Tica.S. Sistemi transporta putnika, Saobraćajni fakultet, 2002.

[2] Vuchic V. Urban Transport Operation, Planning and Economics, New Jersey.John Viley&Sons Inc, 2005.

[3] Vuchic V.Urban Tranzit Systems and Tehnology, , New Jersey.John Viley&Sons Inc, 2007.

[4] Vuchic V. Javni gradski prevoz, Naučna knjiga, Beograd 1987.

[5] UITP, Public Transport in 2020:From vision to action, Brussels, 2010.

[6] https://en.wikipedia.org/wiki/Bus_rapid_transit

[7] https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/

[8] http://www.mikroelektronika.com/en/bus-rapid-transit-brt?lang=en

[9] https://www.ctc-n.org/technologies/bus-rapid-transit

[10] file:///D:/Downloads/BRT2016-REV7.75%201.pdf

[11] http://www.busandcoach.travel/ru/iru/bus_rapid_transit_brt.htm

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ACTION OF CONTROL OF TECHNICAL CORRECTNESS OF MOTOR VEHICLES ON THE INCREASE OF TRAFFIC SAFETY IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

AKCIJA KONTROLE TEHNIČKE ISPRAVNOSTI MOTORNIH VOZILA NA POVEĆANJE BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA U REPUBLICI SRPSKOJ

Tihomir Đurić[a], Miroslav Pavlović[a], Vladan Đurić[b], Drago Kovačević[c]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, drtihodj@gmail.com*

[b] *D.O.O. "Interdom" Banja Luka, Republika Srpska, vladandjuric92@gmail.com*

[c] *D.O.O. "3 D Izvor" Gradiska, Republika Srpska, dragokovacevic85@gmail.com*

Abstract: *The technical correctness of vehicles that participate in traffic is directly related to traffic safety and the economic situation in society, ie. drivers, ie vehicle owners are usually not able to adequately maintain their vehicles due to the fact that incomes in the Republika Srpska and BiH are insufficient. Every investment in vehicle maintenance is a direct attack on the budget of one family, and for that reason the owner of the vehicle is forced to allocate the minimum possible amount of money for maintenance. Most often, vehicle owners buy parts for the vehicle that are of poor quality, used parts and even used tires. They are obliged to take the necessary measures so that the vehicles are in good condition and to have the prescribed devices and equipment, the correctness of which contributes to the safe conduct of road traffic and the protection of people and goods. Vehicle tehnical inspection represents one of the most important measures of the social intervention in the area of traffic safety. Within the mechanical inspection, the condition of different parts and devices of the vehicle is controlled, but the biggest significance from the traffic safety aspect has the control of vehicle and steering system. For the analysis of technically correct devices for stopping, control and light-signaling devices, the period from 2003 to 2021 was analyzed and analyzes of results by areas of monitoring were presented.*

Key words: *vehicle technical functionality, traffic safety and vehicle technical examination*

Apstrakt*: Tehnička ispravnost vozila koja učestvuju u saobraćaju direktno je vezana za bezbjednosti saobraćaja i za ekonomsko stanje u društvu, tj. vozači, odnosno vlasnici vozila najčešće nisu u prilici da adekvatno održavaju svoja vozila iz razloga što su primanja u Republici Srpskoj i BiH nedovoljna. Svako ulaganje u održavanje vozila je direktan napad na budžet jedne porodice, te iz tog razloga vlasnik vozila je primoran da u održavanje izdvaja najminimalniju moguću svotu novca. Najčešće vlasnici vozila kupuju dijelove za vozilo koji su lošeg kvaliteta, polovne dijelove pa čak i polovne pneumatike. Dužni su da preduzimaju potrebne mjere da vozila budu u ispravnom stanju i da imaju propisane uređaje i opremu, čija ispravnost doprinosi bezbjednom odvijanja drumskog saobraćaja i zaštiti ljudi i dobara. Tehnički pregled vozila predstavlja jednu od najvažnijih mjera društvene intervencije u oblasti bezbjednosti saobraćaja. U okviru tehničkog pregleda kontroliše se stanje različitih sklopova i uređaja vozila, ali najveći značaj sa aspekta bezbjednosti saobraćaja ima kontrola kočionog i upravljačkog sistema vozila. Za analizu tehnički ispravnih uređaja za zaustavljanje, upravljanje i svjetlosno-signalnih uređaja, analiziran je period od 2003. do 2021. godine i predstavljene su analize rezultati po oblastima praćenja.*

Ključne riječi: *tehnička ispravnost vozila, bezbjednost saobraćaja i tehnički pregled vozila*

1. UVOD

Tehnička ispravnost vozila koja učestvuju u saobraćaju direktno je vezana i za ekonomsko stanje u društvu, tj. vozači, odnosno vlasnici vozila najčešće nisu u prilici da adekvatno održavaju svoja vozila iz razloga što su primanja u Republici Srpskoj i BiH nedovoljna.

Svako ulaganje u održavanje vozila je direktan napad na budžet jedne porodice, te iz tog razloga vlasnik vozila je primoran da u održavanje izdvaja najminimalniju moguću svotu novca. Najčešće vlasnici vozila kupuju dijelove za vozilo koji su lošeg kvaliteta, polovne dijelove pa čak i polovne pneumatike.

Kroz praksu primjećene su pojave da vozači posuđuju kompletne točkove kako bi prošli na redovnom godišnjem tehničkom pregledu, a nakon toga ponovo vraćaju svoje istrošene pneumatike koji ne garantuju bezbjednu vožnju. Zato je potrebno aktivirati sve relevantne subjekte društva da svojim učešćem i djelovanjem daju puni doprinos povećanju stepena tehničke ispravnosti motornih vozila, a samim tim i povećanju nivoa bezbjednosti saobraćaja. Većina zemalja u svijetu sa kvalitetnijom kontrolom u stanicama za tehničke preglede, kvalitetnijim održavanjem i opravkom motornih vozila, proizvodnjom i prodajom novih vozila, smanjenjem prosječne starosti motornih vozila na putevima, smanjila je broj neispravnih vozila, a samim tim se i smanjio rizik, odnosno povećala bezbjednost u saobraćaju.

Poznato je da se u Republici Srpskoj kontrola tehničke ispravnosti vozila svodi na kontrolu prilikom redovnog tehničkog pregleda, kontrolu tehničke ispravnosti od strane saobraćajne policije i preventivnim tehničkim pregledima od strane MUP-a Republike Srpske, AMS Republike Srpske i Asocijacije tehničkih pregleda Republike Srpske. Izostala je analiza i preduzimanje određenih mjera na osnovu dobijenih kontrolnih rezultata što ima za posljedicu i dalje povećanje neispravnosti i prosječne starosti motornih vozila.

Na osnovu rezultata zemalja koje su sopstvenim potencijalima postigle značajne rezultate u oblasti bezbjednosti saobraćaja neophodno je definisati strategiju, ciljeve i odrediti određene subjekte društva u Republici Srpskoj kao relevantne nosioce koji mogu realizovati programe i projekte vezane za veću ispravnost motornih vozila, a samim tim i veću bezbjednost saobraćaja.

U Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini postoji veliki broj stanica za tehničke preglede koje su u poređenju sa zemljama u okruženju neadekvatno opremljene tehničkom opremom i sa neadekvatnim kadrovima. Uz saglasnost nesavjesnih vozača određeni broj stanica za tehničke preglede verifikuje tehnički neispravna motorna vozila koja kasnije učestvuju u saobraćaju i time povećavaju rizik za nastanak saobraćajne nezgode.

Stanice za tehničke preglede zajedno sa osiguravajućim kućama nastoje da osiguraju i daju potvrdu o tehničkoj ispravnosti čak i neispravnog motornog vozila sve sa ciljem da bi se ostvario određeni prihod i profit ne vodeći računa o posljedicama koje takvo vozilo može izazvati u saobraćaju.

2. ANALIZA REZULTATA PREVENTIVNE KONTROLE TEHNIČKE ISPRAVNOSTI MOTORNIH VOZILA

Na području Republike Srpske provodile su se razne akcije preventivnog karaktera kako od strane MUP-a Republike Srpske, AMS Republike Srpske i Asocijacije tehničkih pregleda motornih vozila. Pomenute akcije provodile su se zajedno, tj. MUP-a Republike Srpske i Asocijacija tehničkih pregleda motornih vozila, zatim MUP-a Republike Srpske i AMS Republike Srpske, Asocijacija tehničkih pregleda motornih vozila i AMS Republike Srpske, itd. Najpoznatije preventivne akcije koje su provedene zajedno su: tehnička ispravnost uređaja za kočenje, tehnička ispravnost uređaja za upravljanje, tehnička ispravnost svjetlosno-signalnih uređaja, upotreba sigurnosnih pojaseva, zaštitimo djecu u saobraćaju, da li vozite tehnički ispravno vozilo - provjerite.

Akcija „*Da li vozite tehički ispravno vozilo – provjerite*“, jeste aktivnost preventivnog karaktera, pri čemu su kao uzorak korišćena putnička motorna vozila sa područja Republike Srpske, gdje je u akciji učestvovalo 20 Auto Moto Društava i 31 stanica za tehničke preglede motornih vozila, metodom slučajnog uzorka, saobraćajna policija je odabirala i kontrolisala vozila. Pomenuta vozila su kontrolisana od strane saobraćajne policije MUP-a Republike Srpske, i upućivana na najbliži tehnički pregled. Na pomenutom tehničkom pregledu, ovlašćeni kontrolori su uz pomoć uređaja i opreme, izvršili tehnički pregled vozila i dobijene rezultate su dostavljali ovlašćenim timovima koji su provodili akciju na terenu. MUP organizuje ovu aktivnost u saradnji sa Asocijacijom tehničkih pregleda i AMS Republike Srpske dva puta godišnje i to u periodu pred zimsku sezonu (novembar), jer su zimi uslovi za bezbjednu vožnju i sigurno funkcionisanje motornog vozila znatno pogoršani i u peridu početka godišnjih odmora (juni) zbog povećane mobilnosti, što je pravo vrijeme da vozači što bolje pripreme svoja vozila i da se što tačnije informišu o njihovom stanju i eventualnim tehničkim nedostacima. Pri kontroli vozila, posebna pažnja obraćala se na elemente koji su od velikog uticaja na bezbjednost saobraćaja kao što su uređaj za upravljanje (upravljački mehanizam), uređaj za kočenje (kočioni mehanizam), svjetlosno-signalni uređaji i pneumatici.

Za analizu tehnički ispravnih uređaja za zaustavljanje, upravljanje i svjetlosno-signalnih uređaja, analiziran je period od 2003. do 2020. godine i predstavljene su sljedeći analize rezultati po oblastima praćenja, i to:

1. analiza broja neispravnih vozila u odnosu na ukupan broj pregledanih motornih vozila;
2. analiza rezultata prosječne starosti motornih vozila u periodu od 2003. do 2020. godine;
3. analiza rezultata tehničke neispravnosti uređaja za zaustavljanje;
4. analiza rezultata tehničke neispravnosti uređaj za upravljanje;
5. analiza rezultata tehničke neispravnosti svjetlosno-signalnih uređaja;

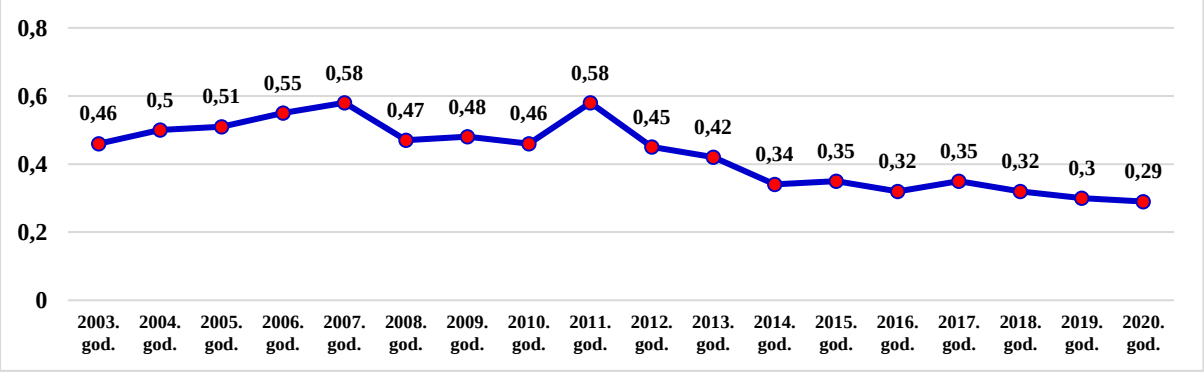
2.1. Broj neispravnih vozila u odnosu na ukupan broj pregledanih motornih vozila

U tabeli 1. i dijagramu 1. prikazan je ukupan broj pregledanih vozila po godinama, broj neispravnih vozila takođe po godinama i koeficijenti **k –** broj neispravnih vozila u odnosu na ukupan broj pregledanih vozila i **k_1** – broj neispravnih vozila u odnosu na broj tehnički ispravnih vozila za period 2003. – 2020. godina.

Tabela 1. *Prikaz odnosa broja neispravnih motornih vozila prema ukupnom broju pregledanih vozila, kao i prema broju ispravnih vozila*

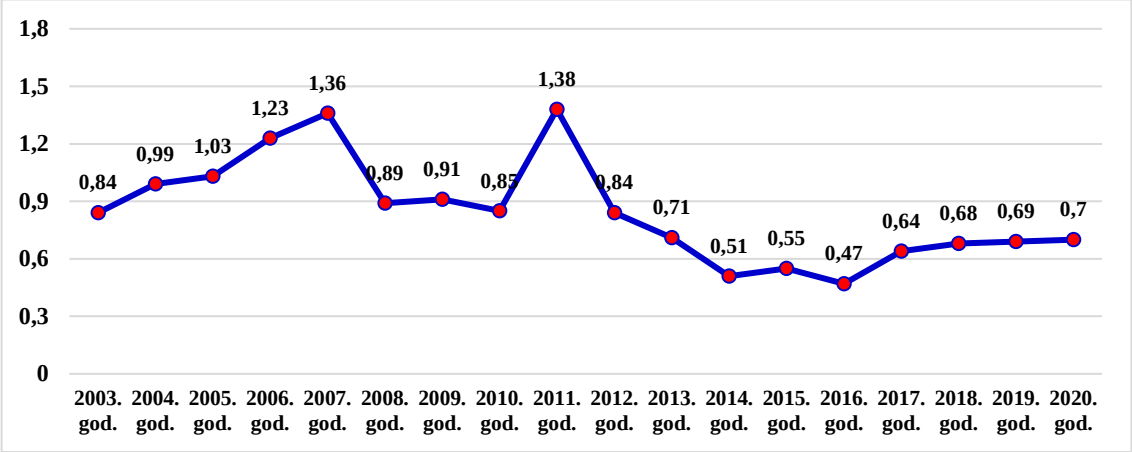
Pokazatelji	2003. god.	2004. god.	2005. god.	2006. god.	2007. god.	2008. god.	2009. god.	2010. god.	2011. god.	2012. god.	2013. god.	2014. god.	2015. god.	2016. god.	2017. god.	2018. god.	2019. god.	2020. god.	Σ
Ukupan broj pregledanih motornih vozila	1.254	485	497	820	740	876	617	531	465	434	365	328	265	479	233	469	343	328	**9.529**
Broj neispravnih motornih vozila	575	242	253	453	427	413	294	244	270	198	152	111	94	154	82	151	104	97	**4.314**
k = broj neispravnih vozila/ukupan broj pregledanih vozila	**0,46**	**0,5**	**0,51**	**0,55**	**0,58**	**0,47**	**0,48**	**0,46**	**0,58**	**0,45**	**0,42**	**0,34**	**0,35**	**0,32**	**0,35**	**0,32**	**0,30**	**0,29**	
Broj ispravnih motornih vozila	679	243	244	367	313	463	323	287	195	236	213	217	171	325	151	318	239	231	**5.215**
k_1 = broj neispravnih vozila/broj ispravnih vozila	**0,84**	**0,99**	**1,03**	**1,23**	**1,36**	**0,89**	**0,91**	**0,85**	**1,38**	**0,84**	**0,71**	**0,51**	**0,55**	**0,47**	**0,64**	**0,68**	**0,69**	**0,70**	

Sa tabele 1 i dijagrama 1. se vidi da je koeficijent *k – broj neispravnih vozila* u vremenskom periodu 2003. – 2007. godina se povećavao i ako uporedimo 2007. godinu sa 2003. godinom dobije se da je za 26,08% došlo do povećanja broja vozila koja u saobraćaju učestvuju kao tehnički neispravna vozila za javni saobraćaj, tokom 2008., 2009. i 2010. godine došlo je do stabilizacije i izvjesnog smanjenja *koeficijenta k* za 0,12 neispravnih vozila ili 20,69% u 2010. godini u odnosu na 2007. godinu, zatim u vremenskom periodu 2011. – 2020. godina takođe dolazi do smanjenja neispravnih vozila 0,29 neispravnih vozila ili 50% u odnosu na 2011. godinu, što može ukazivati na ozbiljniji pristup u oblasti vršenja tehničkih pregleda.



Dijagram 1. *Odnos broja neispravnih vozila i ukupnog broja pregledanih vozila*

Na osnovu analize rezultata vidljivih iz dijagrama 2, očito, da je u vremenskom periodu od 2003. do 2020. godine, došlo je do oscilirajućeg trenda ukupnog broja neispravnih motornoh vozila u odnosu na ukupan broj ispravnih vozila koja su metodom slučajnog uzorka kontrolisana i na tehničkom pregledu izvršena njihova provjera o tehničkoj ispravnosti. Može se zaključiti, da se stanje tehničke neispravnosti putničkih motornih vozila u Republici Srpskoj iz godine u godinu povećavalo i to sve do 2007. i 2011. godine kada dostiže kulminaciju. Ako uporedimo 2007. godinu sa 2003. godinom, *koeficijent neispravnih vozila k* u odnosu na broj ispravnih vozila je veći za 0,52 indeksna poena ili 61,90% neispravnih vozila. Tokom 2008., 2009. i 2010. godine došlo je do izvjesnog poboljšanja ali još uvijek nije postignut nivo iz 2003. godine. Takođe, ako uporedimo 2020. godinu sa 2011. godinom, *koeficijent neispravnih vozila k* u odnosu na broj ispravnih vozila je manji za 0,68 indeksni poen ili 50,72% neispravnih vozila.



Dijagram 2. *Odnos broja neispravnih i ispravnih vozila*

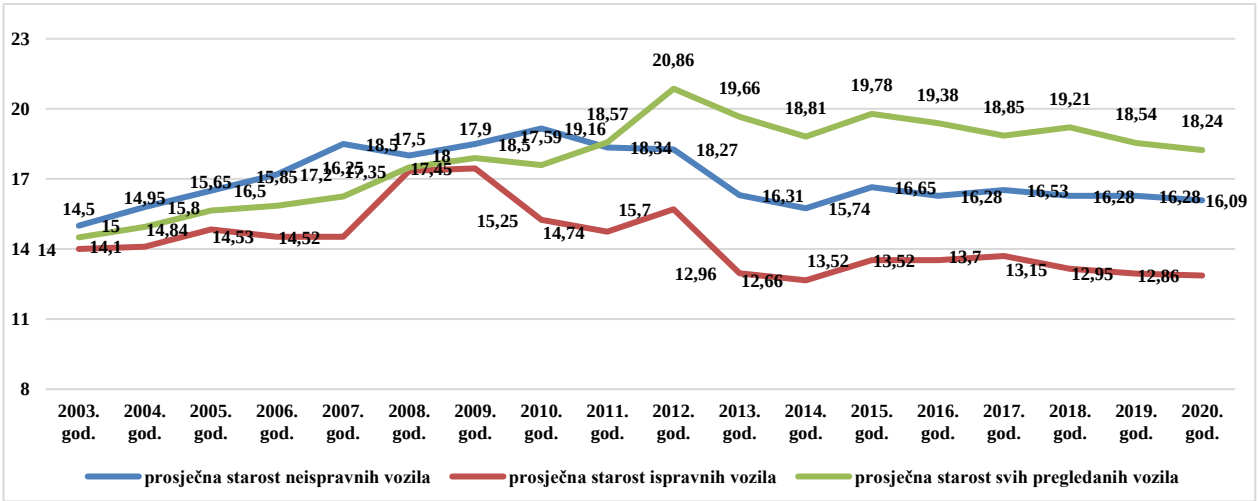
2.2. Prosječna starost motornih vozila u periodu od 2003. do 2020. godine

Tabela 2. i dijagram 3. prikazuju prosječnu starost pregledanih putničkih motornih vozila prema rezultatima provedenih preventivnim tehničkim pregledima.

Tabela 2. *Prikaz prosječne starosti pregledanih vozila*

Pokazatelji	2003. god.	2004. god.	2005. god.	2006. god.	2007. god.	2008. god.	2009. god.	2010. god.	2011. god.	2012. god.	2013. god.	2014. god.	2015. god.	2016. god.	2017. god.	2018. god.	2019. god.	2020. god.
prosječna starost neispravnih vozila	15,00	15,80	16,50	17,20	18,50	18,00	18,5	19,16	18,34	18,27	16,31	15,74	16,65	16,28	16,53	16,28	16,28	16,09
prosječna starost ispravnih vozila	14,00	14,10	14,84	14,53	14,52	17,35	17,45	15,25	14,74	15,70	12,96	12,66	13,52	13,52	13,70	13,15	12,95	12,86
prosječna starost svih pregledanih vozila	14,50	14,95	15,65	15,85	16,25	17,50	17,90	17,59	18,57	20,86	19,66	18,81	19,78	19,38	18,85	19,21	18,54	18,24

Iz tabele 2. se može tačno vidjeti, da se iz godine u godinu prosječna starost motornih vozila različita iz godine u godinu, a da je mali broj novih vozila na području Republike Srpske, odnosno BiH. U 2016. godini prosječna starost putničkih motornih vozila je iznosila **19,38** godina što se može konstatovati da se i dalje uvoze stara i polovna motorna vozila iz Zapadne Evrope koja su svoj radni vijek u Zapadnoj Evropi odradili i postali opasni za bezbjednost svih učesnika u saobraćaju. U 2020. godini, prosječna starost neispravnih vozila se povećao sa **16,09** godina na **20,86** godina u 2010. godini, što je za 4,77 godina ili 22,87% veći nego u odnosu na posmatranu 2020. godinu.



Dijagram 3. *Prosječna starost pregledanih vozila*

Sa dijagrama 3. se vidi da je najveća prosječna starost ispravnih vozila bila u 2009. godini **17,45** godina, zatim u 2008. godini **17,35** godina, u 2012. godini **15,70** godina, dok je u 2016. godini iznosila **13,52** godine, a najmanje je bilo u 2014. godini **12,66** godina.

2.3. Analiza rezultata tehničke neispravnosti uređaja za zaustavljanje

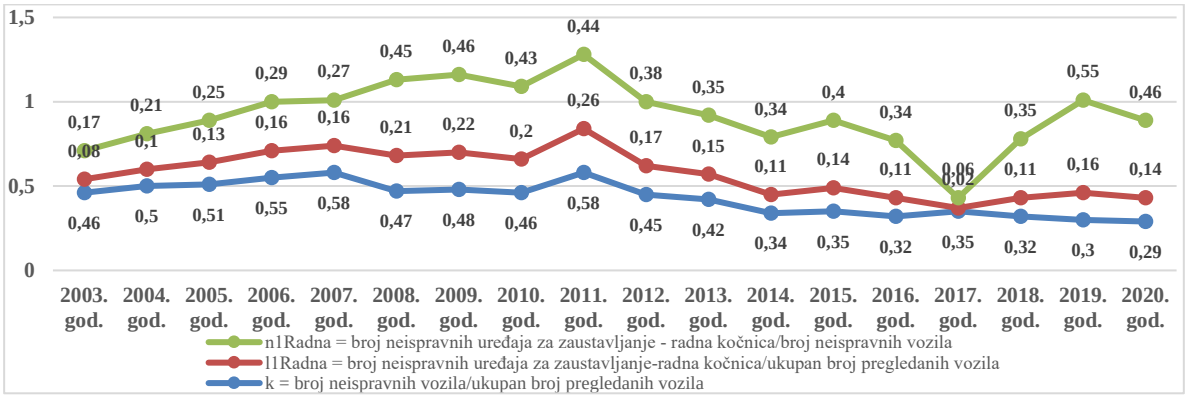
Tabela 3. i dijagram 4. i 5. prikazuju trend porasta broja neispravnih uređaja za zaustavljanje u poslednjih osam godina. Od ukupnog broja **8.156** pregledanih vozila, **3.880** vozila ili 52,42% su neispravna za učestvovanje u saobraćaju, dok je **4.276** vozila ili 47,57% su ispravna za učešće u saobraćaju. Ako uporedimo broj neispravnih vozila sa neispravnim uređajima za zaustavljanje – **radna kočnica** u 2016. godinu sa 2003. godinom, se vidi, da je za 0,17 indeksnih poena ili 50.00% se povećavao**,** zatim ako uporedimo broj neispravnih uređaja za zaustavljanje – **radna kočnica** sa ukupnim brojem pregledanih vozila, u 2016. godini sa 2003. godinom, došlo je takođe do povećanja za 0,03 indeksna poena ili 37,50% neispravnih vozila.

Ako uporedimo broj neispravnih vozila sa neispravnim uređajima za zaustavljanje – **pomoćna kočnica** sa brojem neispravnih vozila u 2020. godinu sa 2003. godinom, se vidi, da je za 0,33 indeksna poena ili 50.00% se povećavao, zatim ako uporedimo broj neispravnih uređaja za zaustavljanje – **pomoćna kočnica** sa ukupnim brojem pregledanih vozila, u 2020. godini sa 2003. godinom, došlo je takođe do povećanja za 0,06 indeksnih poena ili 28,57% neispravnih vozila.

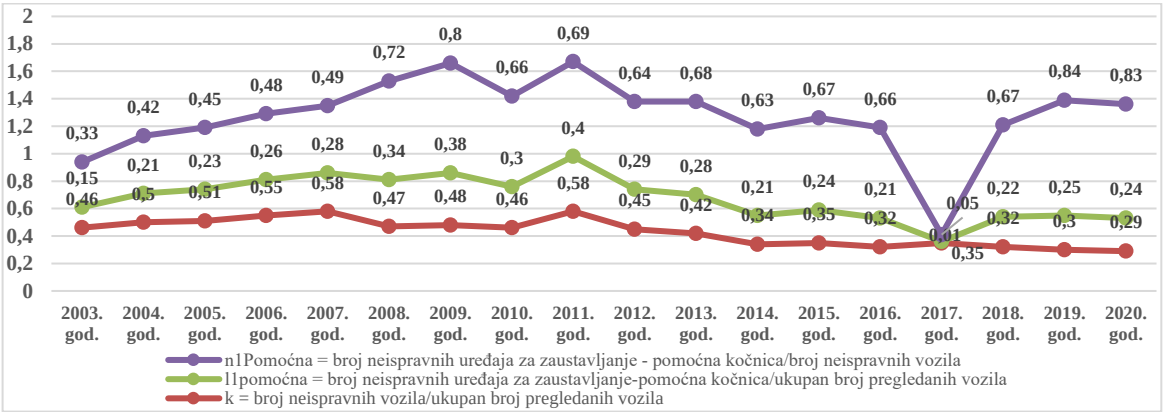
Tabela 3. *Prikaz tehničke neispravnosti uređaja za kočenje*

Pokazatelji	2003. god.	2004. god.	2005. god.	2006. god.	2007. god.	2008. god.	2009. god.	2010. god.	2011. god.	2012. god.	2013. god.	2014. god.	2015. god.	2016. god.	2017. god.	2018. god.	2019. god.	2020. god.	Ukupno
broj neispravnih uređaja za zaustavljanje – **radna kočnica**	101	51	65	132	117	184	137	106	120	75	54	38	38	53	5	53	57	45	**1.431**
broj neispravnih uređaja za zaustavljanje – **pomoćna kočnica**	190	102	114	217	209	296	235	161	187	126	103	70	63	102	4	102	88	81	**2.450**
broj neispravnih motornih vozila	575	242	253	453	427	413	294	244	270	198	152	111	94	154	82	151	104	97	**4.314**
broj ispravnih motornih vozila	679	243	244	367	313	463	323	287	195	236	213	217	171	325	151	318	239	231	**5.215**
ukupan broj pregledanih motornih vozila	1254	485	497	820	740	876	617	531	465	434	365	328	265	479	233	469	343	328	**9.529**
$\mathbf{n_{1Radna}}$ = broj neispravnih uređaja za zaustavljanje - **radna kočnica**/broj neispravnih vozila	**0,17**	**0,21**	**0,25**	**0,29**	**0,27**	**0,45**	**0,46**	**0,43**	**0,44**	**0,38**	**0,35**	**0,34**	**0,40**	**0,34**	**0,06**	**0,35**	**0,55**	**0,46**	
$\mathbf{n_{1Pomoćna}}$ = broj neispravnih uređaja za zaustavljanje - **pomoćna kočnica**/broj neispravnih vozila	**0,33**	**0,42**	**0,45**	**0,48**	**0,49**	**0,72**	**0,80**	**0,66**	**0,69**	**0,64**	**0,68**	**0,63**	**0,67**	**0,66**	**0,05**	**0,67**	**0,84**	**0,83**	
$\mathbf{l_{1Radna}}$ = broj neispravnih uređaja za zaustavljanje- **radna kočnica**/ukupan broj pregledanih vozila	**0,08**	**0,10**	**0,13**	**0,16**	**0,16**	**0,21**	**0,22**	**0,20**	**0,26**	**0,17**	**0,15**	**0,11**	**0,14**	**0,11**	**0,02**	**0,11**	**0,16**	**0,14**	
$\mathbf{l_{1pomoćna}}$ = broj neispravnih uređaja za zaustavljanje- **pomoćna kočnica**/ukupan broj pregledanih vozila	**0,15**	**0,21**	**0,23**	**0,26**	**0,28**	**0,34**	**0,38**	**0,30**	**0,40**	**0,29**	**0,28**	**0,21**	**0,24**	**0,21**	**0,01**	**0,22**	**0,25**	**0,24**	
k = broj neispravnih vozila/ukupan broj pregledanih vozila	**0,46**	**0,5**	**0,51**	**0,55**	**0,58**	**0,47**	**0,48**	**0,46**	**0,58**	**0,45**	**0,42**	**0,34**	**0,35**	**0,32**	**0,35**	**0,32**	**0,30**	**0,29**	

Sa dijagrama 4. i 5. se vidi da je došlo do porasta neispravnosti uređaja za zaustavljanje, kako u odnosu na ukupan broj neispravnih vozila, tako i u odnosu na ukupan broj pregledanih vozila. Zbog navedenih podataka naročitu pažnju u stanicama za tehničke preglede treba obratiti ispitivanju ovog uređaja obzirom na činjenicu da svaki nedostatak ili neispravnost ovog uređaja može u datom trenutku izazvati tragične posljedice.



Dijagram 4. *Odnos broja neispravnih uređaja za zaustavljanje – radna kočnica prema broju neispravnih vozila i ukupnom broju pregledanih vozila*



Dijagram 5. *Odnos broja neispravnih uređaja za zaustavljanje – pomoćna kočnica prema broju neispravnih vozila i ukupnom broju pregledanih vozila*

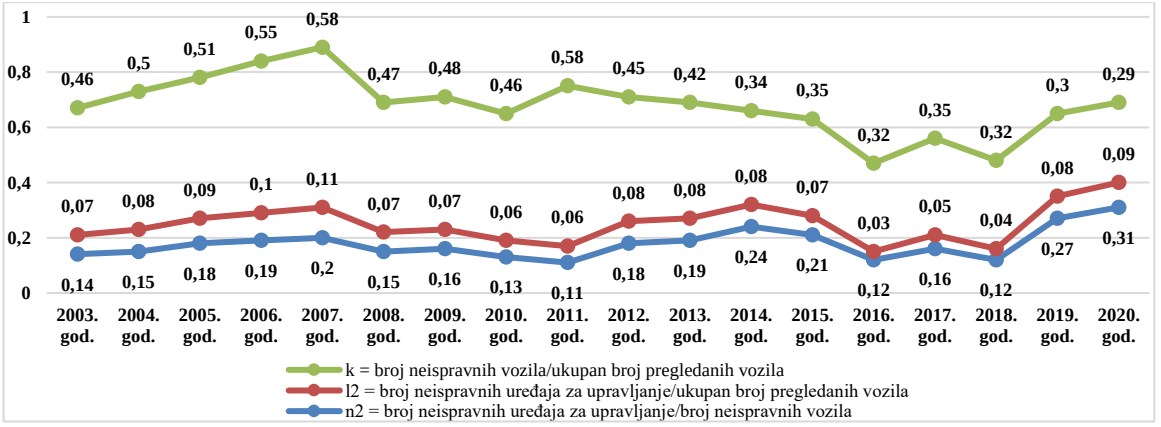
2.4. Analiza rezultata tehničke neispravnosti uređaja za upravljanje

U tabeli 4. i dijagramu 6. prikazan je oscilirajući trend broja neispravnih uređaja za upravljanje u posmatranom periodu. Sagledavajući sve navedene pokazatelje u tabeli 4, se tačno može vidjeti, da je promjenljiv porast broja neispravnih uređaja za upravljanje u odnosu na broj neispravnih vozila, takođe je neprekidan porast broja neispravnih uređaja za upravljanje u odnosu na ukupan broj pregledanih vozila do 2015. godine, a nakon toga dolazi do blagog opadanje u 2016. godini.

Dijagram 6. prikazuje porast od 2003. godine broja neispravnosti uređaja za upravljanje, kako u odnosu na ukupan broj neispravnih vozila, tako u odnosu na ukupan broj pregledanih vozila do 2007.godine za 0,12 indeksnih poena ili 26,08% neispravnih vozila, a nakon 2007. godine dolazi do blagog opadanje ili stagnaciju do 2011. godine, a u 2011. godini dolazi do povećanja za 0,12 indeksnih poena ili 26,08% neispravnih vozila u odnosu na 2010. godinu. Od 2012. godine do 2016. godine dolazi smanjenja broja neispravnih vozila za 0,26 indeksnih poena ili 28,88%.

Tabela 4. *Prikaz tehničke ispravnosti uređaja za upravljanje*

Pokazatelji	2003. god.	2004. god.	2005. god.	2006. god.	2007. god.	2008. god.	2009. god.	2010. god.	2011. god.	2012. god.	2013. god.	2014. god.	2015. god.	2016. god.	2017. god.	2018. god.	2019. god.	2020. god.	Ukupno
broj neispravnih uređaja za upravljanje na motornim vozilima	81	37	46	86	86	63	56	33	30	37	29	27	20	18	13	18	28	30	**738**
broj neispravnih motornih vozila	575	242	253	453	427	413	294	244	270	198	152	111	94	154	82	151	104	97	**4.314**
broj ispravnih motornih vozila	679	243	244	367	313	463	323	287	195	236	213	217	171	325	151	318	239	231	**5.215**
ukupan broj pregledanih motornih vozila	1254	485	497	820	740	876	617	531	465	434	365	328	265	479	233	469	343	328	**9.529**
n_2 = broj neispravnih uređaja za upravljanje/broj neispravnih vozila	**0,14**	**0,15**	**0,18**	**0,19**	**0,2**	**0,15**	**0,16**	**0,13**	**0,11**	**0,18**	**0,19**	**0,24**	**0,21**	**0,12**	**0,16**	**0,12**	**0,27**	**0,31**	
l_2 = broj neispravnih uređaja za upravljanje/ukupan broj pregledanih vozila	**0,07**	**0,08**	**0,09**	**0,10**	**0,11**	**0,07**	**0,07**	**0,06**	**0,06**	**0,08**	**0,08**	**0,08**	**0,07**	**0,03**	**0,05**	**0,04**	**0,08**	**0,09**	
k = broj neispravnih vozila/ukupan broj pregledanih vozila	**0,46**	**0,5**	**0,51**	**0,55**	**0,58**	**0,47**	**0,48**	**0,46**	**0,58**	**0,45**	**0,42**	**0,34**	**0,35**	**0,32**	**0,35**	**0,32**	**0,30**	**0,29**	



Dijagram 6. *Odnos broja tehnički neispravnih vozila prema ukupnom broju pregledanih vozila, kao i prema broju tehnički neispravnih vozila*

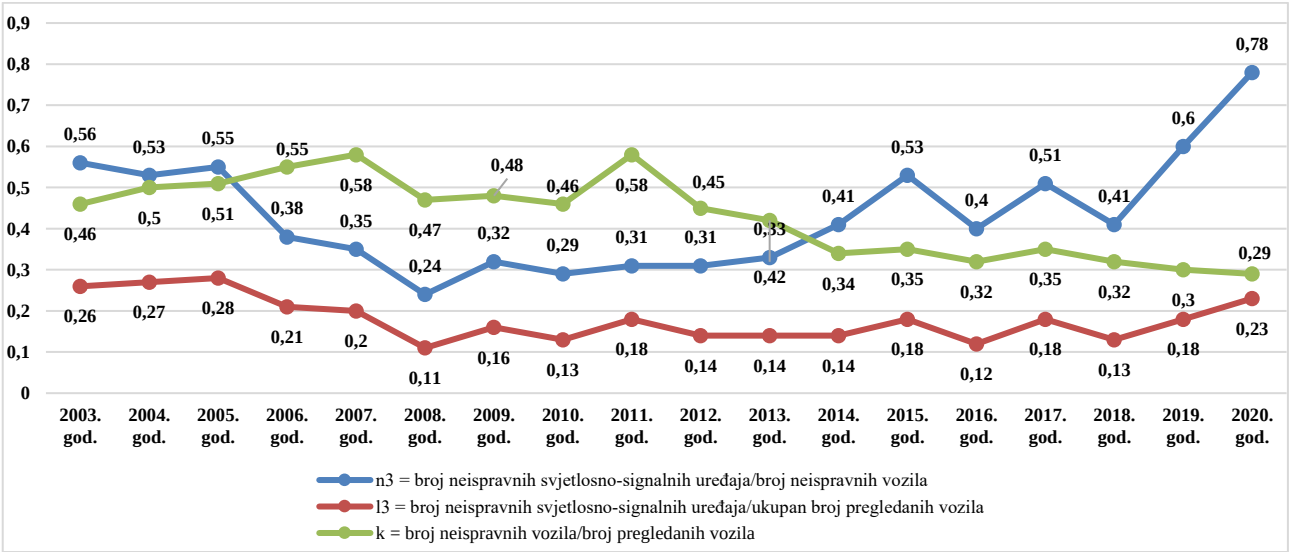
2.5. Analiza rezultata tehničke neispravnosti svjetlosno signalnih uređaja

U tabeli 5. i dijagramu 7. prikazan je trend porasta broja neispravnih svjetlosno signalnih uređaja do 2005. godine, a od 2006. godina dolazi do smanjenja broja neispravnih svjetlosno-signalnih uređaja na vozilima do 2015. godine gdje dolazi do povećanog broja neispravnih uređaja 0,53 indeksna poena. Sagledavajući sve navedene pokazatelje u tabeli 5, se tačno može vidjeti, da je u periodu 2006. do 2013. godine došlo do smanjenja broja neispravnih svjetlosno-signalnih uređaja u odnosu na broj pregledanih vozila za 0,22 indeksna poena, u odnosu na 2005. godinu. Od 2014. godine do 2016. godine dolazi do oscilirajućeg povećanja neispravnih svjetlosno signalnih uređaja

Dijagram prikazuje smanjenje broja neispravnih svjetlosno-signalnih uređaja od 2006. godine u odnosu na ukupan broj pregledanih vozila kao i u odnosu na ukupan broj neispravnih vozila. Povećanju broja tehnički ispravnih svjetlosno-signalnih uređaja na vozilima u periodu 2006. do 2010. godine značajan doprinos ima i stupanje na snagu novog Zakona o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini, po kome je obavezna upotreba u toku vožnje kratkih svjetala danju. Za nepoštovanje ove odredbe Zakonaom je predviđena kazna u iznosu od 50,00 KM, što je dovoljan razlog da se ispravnosti svjetlosno-signalnih uređaja posveti posebna pažnja.

Tabela 5. *Prikaz tehničke ispravnosti svjetlosno-signalnih uređaja*

Pokazatelji	2003. god.	2004. god.	2005. god.	2006. god.	2007. god.	2008. god.	2009. god.	2010. god.	2011. god.	2012. god.	2013. god.	2014. god.	2015. god.	2016. god.	2017. god.	2018. god.	2019. god.	2020. god.	Ukupno
broj neispravnih svjetlosno-signalnih uređaja na motornim vozilima	322	129	140	173	150	98	115	71	83	61	51	46	50	62	42	62	63	76	**1.794**
broj neispravnih motornih vozila	575	242	253	453	427	413	294	244	270	198	152	111	94	154	82	151	104	97	**4.314**
broj ispravnih motornih vozila	679	243	244	367	313	463	323	287	195	236	213	217	171	325	151	318	239	231	**5.215**
ukupan broj pregledanih motornih vozila	1254	485	497	820	740	876	617	531	465	434	365	328	265	479	233	469	343	328	**9.529**
n_3 = broj neispravnih svjetlosno-signalnih uređaja/broj neispravnih vozila	**0,56**	**0,53**	**0,55**	**0,38**	**0,35**	**0,24**	**0,32**	**0,29**	**0,31**	**0,31**	**0,33**	**0,41**	**0,53**	**0,40**	**0,51**	**0,41**	**0,60**	**0,78**	
l_3 = broj neispravnih svjetlosno-signalnih uređaja/ukupan broj pregledanih vozila	**0,26**	**0,27**	**0,28**	**0,21**	**0,20**	**0,11**	**0,16**	**0,13**	**0,18**	**0,14**	**0,14**	**0,14**	**0,18**	**0,12**	**0,18**	**0,13**	**0,18**	**0,23**	
k = broj neispravnih vozila/broj pregledanih vozila	**0,46**	**0,5**	**0,51**	**0,55**	**0,58**	**0,47**	**0,48**	**0,46**	**0,58**	**0,45**	**0,42**	**0,34**	**0,35**	**0,32**	**0,35**	**0,32**	**0,30**	**0,29**	



Dijagram 6. *Prikaz odnosa broja tehnički neispravnih svjetlosno-signalnih uređaja prema ukupnom broju pregledanih vozila, kao i prema ukupnom broju neispravnih vozila*

3. ZAKLJUČAK

Kampanje „Preventivnog tehničkog pregleda“ treba da vode Auto moto društva ili Asocijacija tehničkih pregleda ili udruženja vlasnika tehničkih pregleda, kroz teoretska predavanja na televizijskim emisijama kao i kroz stručne časopise, a takođe i kroz praktične aktivnosti rada na terenu, kao i u samim sjedištima AMD ili AMS Republike Srpske. Svu stručnu pomoć dala bi Stručna institucija za tehničke preglede Republike Srpske. Uključivanje radnika MUP-a Republike Srpske u ove aktivnosti moraju se pažljivo sprovoditi iz razloga što radnici MUP-a Republike Srpske imaju obavezu da po svim uočenim prekršajima postupaju represivno, a što ih obavezuju važeći zakonski propisi tako da aktivnosti MUP-a treba da se najviše usmjere u promotivni karakter kroz TV emisije. Radnike MUP-a bi trebalo u najvećoj mjeri usmjeriti u planirano organizovanje i sprovođenje akcija na kontrolu tehničke ispravnosti vozila, a uz kordinaciju sa radom kontrolora i voditelja tehničkih pregleda na suzbijanju fiktivne ovjere tehničke ispravnosti u toku svih 24 sata. Mnoga preduzeća za tehnički pregled vozila u toku jedne kalendarske godine ne prijave niti jedno vozilo da nije došlo na ponovnu provjeru tehničke ispravnosti u roku od 10 dana, što je Zakonom određeno.

4. LITERATURA

1. *Statistički podaci Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srpske za period 2003. - 2016. godina, Banja Luka, 2017.;*
2. *Statistički podaci Auto moto saveza Republike Srpske za period 2003. - 2016. godina, Banja Luka, 2017.;*
3. *Đurić, T., Đ. Popović, Gojković, P. i B. Đukić, (2012), Način obavljanja tehničkog pregleda vozila u stanici tehničkog pregleda, Stručni skup "Tehnički pregledi vozila Republike Srpske 2012", Teslić. (Zbornik radova, 167-178);*
4. *Popović, Đ., T. Đurić i M. Bošković (2011), Usavršavanje organizacije rada i unapređenje opremljenosti stanica za tehničke preglede, Stručni skup "Tehnički pregledi vozila Republike Srpske 2011", Teslić. (Zbornik radova, 201-210);*
5. *Popović, Đ. i T. Đurić, (2012), Normiranje tehničkih uslova i vršenje kontrole tehničke ispravnosti vozila kao osnovna mjera društvene intervencije, Stručni skup "Tehnički pregledi vozila Republike Srpske 2012", Teslić. (Zbornik radova, 137-147);*
6. *Đurić, T., Đ. Popović, Gojković, P. i B. Đukić, (2012), Način obavljanja tehničkog pregleda vozila u stanici tehničkog pregleda, Stručni skup "Tehnički pregledi vozila Republike Srpske 2012", Teslić. (Zbornik radova, 167-178);*
7. *Alispahić, S., T. Đurić, i Xhevat Podrimqaku (2015), Utjecaj novih tehnologija na standarde sigurnosti cestovnog prometa, XI. Međunarodno savjetovanje "Saobraćajni i ekološki problemi država u tranziciji s aspekta integracije u Evropsku uniju" Vlašić, (Zbornik radova, 72-81). ISSN 2232-8807;*
8. *Milašinović, A., Knežević, D., (2010), Tehnologija tehničkog pregleda vozila, Saobraćajni fakultet, Doboj;*
9. *Filipović, I., Bibić, Dž., Pikula, B., Trobradović, M. Mustafić, I. (2003), Priručnik za kontrolore tehničke ispravnosti na stanicama za tehnički pregled vozila, Mervik, Sarajevo;*
10. *Marinković, V. (2001), Vršenje tehničkog pregleda vozila u zmljama EU, II savjetovanje, Tehnički pregled i bezbjednost saobraćaja, Zlatibor;*
11. *Vasiljević, J. (2002), Tehnički pregled vozila kao mjera društvene intervencije u oblasti bezbjednosti saobraćaja-magistarski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad;*
12. *Zakon o osnovama bezbjednosti saobraćaja u BiH, (Službeni glasnik BiH", br. 6/06, 75/06, 44/07, 84/09, 48/10, 18/13 i 8/17.);*
13. *Pravilnik o dimenzijama, ukupnim masama i osovinskom opterećenju vozila, o uređajima i opremi koju moraju da imaju vozila i osnovnim uslovima koje moraju da ispunjavaju uređaji i oprema u saobraćaju na putevima, (Službeni glasnik BiH", br. 13/07.);*
14. *Pravilnik o tehničkim pregledima vozila, (Sl. glasnik Republike Srpske", broj 19/07. i 95/07.);*

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

THE CALCULATION OF TRAIN RUNNING TIMES ON A CRITICAL SECTION USING DIFFERENT METHODS - EXAMPLE SOPOT KOSMAJSKI – RIPANJ TUNEL SECTION (REPUBLIC OF SERBIA)

PRORAČUN VREMENA VOŽNJE VOZOVA NA KRITIČNOJ DEONICI PRIMENOM RAZLIČITIH METODA - PRIMER DEONICE SOPOT KOSMAJSKI - RIPANJ TUNEL (REPUBLIKA SRBIJA)

Zorica Milanović[a], Stefan Radojković[a], Dušan Vujović[a]

[a] Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Department School of Railway Transport, Zdravka Celara 14, Belgrade, Republic of Serbia: jazztoall@gmail.com, bmwsteva@hotmail.com, dulevoz@gmail.com

Abstract: *The calculation of exact train running time is important issue for a precise timetable construction and irremisible task for an economicaly oriented traffic operations planning. The calculation methods used vary from an analitical and grafical to the computer - aided calculation systems and simulation methods. In general, the calculation needs very detailed and accurate algorithms considering the infrastructure parameters and the rolling stock attributes. The more detailed algorithm brings the more precise calculation result. In this paper, one example of train running time calculation using different methods is presented. The railway section choosen is the part of one Serbian railway line. Calculation was performed by analitical, graphical and simulation method using OpenTrack simulation software. Calculation results were compared with the data from the real system. The main goal of the research presented is to initiate usage of modern aproach and methods for the train travel time calculation, especially simulation modeling. The special stress is on permannent improvement of the complex proces of railway traffic operation planning and scheduling.*

Key words: *Railway traffic, Train Running Time, Timetable, Simulation*

Apstrakt: *Proračuni vremena vožnje vozova visokog nivoa tačnosti su veoma važni za preciznu konstrukciju reda vožnje, a posebno u uslovima ekonomski orijentisanog pristupa planiranja organizacije saobraćaja vozova. Za računanje vremena vožnje u primeni su analitičke i grafičke metode, računarski modeli i sistemi kao i metode simulacije. Generalno posmatrano, za algoritme za proračune neophodni su vrlo detaljni i tačni podaci, a pre svega o kolosečnoj infrastrukturi i voznim sredstvima. Nivo detaljnosti algoritma određuje nivo tačnosti proračuna. U ovom radu dat je prikaz poračuna vremena vožnje vozova na odabranoj kritičnoj deonici pruge sa najvećim merodavnim nagibom na jednoj od pruga Srbije. Za proračune su korišćene analitička, grafička i metoda simulacije na modelu izrađenom u softveru OpenTrack. Rezultati proračuna upoređeni su i sa podacima iz realnog grafikona operativne službe preduzeća "Infrastruktura železnice Srbije" a.d. Cilj rada je da se ukaže na značaj primene savremenih metoda za proračun voznih vrermena kao i na potrebu za permanentnim osavremenjavanjem čitavog procesa planiranja saobraćaja i izrade reda vožnje.*

Ključne riječi: *Železnički saobraćaj, Vreme vožnje vozova, Red vožnje, Simulacija*

1. UVOD

Jedan od najosetljivijih i najkompleksnijih podprocesa u okviru planiranja železničke prevozne ponude koja se iskazuje u vidu reda vožnje jeste izračunavanje vremena vožnje svakog pojedinačnog voza na definisanoj relaciji. Jedna od važnih odluka koja se donosi u okviru ovog podprocesa planiranja jeste i izbor metode za izračunavanje voznih vremena.

Za izračunavanje voznih vremena na konkretnom primeru izabrana je grafička metoda Milera. Vozna vremena su izračunata za putnički i teretni voz koji saobraćaju na pruzi br. 3 Beograd - Resnik – Mladenovac – Velika Plana - Niš – Preševo – Državana granica - Tabanovci (MŽ) na delu između stanica Sopot kosmajski i Ralja. Ovaj deo pruge odabran je zbog svojih specifičnih karakteristika trase u pogledu nagiba, krivina i tunela.

Kako se primenom različitih metoda dobijaju i različiti krajnji rezultati voznih vremena koji imaju manje ili više približne vrednosti, urađeno je upoređenje rezultata dobijenih primenom Milerove metode i rezultata koji se dobijaju primenom drugih metoda. Vrednosti voznih vremena koje su dobijene primenom Milerove metode upoređeni su sa vrednostima voznih vremena koji su dobijeni primenom metode srednjih brzina (ova metoda se primenjuje u preduzeću "Infrastruktura železnice Srbije", a.d.), metodom simulacije na modelu u simulacionom softveru OpenTrack, koja se koristi u „Saobraćajnom institutu CIP“ a.d. i eksperimentalnom metodom merenja u realnom sistemu gde su vrednosti preuzete iz stvarnog (realnog) grafikona koji vodi Operativno odeljenje saobraćaja, telekomanda u stanici Beograd ranžirna.

Na osnovu prikazanog postupka za izračunavanje voznih vremena primenom različitih metoda i dobijenih rezultata proračuna sačinjen je analitički osvrt na prednosti i mane primene pojedinih metoda sa aspekta složenosti proračuna, vremena trajanja proračuna, preciznosti i nivoa uopštavanja ulaznih podataka, efikasnosti korišćenja, kao i mogućnosti za dalju ekploataciju metode pri promeni ulaznih parametara od značaja za izračunavanje voznih vremena. Odabir metode za proračun voznih vremena ima implikacije na kretanje vozova u realnom sistemu (izvršenje planiranog reda vožnje), pogotovo na parametre kao što su potrebna vučna sila i snaga lokomotive za savladavanje otpora vuče i postizanje definisane brzine kretanja, što utiče na potrošnju pogonske energije, emisiju štetnih izduvnih gasova (kod dizel vuče) i ukupne troškove transporta. Jedan od ciljeva rada je da se utvrde parametri za izbor optimalne metode za proračun voznih vremena.

U radu su posebno naglašeni i objašnjeni parametri koji bitno utiču na proračune voznih vremena, kao što su: građevinske karakteristike pruga, tehničko-eksploatacione karakteristike vučnih vozila i vozila u sastavu voza, otpori koji utiču na kretanje voza, masa voza, način osiguranja puteva vožnji, primenjeni signalno-sigurnosni uređaji, organizacija saobraćaja i dr.

2. METODE ZA PRORAČUN VOZNIH VREMENA

Izračunavanje i iznalaženje voznih vremena vozova vrše železnička transportna preduzeća za celokupno područje svoje vuče. Potreba za novim izračunavanjem jednom definisanih voznih vremena javlja se u slučajevima kada dolazi do promene uslova prevoženja, vrste vuče (vučnih sredstava), sastava i kočenja vozova i uslova na prugama.

Pored svoje opšte namene, tj. pravilne konstrukcije reda vožnje, vozna vremena služe i kao neophodan podatak pri izračunavanju specijalnih podataka, kao ekonomije prevoženja, gradnje novih ili rekonstrukcije postojećih pruga, kapaciteta staničnih i pružnih postrojenja i dr. (Zorica i Špiro, 2017).

Ukoliko se red vožnje sagledava kroz grafikon reda vožnje, onda je za izradu tog grafikona potrebno poznavati sledeće osnovne parametre:

- čista i dodatna vozna vremena za polazak i zaustavljanje,
- stanične intervale,
- intervale sleđenja vozova,
- službena mesta na pruzi u kojima su predviđena bavljenja vozova i vremena bavljenja.

Čista vozna vremena, zapravo, predstavljaju vreme vožnje voza od jedne do druge stanice, dok dodatna vremena za polazak i zaustavljanje predstavljaju vreme koje je potrebno vozu da ubrza od polaska do postizanja maksimalno dopuštene brzine na pruzi, odnosno vreme od procesa započinjanja kočenja do zaustavljanja voza. Proračun voznih vremena između dve stanice u najopštijem obliku može da se predstavi formulom:

$$t = t_p + t_v + t_z \ (min) \tag{1}$$

Metode koje se koriste za izračunavanje voznih vremena su analitičke, grafičke, metode simulacije na modelu i heurističke metode (probne vožnje, vožnje sa mernim kolima).

Da bi se vozna vremena mogla izračunati prema bilo kojoj metodi, od značaja su podaci o uzdužnom profilu pruge, podaci o vučnom vozilu i podaci o sastavu voza („I-V“ dijagram za odabrano vučno vozilo), podaci o dozvoljenim brzinama vožnje na pruzi i podaci o kočenju.

Od analitičkih metoda najpoznatije su:

- metod konačnih intervala promena brzina,
- proračun kretanja voza metodom K Korefa,
- proračun voznih vremena metodom Kirila Savića.

Od grafičkih metoda najpoznatije su:

- proračun voznih vremena primenom metode Unrajna,

- proračun voznih vremena primenom Milerove metode,
- proračun voznih vremena primenom metode Lipeca, Štrala i Lebedeva.

Metode simulacije na modelu:

- programski paket za simulaciju železničke vuče „PROVEP“,
- simulaciona metoda za računanje voznih vremena „Open Tack“,
- mikrosimulacioni model za proračun voznih vremena „VISION“, „SIMU“.

2.1. Grafička metoda računanja voznih vremena po Mileru

Milerova metoda je metoda primene jednakog intervala priraštaja vremena (Zoran, 2001). Polazna osnova ove metode je „I-V“ dijagram i jednačina kretanja voza tipa:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \xi\, z \tag{2}$$

gde je:

z- specifična rezultantna sila voza,

ξ- koeficijent:$\xi = \frac{12,96}{1+\xi}$

Računanje kretanja voza izvodi se u određenim vremenskim intervalima, čija veličina obezbeđuje dovoljnu tačnost za izračunavanje voznih vremena i pređenog puta vozova. Prvo se usvaja konstantan interval priraštaja vremena veličine: $\Delta t = 0,5$ min ili $\Delta t = 0,25$ min.

U toku jednog konačnog intervala vremena predpostavlja se da se u tom vremenskom intervalu voz kreće ravnomernom srednjom brzinom (Vsr):

$$V_{sr} = \frac{V_1 + V_2}{2} \ \ (\frac{km}{h}) \tag{3}$$

gde je:

V_1- brzina na početku konačnog vremenskog intervala,

V_2- brzina na kraju konačnog vremenskog intervala.

Vozno vreme voza računa se po obrascu:

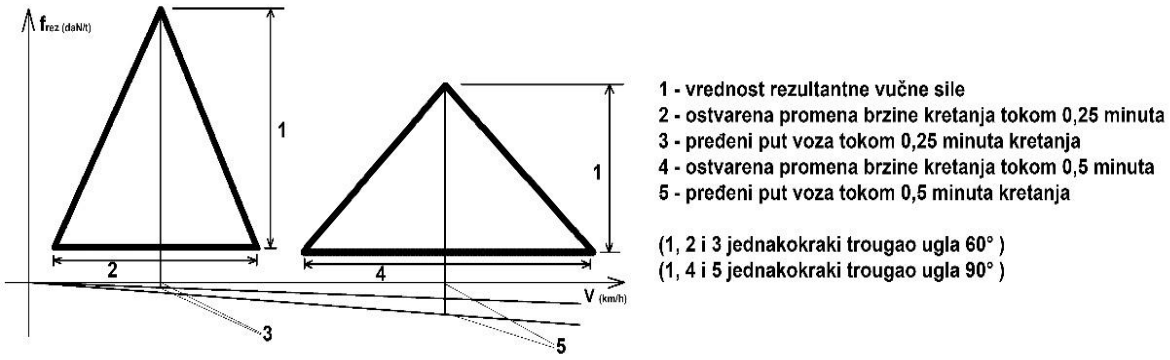
$$d_t = \frac{dV}{\xi \cdot z} \tag{4}$$

ili za konačne vremenske intervale:

$$\Delta_t = \frac{\Delta V}{\xi \cdot z`_m} = \frac{\Delta V}{2 \cdot z`_m} \tag{5}$$

Grafički postupak se smatra lakšim postupkom jer se usvaja razmera brzine dva puta veća od razmere za silu ($R_V = 2R_z$, na primer: 1 km/h $= 4$ mm ili 1 daN $= 2$ mm).

Ove zavisne vrednosti predstavljaju se grafički pomoću jednakokrakog trougla koji se koristi kao šablon (Zoran, 2001), a koji je prikazan na slici 1.



Slika 1. Šabloni trouglova za određivanje pređenog puta tokom određenih vremenskih interval

2.2. Računarska simulacija u oblasti saobraćaja i transporta i metoda simulacije za računanje voznih vremena (Open Track simulacija)

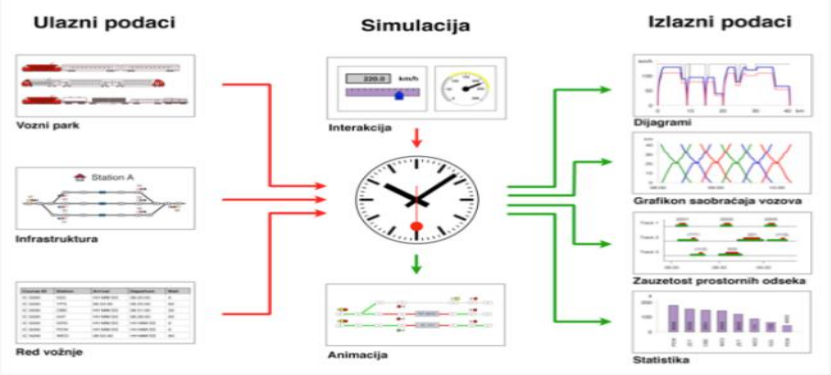
Računarska simulacija predstavlja posebnu disciplinu u okviru planiranja saobraćaja i transporta i planiranja saobraćajne infrastrukture. Simulacija saobraćaja omogućuje da se na modelu sistema istražuje i analizira rad sistema koji je previše komplikovan za analitička i/ili numerička istraživanja. Model saobraćajnog/transportnog sistema izrađuje se pomoću kompjuterskog softvera sa ciljem da se simulacijom na modelu obezbedi podrška donošenju odluka u planiranju, projektovanju i operativnom radu transportnih sistema (Zorica i Špiro, 2017).

Intenzivan razvoj simulacionih softvera omogućio je da se simulacioni modeli za oblast saobraćaja i transporta izrađuju kao mikro i makro-simulacioni modeli, a dosta često i kao meso-simulacioni modeli. Simulacioni modeli složenih saobraćajnih i transportnih sistema u sebi sadrže brojne mikro – simulacione modele kojima se rešavaju manji ili pojedinačni problemi koji postoje u okviru složenih problema.

U oblasti železničkog saobraćaja vrši se simulacija kontinualnih (napajanje vučnih vozila) i diskretnih procesa (saobraćaj vozova, i dr.). Saobraćaj vozova je diskretan proces u vremenu, i ukoliko se odvija u planiranim uslovima on je deterministički proces, dok bilo kakva odstupanja unose elemente stohastičnosti (Zorica i Špiro, 2017).

Rezultati simulacije se koriste kao dodatni argumenti u procesu donošenja operativnih, taktičkih i strateških odluka. Za simulaciju procesa u oblasti železničkog saobraćaja koriste se brojni komercijalni i nekomercijalni mikro i makro simulacioni modeli. Mikro-simulacioni modeli su modeli kod kojih su infrastrukturni elementi železničke mreže i njihove funkcije vrlo detaljno predstavljeni, pa su pogodni za detaljno i precizno istraživanje odnosa saobraćaja i funkcija infrastrukturnih elemenata na mreži (koloseci, skretnice, signali i sistemi upravljanja).

OpenTrack je nastao kao rezultat itraživačkog projekta na Institutu za transportno planiranje i sisteme saobraćaja Švajcarskog federalnog instituta za tehnologiju sredinom devedesetih godina (Huerlimann i Nash, 2017). Stuktura softvera OpenTrack zasniva se na modularnom pristupu: moduli za ulazne podatke (moduli voznih sredstava, infrastrukture i reda vožnje), moduli za izvršenje procesa simulacije i moduli za izlazne podatke (vozni dijagram, grafikon reda vožnje, zauzetost koloseka i razne statistike).



Slika 2. Komponente Open Track-a

2.3. Metoda srednjih brzina

Za proračun voznih vremena putničkih i teretnih vozova se već dugi niz godina u Odeljenju reda vožnje preduzeća "Železnice Srbije" a.d., a sada i u preduzeću “Infrastrukura železnice Srbije“ a.d. primenjuje analitička metoda srednjih brzina. Osnovna vozna vremena dobijena su na bazi primene softvera PROVEP koji je korišćen do prve polovine poslednje decenije 20. veka, a kasnije su samo na delovima pruga kod kojih je došlo do izmena u maksimalno dozvoljenim brzinama na pruzi i na mestima gde si uvedene ograničene brzine rađeni dodatni proračuni na bazi primene metode srednjih brzina. Ova metoda spada u grupu pomoćnih metoda, jednostavna je za primenu, ali se rezultati, obzirom na visok nivo uopštavanja, smatraju vrednostima sa niskim stepenom tačnosti. Kod ove metode posmatraju se maksimalno dozvoljene brzine na svakom međustaničnom rastojanju. Ukoliko na tom međustaničnom rastojanju konstantnog specifičnog otpora postoje delovi pruge sa različitim maksimalno dozvoljenim brzinama, onda se na prelazu sa jedne na drugu brzinu, za usvojenu dužinu prelaza (koja se razlikuje po vrstama vozova), izračunava prosečna brzina voza na tom delu pruge. Na osnovu dužine posmatranog dela pruge gde se dešava prelaz sa jedne na drugu brzinu izračunava se čisto vozno vreme na tom delu. Tako izračunato vreme sabira se voznim vremenima na ostalim delovima posmatranog međustaničnog rastojanja (Provep, 1977).

Prema vrsti voza usvojena su dodatna vremena za polazak i zaustavljanje, i to:

- za putničke vozove dodatno vreme za polazak i zaustavljanje iznosi 0,5 min,
- za teretne vozove dodatno vreme za polazak iznosi 1 min, a dodatno vreme za zaustavljanje iznosi 0,5 min.

Proračun voznog vremena na deonici od stanice Sopot Kosmajski do stanice Ripanj tunel za potrebe ovog rada urađen je primenom Milerove metode. Rezultati proračuna primenom ove metode upoređeni su sa rezultatima proračuna voznih vremena na istoj deonici koji su dobijeni:

- primenom metode srednjih brzina koja se koristi u Odeljenju reda vožnje preduzeća „Infrastruktura železnice Srbije“ a.d. (rezultati proračuna su preuzeti iz ovog odeljenja)
- primenom metode simulacije na modelu u simulacionom softveru Open Track koja se koristi u „Saobraćajnom institutu CIP“, Beograd (za potrebe ovog rada urađeni su modifikacija modela i novi simulacioni eksperimenti na modelu.

3. PRIMENA MILEROVE METODE ZA PRORAČUN VOZNIH VREMENA NA DEONICI SOPOT KOSMAJSKI - RIPANJ TUNEL

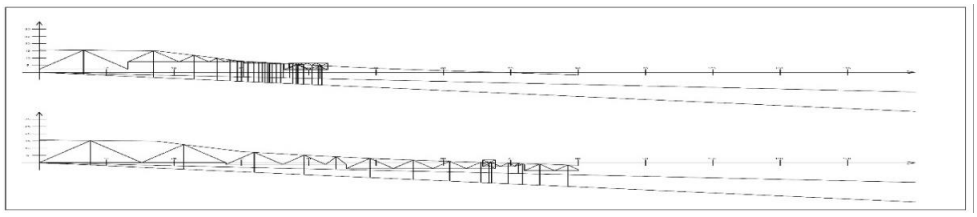
Deonica pruge od stanice Sopot Kosmajski km 41+508 do stanice Ripanj tunel km 29+592 nalazi se na jednokolosečnoj elektrificiranoj pruzi br.3 Beograd – Resnik – Mladenovac – Velika Plana - Niš – Preševo – Državana granica - Tabanovci (MŽ). Da bi se proračunala vozna vremena i primenila Milerova metoda bilo je potrebno da se pripreme,obrade i za proračun prilagode sledeći podaci:

- podaci o pisanom uzdužnom profilu pruge,
- podaci o stvarnom i redukovanom uzdužnom profilu,
- podaci o merodavnom otporu deonice pruge,
- podaci o vučnim vozilima i sastavima vozova za prevoz putnika i vozovima za prevoz robe koji su posmatrani u radu.

Na osnovu ovih ulaznih podataka određene su i izračunate sledeće vrednosti:

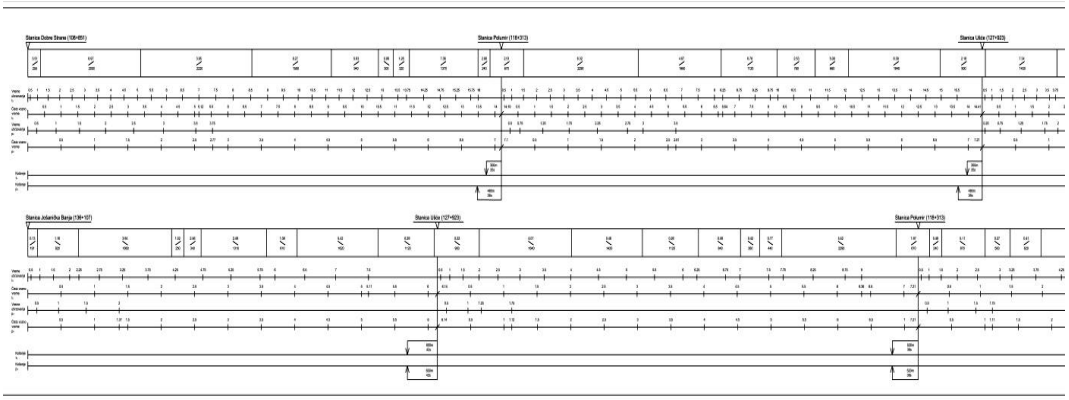
- dijagram specifične sile za pokretanje putničkog voza,
- dijagram specifične sile za pokretanje teretnog voza,
- maksimalno dopuštene mase vozova (putničkog i teretnog),
- specifične aktivne vučne sile u zavisnosti od brzine za putnički voz,
- specifične aktivne vučne sile u zavisnosti od brzine za teretni voz,
- izrađen je dijagram kočenja putničkog i teretnog voza,
- I-V dijagrami,
- vozna vremena definisanih putničkih i teretnih vozova na posmatranoj deonici.

Stvarni i redukovani uzdužni profil dela pruge od stanice Sopot Kosmajski do stanice Ripanj tunel, u smeru od kraja prema početku pruge, proračunati su na osnovu podataka iz pisanog profila pruge. Na osnovu redukovanog profila pruge utvrđeno je da je merodavni otpor na posmatranoj deonici pruge 13,73 ‰. Na osnovu merodavnog otpora utvrđena je maksimalna dopuštena masa teretnog voza od 1300 t dok je za putnički voz usvojeno da masa sastava voza iznosi 120 t. Za iscrtavanje trouglova kretanja na „i-V” dijagramu, odnosno utvrđivanja vremena za koje će ubrzavati voz do maksimalno dozvoljene brzine određena je specifična aktivna vučna sila za putnički i teretni voz za čitav opseg brzina.



Slika 3. Primer izrade „i-V” dijagrama za izračunavanje vremena ubrzavanja teretnog voza

Maksimalna dopuštena brzina na posmatranoj deonici pruge iznosi 70 km/h, uz dve ograničene brzine od 50 km/h. Vrednosti za zaustavni put i vreme kočenja dobijene su na osnovu dijagrama kočenja za putnički i teretni voz. Za putnički voz iznose 0,48 min i 280 m u Ralji i 0,56 min i 330 m u Ripanj tunelu, a za teretni voz 0,8 min i 450 m u Ralji i 1,12 min i 650 m u Ripanj tinelu.



Slika 4. Primer određivanja voznih vremena na osnovu „I-V" dijagrama

Na osnovu izračunatih vremena, izračunata su vremena vožnje putničkog i teretnog voza (tabela 1), i to:

- vremena vožnje voza od početne do krajnje stanice sa zaustavljanjem u međustanici,
- vremena vožnje voza od početne do krajnje stanice bez zaustavljanja u međustanici,
- vremena vožnje voza od početne do krajnje stanice i to sa polaskom iz početne, zaustavljanjem i bavljenjem u međustanici i zaustavljanjem u krajnjoj stanici pri čemu su vremena bavljenja vozova u stanici Ralja uzeta iz knjižice reda vožnje i iz grafikona saobraćaja vozova i iznose 4 min za voz 52184 i 1 min za voz 2902.

Tabela 1. Vremena vožnje voza od početne do krajnje za sva tri slučaja (u minutima)

od početne do krajnje stanice sa zaustavljanjem	putn.	13,41	od početne do krajnje stanice bez zaustavljanja	putn.	13,076	od početne do krajnje stanice i bavljenje	putn.	14,411
	ter.	15,66		ter.	14,512		ter.	19,661

4. PRORAČUNSKE VREDNOSTI VOZNIH VREMENA PRIMENOM METODE SREDNJIH BRZINA

Iz Odeljenja reda vožnje su za posmatranu deonicu pruge od stanice Sopot kosmajski do stanice Ripanj tunel, preuzeti su ulazni podaci za proračun voznih vremena metodom na bazi srednjih brzina i to za dve varijante saobraćaja vozova, i to za:

- vozove sa polaskom iz početne i zaustavljanjem u krajnjoj stanici i
- vozove sa polaskom iz početne, zaustavljanjem u međustanici i zaustavljanjem u krajnjoj stanici.

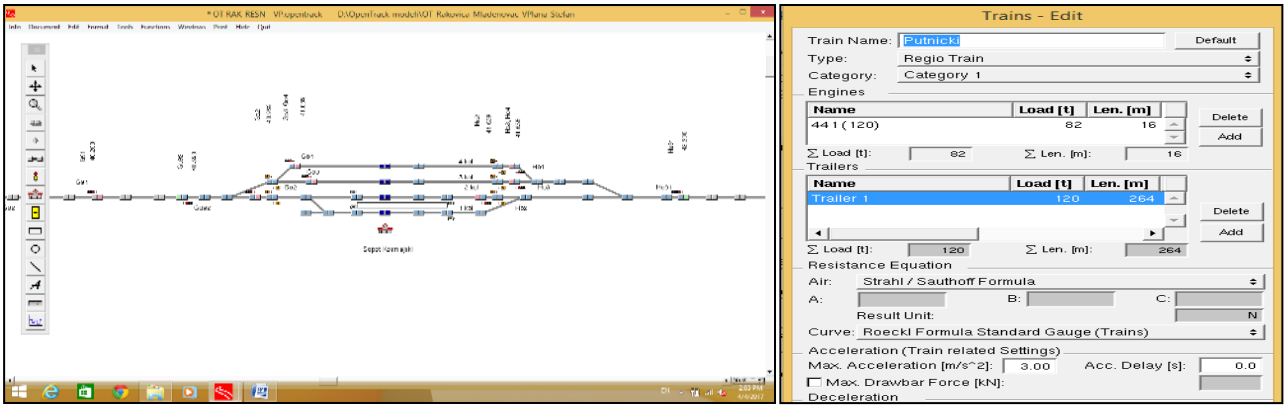
U tabeli 2 date su vrednosti voznih vremena za putnički (brzi) i teretni voz.

Tabela 2. Vozna vremena putničkog (brzog) i teretnog voza dobijena metodom srednjih brzina

Red vožnje: 2016/2017.		Grafikon: 9.1							List: 2		
Relacija:		Voz: teretni							Procenat kočenja:		Masa voza:
Sopot kosmajski – Ripanj tunel		Serija v.v. 461							P= %		Q=1300t
Udaljenost	Službena mesta	Polazak / zaustavljanje	Vreme vožnje		Polazak / zaustavljanje	Vreme vožnje		Vmax	Vskret	Merodavni	
			čisto	zaokruženo		čisto	zaokruženo			pad	otpor
KM		p / z	min	min	p / z	min	min	km/h	km/h	‰	dan/t
1	2	3	4	5	3	4	5	6	7	8	9
6.2	Sopot Kosmajski	polazak	-	-	polazak	-	-	80		1	4
	km 038+350 т: 50										
6.8	Ralja	prolazak	9,5	10	zaust/polazak	10,0	10	70	50	0	15
	km 031+600 т: 50										
5.1	Ripanj tunel	zaustavljanje	6,05	6	zaustavljanje	7,05	7		50	12	14
Relacija:		Voz: brzi							Procenat kočenja:		Masa voza:
Sopot kosmajski – Ripanj tunel		Serija v.v. 441							P= %		Q=120t
Udaljenost	Službena mesta	Polazak / zaustavljanje	Vreme vožnje		Polazak / zaustavljanje	Vreme vožnje		Vmax	Vskret	Merodavni	
			čisto	zaokruženo		čisto	zaokruženo			pad	otpor
KM		p / z	min	min	p / z	min	min	km/h	km/h	‰	daN/t
1	2	3	4	5	3	4	5	6	7	8	9
6.2	Sopot Kosmajski	polazak	-	-	polazak	-	-	100		1	4
	km 038+350 т: 50										
6.8	Ralja	prolazak	7,84	8	zaust/polazak	8,34	8	70	50	0	15
	km 031+600 т: 50										
5.1	Ripanj tunel	zaustavljanje	5,93	6	zaustavljanje	6,43	7		50	12	14

5. PRINCIP IZRAČUNAVANJA VOZNIH VREMENA NA POSMATRANOJ DEONICI PRIMENOM SIMULACIJE U OPENTRACK

Za potrebe proračuna voznih vremena definisanih putničkih i teretnih vozova na posmatranoj deonici od stanice Sopot kosmajski do stanice Ripanj tunel primenom metode simulacije na modelu u ovom radu korišćen je simulacioni model od stanice Resnik do stanice Velika Plana, koji je jedan od autora ovog rada uradio u softveru za simulaciju železničkog saobraćaja OpenTrack za potrebe projekta rađenog u Saobraćajnom institutu CIP 2013 godine. Za potrebe ovog rada urađene su potrebne modifikacije modela infrastrukture, u smislu ugrađivanja u model infrastrukture aktuelnih podataka o ograničenim brzinama i laganim vožnjama na delu pruge od stanice Sopot Kosmajski do stanice Ripanj tunel.



Slika 5. Infrastruktura stanice Sopot kosmajski i parametri modelovanog putničkog i teretnog voza

Parametri za vozove su posebno modelovani prema podacima koji su korišćeni u Milerovoj metodi i na osnovu njih su izvedeni posebni simulacioni eksperimenti, na osnovu kojih su dobijena konačna vozna vremena definisanih vozova (Zorica, 2013).

6. UPOREDNI PRIKAZ VOZNIH VREMENA DOBIJENIH NA BAZI PRIMENE RAZLIČITIH METODA I STVARNOG GRAFIKONA

Cilj rada je bio da se ustanovi stepen tačnosti svake metode u proračunu voznih vremena. Svaka metoda je dala svoje neke svoje rezultate od kojih se neki rezultati bliži stvarnim vrednostima, a neki su sa manjim stepenom tačnosti.

Tabela 3. Uporedni prikaz vrednosti voznih vremena dobijenih primenom Milerove metode, metode srednjih brzina, metode simulacije na modelu i vremena vožnje prema stvarnom grafikonu saobraćaja vozova na deonici od stanice Sopot kosmajski do stanice Ripanj tunel

Vozovi	Vremena vožnje prema primenjenoj metodi			
	Milerova metoda (min)	Metoda srednjih brzina (min)	Metoda simulacije na modelu u Open Track (min)	Stvarnom grafikon saobraćaja vozova
Putn. bez zaust. u Ralji	13,076	13,77	15,5	16
Putn. sa zaust. u Ralji	14,41	15,77	17,82	18-19
Ter. bez zaust. u Ralji	14,512	15,55	17,85	19
Ter. sa zaust. u Ralji	19,66	21,05	23,0	24

Razlike u proračunatim voznim vremenima nastaju i usled nepodudarnosti mesta zaustavljanja vozova. Tako na primer: kod Milerove metode i metode srednjih brzina kao mesto zaustavljanja svih vozova u službenom mestu uzima se sredina stanične zgrade (stacionaža stanice), što u realnom sistemu nije tako jer se vozovi za prevoz putnika zaustavljaju na naznačenim mestima zaustavljanja uz perone ispred stanične zgrade, a mesto zustavljanja teretnih vozova je najčešće blizu izlaznog signala.

7. ZAKLJUČAK

Izmene na infrastrukturnim elementima sistema koje nastaju, sa jedne strane prilikom izgradnje novih i rekonstrukcije postojećih pruga, a sa druge strane uvođenjem ograničenih brzina i laganih vožnji kada se za to steknu uslovi koji se ne mogu unapred predvideti, zatim uvođenje u saobraćaj novih voznih sredstava, kao i zahtevi operatera u pogledu relacija saobraćaja vozova i mase vozova zahtevaju brzo reagovanje službi koje se bave izradom reda vožnje, pre svega u delu proračuna voznih vremena. Analiza rezultata izračunatih vrednosti voznih vremena primenom Milerove grafičke metode, primenom analitičke metode srednjih vrednosti brzina, primenom metode simulacije na modelu i stvarnih vremena vožnje iz realnog sistema može se doći do zaključka da je metoda simulacije na modelu najpribližnija rezultatima iz stvarnog grafikona saobraćaja vozova, odnosno srenariju koji se događa u realnom sistemu. Iz tog razloga potrebno je u upotrebu uvesti savremene metode za proračun voznih vremena na bazi primene mikro-simulacionih modela.

8. LITERATURA

Infrastruktura železnice Srbije a.d. (2017). Stvarni grafikon saobraćaja vozova

Huerlimann, D. and Nash, B.A.(2017). User manual „OpenTrack Simulation of Railway Networks", Version 1.9, Institute for Transport Planning and Systems, ETH Yrich.

Zorica M.. (2013). Glavni projekat rekonstrukcije ukrštaja železničke pruge br. 4 Rakovica – Mala Krsna – Velika Plana i opštinskog puta u Vrčinu, na km 26+874 pruge, Organizacija saobraćaja za vreme izvođenja radova, knjiga 5, Beograd

Zoran M.. (2001). Vuča vozova, Želnid, Beograd

Zorica M., Špiro G., (2017). Digitalna infrastruktura kao osnova za simulaciju železničkog saobraćaja - Iskustva železnica Srbije, Četvrti BiH Kongres o željeznicama, Sarajevo, BiH, 26.-27. oktobar 2017, Zbornik radova, ISSN 2233-0100, 219-230.

Priručnik za korišćenje simulacionog programa "PROVEP" (1977).

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

BEHAVIOR OF ROAD TRAFFIC PARTICIPANTS AT ACTIVE AND PASSIVE LOCAL RAILWAY CROSSINGS IN SERBIA

PONAŠANJE UČESNIKA U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU NA AKTIVNIM I PASIVNIM LOKALNIM PUTNIM PRELAZIMA U SRBIJI

Goran Tričković[a], Sandra Kasalica[a], Milan Milosavljević[a], Snježana Rajilić[b], Dušan Jeremić[a]

[a] *Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Dpt. School of Railway Studies, Zdravka Celara 14, Belgrade 11000, Serbia, tricko86@gmail.com, sandra.kasalica@gmail.com, mimilan89@gmail.com, jeremicd@gmail.com*

[b] *Bosnia and Herzegovina Railways Public Corporation, Musala 2, Sarajevo, 71000, Bosnia and Herzegovina, snjezana_rajilic@yahoo.com*

Abstract: *A survey conducted on participants in road traffic on the territory of eight settlements in the Republic of Serbia analyzed their behavior when crossing active and passive railway crossings. The aim of this paper is to investigate certain activities that affect the safe behavior of drivers at railway crossings, such as activities related to adjusting the speed of approaching the railway crossing, compliance with traffic signals, half gates violations and activities related to distractions inside the vehicles.*

Key words: *safety, railway crossings, survey*

Apstrakt: *Anketom koja je sprovedena nad učesnicima u drumskom saobraćaju na teritoriji osam naselja u Republici Srbiji analizirano je njihovo ponašanje prilikom prelaska aktivnih i pasivnih putnih prelaza. Cilj ovog rada je istraživanje pojedinih aktivnosti koje utiču na bezbedno ponašanje vozača na putnim prelazima, kao što su aktivnosti vezane za prilagođavanje brzine nailaska na putni prelaz, poštovanje saobraćajne signalizacije, zaobilaženje polubranika i aktivnosti vezane za odvraćanje pažnje unutar vozila.*

Ključne riječi: *bezbednost, putni prelazi, anketa*

1. UVOD

Sprovedenom anketom su obuhvaćena tri vida osiguranja putnih prelaza (pasivni putni prelaz, putni prelaz osiguran branicima i čuvarom i aktivni putni prlazi) i ponašanje učesnika u drumskom saobraćaju na svakom od njih.

Poznato je da pasivna signalizacija ne nudi zaštitu vozačima. Vozač mora da utvrdi kako da postupi, na osnovu zajedničkog razmatranja svojih pristupnih parametara (brzina drumskog vozila) i onih od strane voza (npr. pravac nailaska, brzina i udaljenost voza).

Čak i kada vozač posmatra nailazeći voz, mogu da postoje poteškoće u proceni brzine i vremena koje je preostalo do nailaska voza (NTSB, 1998; Kasalica i ostali, 2012). Prilazni parametri vozača uključuju i ograničenja u daljini preglednosti. Kada je preglednost ograničena, bilo bi logično pretpostaviti da je takvo ograničenje povezano sa većim učešćem nesreća zbog toga što je veći rizik povezan sa opstrukcojom u lateralnoj vidljivosti (Wigglesworth, 2001). Bezbednost na ovakvim tipovima putnih prelaza generalno zavisi od varijabilnosti u nebezbednom ponašanju vozača drumskih vozila. Edukacija vozača koja se odnosi na nebezbedno ponašanje je težak proces, tako da odgovarajuća tehnička rešenja mogu da budu najbolja prevencija koja utiče na ljudski faktor. Prema (Cairney, 2003), "forma tehničkog rešenja za kontrolu saobraćaja koja je implementirana na putnom prelazu u velikoj meri utiče na odluku vozača drumskog vozila vezanu za bezbednost na prelazu".

U Republici Srbiji, zaštita putnih prelaza sa modernim tehničkim sistemima uglavnom je limitirana raspoloživim novčanim sredstvima, kao i nacionalnom strategijom. Međutim, nebezbedno ponašanje vozača je u velikoj meri prisutno i na putnim prelazima osiguranim aktivnom signalizacijom. Pokazalo se da postoji veza između broja nesreća i broja neregularnih ponašanja koja se dešavaju na putnim prelazima. U istraživanjim koja su sprovedena (NTSB, 1998) koristi se ponašanje vozača, kao zamena za analizu nesreća u identifikovanju

opasnosti koje su prisutne na određenom ili grupi putnih prelaza. Za očekivati je, prema tome, da neke karakteristike koje se koriste za predviđanje nesreća na putnim prelazima mogu takođe biti karakteristike povezane sa frekvencijom očekivanog neregularnog ponašanja na putnim prelazima (Fitzpatrick i ostali, 1997). Proučavanjem stepena neregularnog ponašanja na posmatranom putnom prelazu može se proceniti stepen rizika koji je prisutan (Richards i ostali, 1997).

Ova studija je pokazala da su ovakva istraživanja, kako na pasivnim tako i na aktivnim putnim prelazima u Republici Srbiji neophodna u cilju podizanja nivoa bezbednosti.

2. METODE

Tabela 1 predstavlja listu od 11 pitanja iz ankete koja se odnose na aktivnosti koje učesnik u drumskom saobraćaju obavlja dok nailazi na putni prelaz.

Anketirani su učesnici u drumskom saobraćaju na 15 lokalnih putnih prelaza na teritoriji Republike Srbije. Anketom su obuhvaćeni po jedan putni prelaz u Kraljevu, Paraćinu, Batočini i Stepojevcu, po dva putna prelaza u Bačkoj Topoli i Dimitrovgradu, tri putna prelaza u Negotinu i četiri na teritoriji opštine Smederevska Palanka.

Od 15 putnih prelaza koji su obuhvaćeni anketom, 13 su aktivni putni prelazi, jedan je pasivan i jedan je obezbeđen sa čuvarom putnog prelaza. Ukupno je anketirano 389 vozača drumskih vozila.

Istraživanje je obavljeno na terenu u trajanju od mesec dana, a izvršeno je od strane studenata master strukovnih studija studijskog programa Saobraćajno inženjerstvo, odseka Visoka železnička škola.

Tabela 1. Pitanja iz ankete sa različitim tipovima aktivnosti koje vozač drumskog vozila može obavljati dok vozi

Broj pitanja	Pitanje
1.	Stanem i gledam levo i desno da se uverim da li voz nailazi na putni prelaz
2.	Usporim i gledam levo i desno da se uverim da li voz nailazi na putni prelaz
3.	Vozim preko putnog prelaza bez gledanja
4.	Stanem ispred drumskog saobraćajnog znaka STOP i uverim se da li voz nailazi
5.	Ako procenim da je voz daleko prelazim ispred voza kod putnih prelaza bez aktivne signalizacije
6.	Kada predugo čekam nailazak voza ignorišem signalizaciju ili obilazim polubranike
7.	Bez zaustavljanja vozim preko putog prelaza kada je svetlosna signalizacija aktivirana, pre početka spuštanja polubranika
8.	Bez zaustavljanja vozim preko putnog prelaza kada se polubranici/branici spuštaju, a u mogućnosti sam da pređem
9.	Vozim preko putnog prelaza kada su polubranici u horizontalnom položaju (obilazim spuštene polubranike)
10.	Prelazim preko putnog prelaza nakon što je voz prošao iako je signalizacija još uvek aktivirana
11.	Razna ometanja vozača unutar vozila koja odvraćaju njegovu pažnju (upotreba mobilnog telefona, korišćenje audio i GPS uređaja, konzumiranje hrane i pića, ometanje od strane suvozača)

3. REZULTATI

Rezultati istraživanja su prikazani posebno za svaki od tri tipa osiguranja putnih prelaza koji su obuhvaćeni anketiranjem.

3.1. Pasivni putni prelaz

Tabela 2 predstavlja odgovore anketiranih vozača na pasivnom putnom prelazu u km 162 + 593 pruge (Niš)-Crveni Krst-Zaječar-Prahovo pristanište, koji je prikazan na slici 1.



Slika 1. Putni prelaz u km 162+593 pruge (Niš)-Crveni Krst-Zaječar-Prahovo pristanište

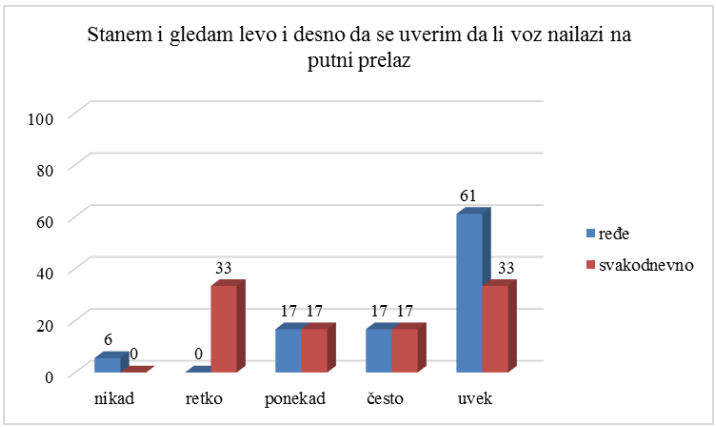
Za ovaj putni prelaz anketirano je 30 učesnika u drumskom saobraćaju. Pitanja koja su karakteristična za pasivne putne prelaze su pitanja od 1 do 5 i ona su obrađena u grafikonima (slike 2-5).

Učesnici u drumskom saobraćaju su podeljeni na one koji svakodnevno koriste putni prelaz (jednom ili više puta dnevno) i oni koji ređe koriste posmatrani putni prelaz (jednom, nekoliko puta nedeljno i ostalo – manje od jednom nedeljno).

Tabela 2. Rezultati ankete koji se odnose na aktivnosti koje vozači mogu obavljati dok prelaze pasivni putni prelaz

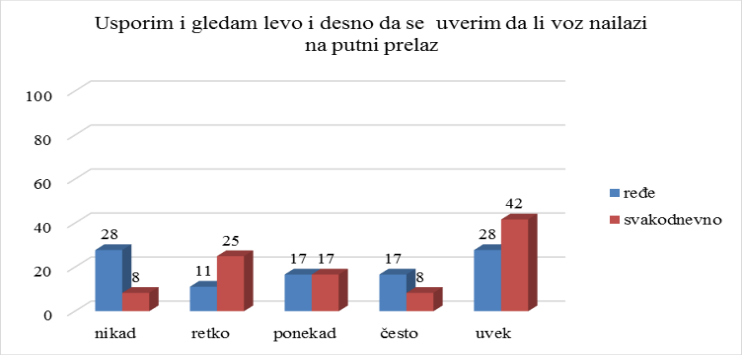
Broj pitanja	Rezultat				
	nikad	retko	ponekad	često	uvek
1.	1	4	5	5	15
2.	6	5	5	4	10
3.	28	2	0	0	0
4.	1	5	4	4	16
5.	17	4	5	1	3
6.	30	0	0	0	0
7.	18	4	6	2	0
8.	26	3	1	0	0
9.	30	0	0	0	0
10.	30	0	0	0	0
11.	6	13	6	4	1

Analiza je pokazala da 40% (12) anketiranih učesnika prelazi putni prelaz svakodnevno, a 60% (18) ređe. Pokazalo se da 33% anketiranih vozača koji svakodnevno prelaze putni prelaz retko stanu i uvere se da li voz nailazi na putni prelaz. Ostalih 33% vozača to rade uvek. Prema istraživanjima (NTSB, 1998), razlog za takvo ponašanje može da bude mala očekivanja da će voz naići, a neki vozači i ne gledaju da li voz nailazi na putni prelaz. Malo očekivanje da će voz naići na putni prelaz pojačava se svaki put kada vozač pređe putni prelaz a voz ne naiđe (Wigglesworth, 2001). Vozači koji ređe prelaze putni prelaz su obazriviji, 61% uvek pogleda da li voz nailazi, po 17% ponekad i često, a 6% nikad ne staje i ne pogleda levo i desno da se uveri da li voz nailazi na putni prelaz (slika 2).



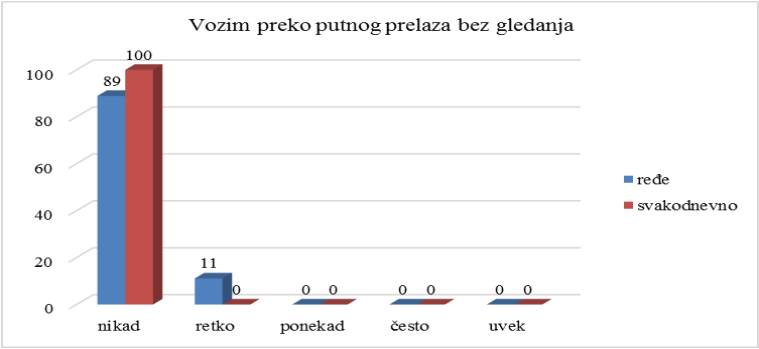
Slika 2. Poređenje učestalosti korišćenja putnog prelaza od strane vozača sa njihovim odgovorima na prvo i četvrto pitanje u procentima

Polovina vozača koji svakodnevno prelaze putni prelaz uvek ili često uspore i gledaju levo i desno. Pretpostavka je da su to vozači koji se ne zaustavljaju ispred putnog prelaza. Slična je i situacija s vozačima koji ređe prelaze putni prelaz.



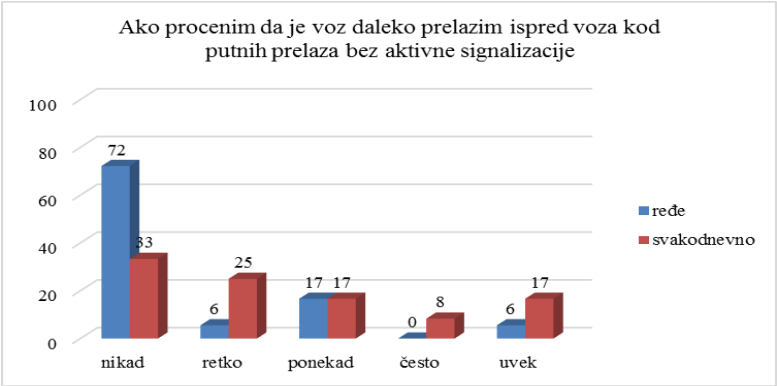
Slika 3. Poređenje učestalosti korišćenja putnog prelaza od strane vozača sa njihovim odgovorima na drugo pitanje u procentima

Odgovori vozača na treće pitanje koje se odnosi na to da li vozač prelazi putni prelaz bez gledanja su skoro ujednačeni za vozače koji svakodnevno i ređe prelaze putni prelaz (slika 4). Svi vozači koji prelaze putni prelaz svakodnevno su odgovorili da nikad ne prelaze putni prelaz bez gledanja, dok je taj procenat kod vozača koji ređe prelaze manji i iznosi 89%, a ostalih 11% retko prelaze bez gledanja.



Slika 4. Poređenje učestalosti korišćenja putnog prelaza od strane vozača sa njihovim odgovorima na treće pitanje u procentima

Odgovori vozača na pitanje da li prelaze putni prelaz ispred nailazećeg voza na osnovu njihove subjektivne procene vezano za udaljenost nailazećeg voza od putnog prelaza se poprilično razlikuju kod vozača koji svakodnevno i ređe prelaze putni prelaz (slika 5). Naime, vozači koji ređe prelaze putni prelaz su obazriviji, odnosno 72% je odgovorilo da nikad ne prelaze ispred nailazećeg voza, dok je 6% odgovorilo da prelazi uvek, preostali procenat prelazi retko ili ponekad. Kod vozača koji svakodnevno prelaze posmatrani putni prelaz, odgovori su ujednačeniji. Čak je po 17% odgovorilo da prelaze uvek ili ponekad, a 8% često. Nikad nisu prešli putni prelaz ispred nailazećeg voza 33%, a retko 25%. Ograničena preglednost pri približavanju putnom prelazu ometa sposobnost vozača da detektuje nailazeći voz. Ograničena preglednost ograničava vreme koje stoji na raspolaganju vozaču da adekvatno proceni brzinu i udaljenost nailazećeg voza (Yeh i Multer, 2008).



Slika 5. Poređenje učestalosti korišćenja putnog prelaza od strane vozača sa njihovim odgovorima na peto pitanje u procentima

Posmatrani pasivni putni prelaz se nalazi u obostranoj krivini, tako da je preglednost od strane vozača drumskog vozila ograničena. Za očekivati bi bilo da se vozači zaustave ispred putnog prelaza i uvere se da li voz nailazi na putni prelaz. Ovo istraživanje je pokazalo da se većina vozača pridržava propisa, ali ima i onih koji se ponašaju neodgovorno i na taj način ugrožavaju bezbednost saobraćaja.

3.2. Putni prelaz sa branicima i čuvarom

Tabela 3 predstavlja odgovore anketiranih vozača na putnom prelazu obezbeđenom branicima i čuvarom u km 174 + 510 pruge (Niš)-Crveni Krst-Zaječar-Prahovo pristanište, koji je prikazan na slici 6.



Slika 6. Putni prelaz u km 174+510 pruge (Niš)-Crveni Krst-Zaječar-Prahovo pristanište

Za ovaj putni prelaz anketirano je 30 učesnika u drumskom saobraćaju. Pitanja koja su karakteristična za ove putne prelaze su pitanja 1 i 8.

Tabela 3. Rezultati ankete koji se odnose na aktivnosti koje vozači mogu obavljati dok prelaze putni prelaz sa branicima

Broj pitanja	Rezultat				
	nikad	retko	ponekad	često	uvek
1.	1	0	5	6	18
2.	4	3	2	5	16
3.	26	3	1	0	0
4.	3	0	10	0	17
5.	17	2	9	0	2
6.	30	0	0	0	0
7.	23	6	0	0	1
8.	28	1	1	0	0
9.	30	0	0	0	0
10.	28	1	1	0	0
11.	7	7	10	4	2

Za prvo pitanje koje se odnosi na to da li vozač stane i gleda levo i desno da se uveri da li voz nailazi na putni prelaz, 24 od 30 vozača je odgovorilo da uvek ili često staje, petoro njih je odgovorilo da to ponekad rade, dok je samo jedan vozač odgovorio da nikad ne staje. Ovo nam govori da većina vozača nema poverenja u ovakav sistem osiguranja putnog prelaza.

Na osmo pitanje koje glasi "Bez zaustavljanja vozim preko putnog prelaza kada se branici spuštaju, a u mogućnosti sam da pređem." većina ih je odgovorilo da nikada u takvoj situaciji ne prelaze putni prelaz, dok je dvoje odgovorilo da retko i ponekad ipak prelaze.

Može se zaključiti da je ponašanje ovih vozača na zadovoljavajućem nivou sa aspekta bezbednosti saobraćaja.

3.3. Aktivni putni prelazi

Tabela 4 predstavlja odgovore anketiranih vozača na 13 aktivnih putnih prelaza. Na slici 7. prikazan je putni prelaz u km 173 + 423 pruge (Niš)-Crveni Krst-Zaječar-Prahovo pristanište.



Slika 7. Putni prelaz u km 173+423 pruge (Niš)-Crveni Krst-Zaječar-Prahovo pristanište

Za ove putne prelaze anketirano je 329 učesnika u drumskom saobraćaju. Pitanja koja su karakteristična za aktivne putne prelaze su pitanja od 6 do 10 i ona su obrađena u grafikonu (slika 8).

Tabela 4. Rezultati ankete koji se odnose na aktivnosti koje vozači mogu obavljati dok prelaze aktivne putni prelaz sa polubranicima

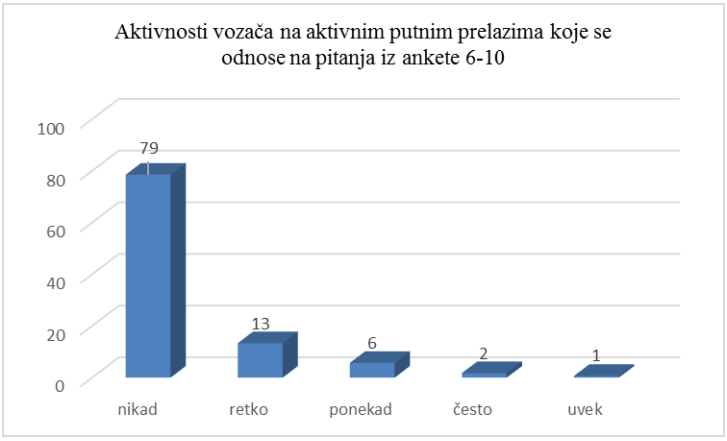
Broj pitanja	Rezultat				
	nikad	retko	ponekad	često	uvek
1.	2	18	45	53	211
2.	37	31	47	48	166
3.	248	43	16	16	6
4.	10	32	47	56	184
5.	177	70	57	16	9
6.	268	43	11	6	1
7.	225	62	31	7	4
8.	264	38	20	5	2
9.	288	23	13	3	2
10.	247	53	19	8	2
11.	100	63	94	48	24

Kako se vidi iz tabele 4, odgovori ispitanika na pitanja od 6 do 10 su prilično ujednačeni. Iz tog razloga urađena je kumulativna ocena ponašanja ispitanika koja je prikazana na narednom grafikonu.

Pitanja se odnose na ponašanje ispitanika u slučaju kada je signalizacija na putnom prelazu aktivirana (svetlosna signalizacija, spuštanje polubranika, obilaženje polubranika, prelazak posle voza iako je signalizacija još uvek aktivna).

Većina ispitanika, njih 79%, se regularno ponaša. Međutim, ostalih 21% bar ponekad pokazuju znake neregularnog ponašanja.

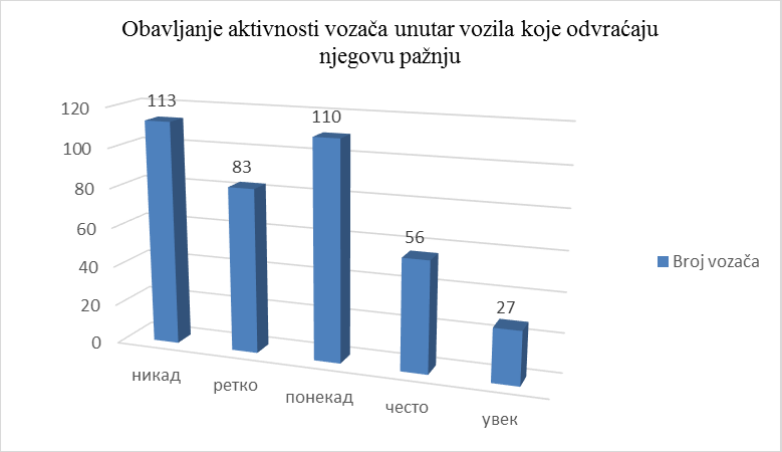
Kako je uzorak ispitanika reprezentativan može se zaključiti da udeo ispitanika koji se neregularno ponašaju nije zanemarljiv. Zapravo oni su najčešće i uzročnici ugrožavanja bezbednosti saobraćaja na ovim putnim prelazima.



Slika 8. Aktivnosti vozača na aktivnim putnim prelazima koje se odnose na pitanja iz ankete 6-10 u procentima

3.4. Aktivnosti vozača unutar vozila koja odvraćaju njegovu pažnju prilikom nailaska na putni prelaz

Pitanje broj 11 je glasilo "Razna ometanja vozača unutar vozila koja odvraćaju njegovu pažnju (upotreba mobilnog telefona, korišćenje audio i GPS uređaja, konzumiranje hrane i pića, ometanje od strane suvozača)".



Slika 9. Obavljanje aktivnosti vozača unutar vozila koje odvraćaju njegovu pažnju

Većini vozača je, bar jednom, neka aktivnost unutar vozila odvraćala pažnju prilikom prelaska putnog prelaza. Ovo nije zanemarljiv pokazatelj uticaja na bezbednost saobraćaja. Naime, 113 od 389 ispitanika je odgovorilo da nikada nisu imali ometanja unutar vozila dok prelaze putni prelaz.

4. DISKUSIJA

Anketom su obuhvaćena tri vida osiguranja putnih prelaza i ponašanje učesnika u drumskom saobraćaju na svakom od njih.

Pokazalo se da ponašanje učesnika na pasivnom putnom prelazu nije na zadovoljavajućem nivou, iako se većina vozača pridržava propisa, postoji i ne mali broj nesavesnih vozača koji mogu da ugroze bezbednost saobraćaja na ovakvim putnim prelazima. Posebno je interesantno da vozači koji češće prelaze putni prelaz imaju slabija očekivanja vezana za nailazak voza dok su vozači koji ređe prelaze obazriviji.

Ispitanici koji prelaze putni prelaz sa branicima i čuvarom putnog prelaza u najvećem broju poštuju vertikalnu drumsku signalizaciju, dakle staju i uveravaju se o nailasku voza. Ovo nam govori da je poverenje u ovakav vid osiguranja kod ovih vozača malo.

Najveća grupa ispitanika je bila na aktivnim putnim prelazima. Pokazalo se da broj vozača koji se neregularno ponaša nije zanemarljiv. Upravo ta grupacija vozača je ona koja bi trebala biti obuhvaćena nekim narednim istraživanjima. Bilo bi interesantno sprovesti istraživanje ovakvih vozača pre i posle uvođenja video nadzora na ovakvim putnim prelazima.

Takođe je uočeno da razne opstrukcije vozača unutar vozila utiču na pažnju vozača, a samim tim i na bezbednu vožnju preko putnih prelaza.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Jedan od zaključaka koji proizilazi iz ovog istraživanja odnosi se na podizanje nivoa svesti vozača vezano za ozbiljnost problema ugrožavanja ljudskih života, kao i pričinjene materijalne štete.

Mere za podizanje nivoa edukacije vozača drumskih vozila trebalo bi vršiti putem držanja predavanja (predavači i instruktori vožnje u auto školama), prilozi na elektronskim medijima u emisijama koje obrađuju teme iz oblasti saobraćaja, kao i putem štampanih medija. Takođe bi trebalo sprovoditi kampanje za širu populaciju u vidu štampanih flajera koji bi se delili korisnicima putnih prelaza, kao i putem bilborda.

Pored mera usmerenih ka vozačima drumskih vozila moguće je primeniti razne tehničke mere, kao što su podizanje nivoa osiguranja, kao osnovna tehnička mera. Ostale tehničke mere bi bile uvođenje video nadzora kao mere za kontrolu ponašanja vozača drumskih vozila, mere kojima bi se povećala preglednost putnog prelaza, mere za uvođenje savremenih sredstava informisanja o približavanju voza putnom prelazu i druge tehničke mere.

Takođe bi bilo potrebno uskladiti normativna akta koja regulišu način osiguranja saobraćaja na putnim prelazima, zatim izraditi program rešavanja problema putnih prelaza od strane Infrastrukture železnica Srbije i lokalnih zajednica.

6. LITERATURA

National Transportation Safety Board. (1998). Safety Study: Safety at Passive Grade Crossings.

Kasalica, S., Vukadinović, R., & Lučanin, V. (2012). Study of drivers behaviour at a passive railway crossing. Promet - Traffic & Transportation, Vol. 24 No. (3), pp.193-201., ISSN 1848-4069.

Cairney, P. (2003). Prospects of improving the consipicity of trains at passive railway crossings, (No. CR217), Canbera: Australian Transport Safety Bureau.

Wigglesworth, E. (2001). A human factors commentary on innovations at railroad-highway grade crossings in Australia. Journal of Safety Research, 32, 309–321.

Fitzpatrick, K., & Carlson, P., & Bean, J. (1997). Traffic violations at grade highway-railway grade crossings, Research Report 2987-1, Texas transportation institute.

Richards, S. H., & Heathington, W. (1989). Driver Behavior at Highway-Railroad Grade Crossings. Report No. DTFH61-88-Z-00145. U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.

Yeh, M., & Multer, J. (2008). Driver Behavior at Highway-Railroad Grade Crossings: A Literature Review from 1990–2006, U.S. Department of Transportation DOTVNTSC- FRA-08-03.

Kasalica S., Tričković G., Milosavljević M., Jeremić D., & Vujović D. (2020). Assessment Of The Degree Of Safety At Railway Crossings In Serbia Conducted By Drivers. XIX International Scientific-expert Conference on Railways Serbia, Niš.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

THE ROLE OF BLOCK SYSTEMS IN ETCS LEVELS

Sanja Jevtić[a], Marko Bursać[a], Goran Tričković[a], Dragan Jevtić[b]

[a] *Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Dpt. School of Railway Studies, Zdravka Celara 14, Belgrade, 11000, Serbia, jevtic.sanja@gmail.com, sanja.jevtic@vzs.edu.rs, markobursac1987@gmail.com, marko.bursac@vzs.edu.rs, tricko86@gmail.com, goran.trickovic@vzs.edu.rs*

[b] *Infrastructure of Serbian Railways, IT department, Nemanjina 6, Belgrade, 11 000, Serbia, dragan.jevtic@srbrail.rs*

Abstract: *Block systems in many countries are in use for quite some time (differing in various parameters – principles of operation, length of track covered,..). Detecting the position of the train and its integrity, they are likely to survive for years to come. They already established a role in ETCS levels 1 and 2, but a significant role emerged in ETCS Level 3 as well. The aim of this paper is to give the specific insight of the use of block systems on different levels of ETCS, including hybrid level 3 (based on fixed virtual block), thus, potentially pointing out the direction to take in substitution of old block systems.*

Key words: *block systems, ETCS levels, fixed virtual block*

1. INTRODUCTION

Railways in Europe are experiencing increase in demands, and their capacities are stretched to the limits. Systems in use are not easily changed, and have been is use for considerable number of years. There had to be proposed a solution overcoming the limitations of currently used signaling systems. The speed and frequency of train demands decrease in distance between trains which can not be fully acheived with traditional systems.

The winner in battle for increase of traffic is definitely ERTMS (European Rail Traffic Magement System) with its subsystem ETCS (European Train Control System). Digitalisation also brought a need for substitution of outdated interlocking systems with new versions. This implies the use of computer networks (IP networks) broadening the already wide convergence towards IP. Signaling was avoiding this convergence for a long time but it was enevitable.

Block systems have been used for quite some time. Block is a trackside system, covering the area between stations. It's main purpose is to make train separation, by allowing the train a safe braking distance. Thus, frequency of trains is increased, and average speed also without compromising the safety aspect.

In case movement authority (MA) is transmitted in discrete points it is called a fixed block, with MA covering the entire section to the next point where further MA may be received. On lines with cab signaling and continuous transmission of MA a train releases the track continuously. This requires a permanent train-borne checking of train integrity (completeness). This second principle is based on time spacing between trains. In Serbia, a fixed block distance is used (traditional system). This implies that movement authority is transmitted at discrete points (trackside signals).

The other characteristics of train separation used in block systems is breaking distance. For safe train separation a train must always have at least a clear braking distance ahead. The track in block systems is divided into sections. One section could be occupied with only one train. The end of sections are limited with signals (MA), allowing entrance to following section (block). Clearing the signal have multiple requiremenst: the previous train left the section (cleared) thus avoiding that following train reach the previous train and protecting the train against opposing movements. The difference between the point where the signal is and where the actual end of section is (overlap) is left as an additional safety distance if the case the driver fails to brake adequately before a stop signal.

There are two main solutions for detecting the occupation of track section: with track circuits and with axle counters. Track circuits use tracks as a conduits and when the axle is on the section the detector detects that state (circuit is additionaly connected over the axle and the current reaching the detector is devided between the axle and detector). Axle counters count the number of axles entering/exiting the section, having a clear view of number of axles on the section (occupancy). Track circuits in Serbia are outdated and progresively replaced with axle counters. The maximum section using track circuits is 2200 m, while the maximum section using axle

counters is 3000 m. The powering (of equipment needed for block system) is done from two neighbouring stations using trackside power cable, layed in the trench along the track (Pravilnik o tehničkim uslovima za signalno-sigurnosne uređaje, 18/2016; Pravilnik o održavanju signalno-sigurnosnih uređaja, 80/2015).

ETCS as a part of ERTMS, in its underlying layers uses some data provided by interlocking systems and implicitly block system. But ETCS solution and its connection to interlocking depends on the implemented ETCS level. Also, the equippement used in ETCS implemented system on board and trackside will depend on the chosen level.

The aim of this paper is to give some cross section of current and further use of block systems. Since ETCS is a current standard for train control and its level 3 is still in development the goal is to asses the survivability of block in ETCS environment (Subset-026-2, 12/05/2014; Subset -026-3, 12/05/2014).

2. ETCS LEVELS

Throughout the subsets defining the features, functions, and interfaces of ETCS subsystems one statement is outlined – that the full architecture of ETCS is not achieved under ETCS level 2 (ETCS L2). Since ETCS L1 is the widest implemented solution, it should also be included in this assessment. ETCS L3 is a solution still dweling on different approaches, so it is very important to be aware of it correlation to traditional systems such is block.

Two other levels are in the picture: ETCS level 0 and NTC (*National Train Control*), formerly known as STM (*Specific Transmission Module*) indicating the module used for interfacing ETCS on-board to used national systems). ETCS L0 is the level related to purchase and innovation of rolling stock. It implies that ETCS on-board is installed and that the railway is preparing for track reconstruction (no ETCS trackside equipment), has no national train control systems on the track or they are currently unavailable for use (failure, commissioning,..). No real improvement in track use is made, there is no cab signalling and only the maximum train speed is supervised.

ETCS NTC is a bit different. There is a working national train control system on the track and the trains are equipped with ETCS on-board systems. Communication with the track, train integrity supervision and all the other safety features rely on the national system. The equipment on-board is interfaced to the national systems using STM. There is no train supervison by ETC on-board systems (national systems).

These two levels must have Eurobalise transmission since announcement/command of level transitions is expected when entering track that are fitted with some ETCS trackside equippement.

Following the previous facts, it is clear that there is no need for discussing block systems on these two levels. However, levels 1, 2 and 3 are clearly different from the traditional systems and it is interesting to show how block is used on these levels.

2.1. ETCS level 1

ETCS L1 is a spot transmission based train control system (when only eurobalises are used) and a semicontinous if the RIU (Radio Infill Unit) of Euroloops are used. This level is used as an overlay of the underlaying signaling systems ((Subset-026-2, 12/05/2014). Trackside systems (interlocking) generate MA and it is transmitted to train using Eurobalises. ETCS on-board supervises the speed of the system (protection from overrunning the MA). Train detection and train integrity supervision still done by the trackside systems (interlocking, track circuits, axle counters, ..). Lineside signalling (national systems) is in use (Figure 1).

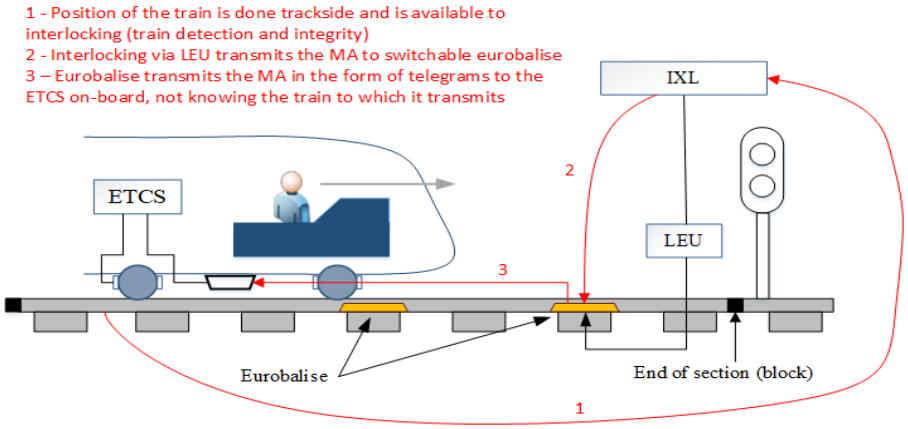


Figure 1. Role of block on ETCS L1

Eurobalises are interfaced to the LEU (Line Electronic Unit) which forms the balise telegrams for the train. LEU is connected to interlocking and the telegram it forms is based on information received from interlocking. Trackside equipment does not know to which train it is sending its information. Train is receiving MA of the following main signal only when it passes Eurobalise group of the signal. That is why the semicontinuos systems are introduced as well (RIU, Euroloop). This way the criteria of the following main signal is transmitted to the train much sooner than in the case only Eurobalises are used

Perhaps it is not so clear where the improvement lies in ETCS L1 use. It is clear that there is very little ETCS trackside equipment on this level (Eurobalises, Euroloops, RIU, LEU), and that this level depends on underlaying national systems, block being one of them. The main difference is the supervison of various speeds permitted on locations ahead of the train, dynamic speed profile, and cab signalning to the driver.

This is probably the level most widely used being the solution with moderate speed on the line. On this level ETCS is a complementary system adding and additional dimension of safety, manily because of its on-board equipment. However, this level demands for the reliable interlocking and block systems, so it makes reconstruction of these systems almost mandatory in the case of outdated national systems (being the case in Serbia). In cases where block is faulty, the fallback procedure is compromising the speed and frequency of trains, not differing much from currently used regulations.

2.2. ETCS level 2

ETCS level 2 is radio communication based level. Eurobalises are used (mostly) for location referencing. On-board systems perform constant supervision and protection against overrun of authority (commanding of brake application) and cab signaling is in use. MA is generated in RBC (*Radio Block Center*) ie trackside and is specific for each train. Train detection and integrity supervision are done trackside (interlocking, track circuits, axle counters,..) outside of ERTMS/ETCS system. This level is the standard for ETCS architecture. The role of block on ETCS L2 is represented in fig2.

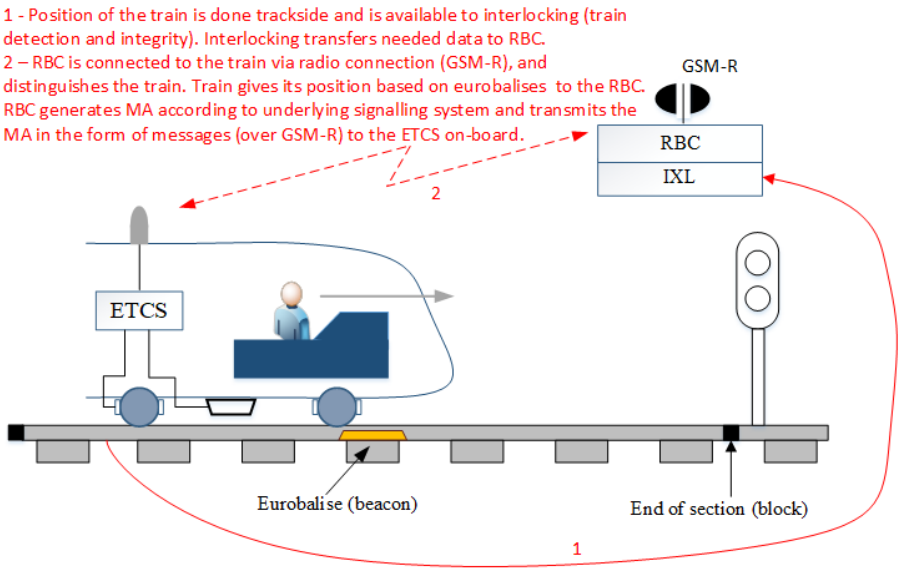


Figure 2. Role of block on ETCS L2

Since train speed is considerably higher than on level 1 or our national systems, some of the critical data sent from trackside to the train (on-board ETCS equipment) is, among other things, related to train position confidence interval. Safe front and rear end of the train is calculated and sent together with train integrity information originating from interlocking and block systems (Subset-026-2, 12/05/2014).

It is evident that the information provided by interlocking and block is deeply interleaved with the concept of ETCS L2. Interlocking (and block) is responsible for proving the track is vacant and ETCS system uses this data in multiple inner calculations and algoritms.

2.3. ETCS level 3

As it is stated in Subset-026-2, 12/05/2014, ETCS level 3 is a radio based train control system. MA is generated trackside and transmitted via Euroradio. Eurobalises are used for location referencing. The continuous speed supervision of the train is provided (protection for overrun of authority). Train position and integrity supervision are performed by RBC in cooperation with the train (main difference between L2 and L3). Train

send not only the position report to RBC but the train integrity information as well (so no need for fixed block system and train location devices trackside). Train integrity is not a function of the ETCS on-board but is an external function. ETCS on-board monitors train integrity and send this to RBC. This is the main shift from level 2 in relation to block systems. RBC recognizes each train by its ERTMS/ETCS identity (identity of it leading engine ETCS on-board equipment). Signaling along the track is not planned on this level.

So, on ETCS level 3 train integrity data is given by external device or the driver. Driver can enter these data only on standstill. The safe train length could not be determined without the train integrity (Subset -026-3, 12/05/2014; Subset-026-2, 12/05/2014). L3 than obviously need a TIMS (Train Integrity Monitoring System). This is the very general description of ETCS L3 given by the subsets and other documents. Subsets defining L3 does not demand moving block althought it is vastly considered as a synonym for L3. The truth is that block sections exist along trackside in a logical form, either as fixed (virtual) or moving (virtual) block. However, there is a number of realization directions which are pursued, since L3 is still not a standard. Here we will mention some but will elaborate only the one related to traditional block systems and defined by document (Hybrid ERTMS/ETCS Level 3, Principles, 2020), being the theme of this paper.

Before discussing solutions for ERTMS L3 first an issue of virtual/moving blocks need to be addressed. Both are based on train separation that relies on position, length and integrity status of the train (Hybrid ERTMS/ETCS Level 3, Principles, 2020). There are two basis for all solutions for L3: virtual block and moving block (Figure 3). Virtual block implies a virtual object, of a fixed size, defined in RBC. This virtual block size could be adapted (updating of software/data bases), and corresponds to the line requirements. Moving block is also considered to be virtual, because its constrains are always changing. This block is related to specific train. Train has its related virtual block (only one) of adjustable distance (safe zone around/in front of each train).

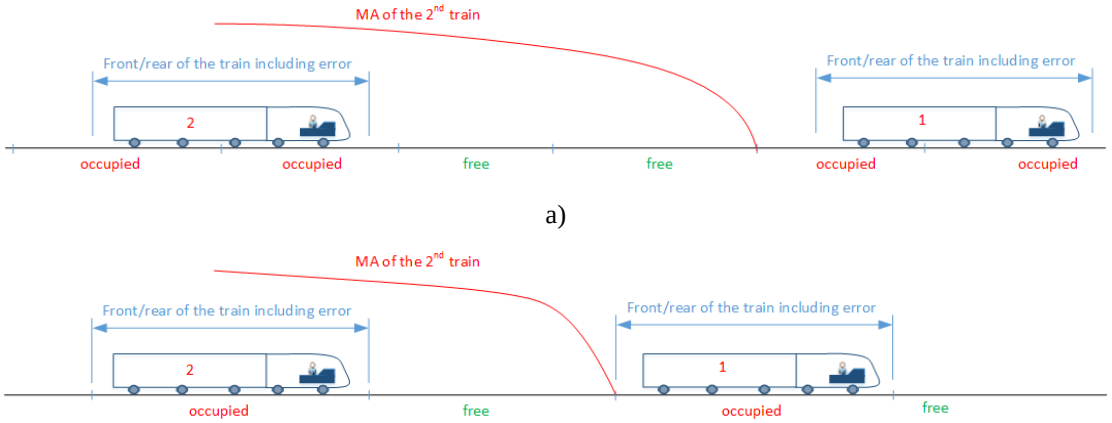


Figure 3. New block realisations: a) virtual block (with a number of sections of adequate size) and b) moving block

The issues postponing the migration to level 3 are also the issues defining the types of level 3 proposed in the previous period – preparation of fleet for ERTMS/ETCS, train integrity monitoring on trains, trackside train detection if ERTMS train data is missing, types of technologies for safe train separation: fixed virtual block (use of virtual fixed sections) and full moving block (safe dynamic separation between trains) (Furness Nicola, 2017. The types arisen from these issues, based on the development are:

- L3 Overlay – this type indicates that a ETCS L3 is ovelayed on Class B signaling system (national). Thus, a movement of non-ERTMS and ERTMS trains is possible. This implies a use of national signaling and thus some adjustment of operational procedures. TIMS is not mandatory. Althought it could be confusing this solution/type uses the virtual block technology.
- L3 Hybrid – this type will be discussed more. But in a nutshell it still uses trackside train detection. It could be based on virtual or moving block. Virtual block use is the most interesting for the purpose of this paper.
- L3 Virtual block – this virtual solution is without trackside train detection. It implies no signals are being used.
- L3 Moving block – this solution is based on moving block but without the use of trackside train detection. Two trains are separated by a safe distance and MA depends on the rear of the train in front. This is considered to be the most efficient way of using the track.There are no trackside train detection systems and the trains on this track must have TIMS.

L3 Hybrid is the furthest developed solution. The type using fixed virtual blocks for train separation of trains equipped with TIMS is defined in more detail (Hybrid ERTMS/ETCS Level 3, Principles, 2020). Trackside is also equipped with (limited) train detection systems (train separation) used without TIMS, and in fallback cases. Train separation is based on the position, length and integrity status of the (Hybrid ERTMS/ETCS Level 3, Principles, 2020). For implementation of this solution it would be ideal that each train has a TIMS, which sometimes is not plausible (still no reliable TIMS available for freight trains). But, the worst about changing the system to L3 is that for the implementation it is sometimes needed to change the operational procedures and to have a significant impact on trackside equipment (RBC, interlocking,..), which is a cost in itself. So, this shift dos not look like an easy endeavor.

The main characteristic of the mentioned Hybrid level 3 is that it in no small detail makes this change to L3 easier. It used fixed virtual block, meaning virtual block defined in RBC, but with fixed lengths. It also used limited trackside train detection. Three prerequisits – integrity of the train, length and position are to be considered. As mentioned before train integrity would have to be provided by TIMS, but are an issue in case of freight trains. Length is very important from the aspect of separation of trains (Figure 3). It is connected to the train integrity, correlating and being used as *safely* accquired train length. Position, on the other hand is not evident without the connection of the train. So, all the data train givea to trackside equipment is essential (position, integrity), and the loss of connection is a problem. These three prerequisites (integrity, length, position) are what have driven the development of this solution (Hybrid L3 – HL3). So, ERTMS train, ERTMS train with the lost of connection and non-ERTMS trains have a chance of sharing the same line (Hybrid ERTMS/ETCS Level 3, Principles, 2020). Loss of connection and not having TIMS or not being ERTMS equipped train will no longer be an insurmountable issue. Existing block lengths - trackside train detection length (TTD) is divided into smaller fixed virtual blocks -virtual subsections (VSS). The lengths need to be shortened so to resemble the usage of moving block (Figure 4) (Furness Nicola, 2017).

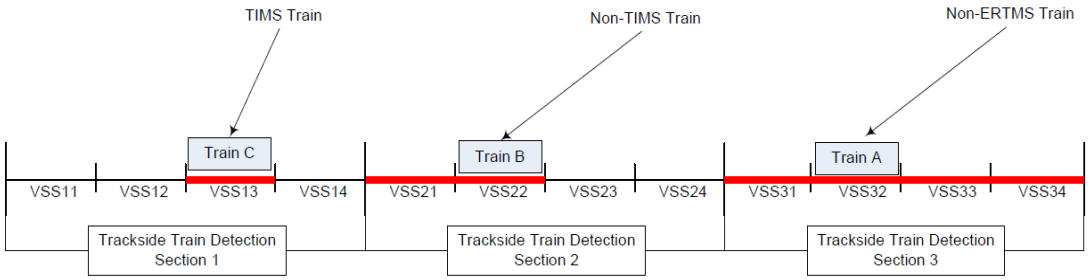


Figure 4. Different trains on HL3 line with limited use of trackside train detection, red colour showing the occupied fixed virtual blocks (Furness Nicola, 2017).

The VSS could be free, occupied (red in Figure 4), unknown or ambiguous. Ambiguosu means that position report the VSS is occupied and the trackside is not certain that there is no other vehicle in the rear on same VSS. Unknown indicates the trackside has no information in the position report that the train is on VSS but is not certain the VSS is free. The state of this subsection is derived from data by the underlying trackside train detection and position report. Convention of marking the VSS is given (Hybrid ERTMS/ETCS Level 3, Principles, 2020), Figure 5.

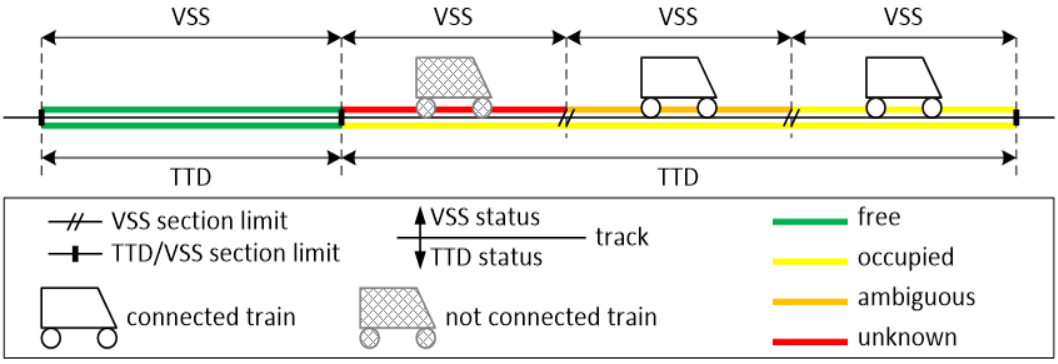


Figure 5. Marking of VSS subsection (Hybrid ERTMS/ETCS Level 3, Principles).

Granularity of the track, data from the trains and all other tasks performed in trackside equipment clearly make the use of this solution (HL3) very applicable.

3. DISCUSSION

Current traffic requirements in Serbia are more than covered with ERTMS L2 and L1 solutions. However, the railway are going trough a period of increase of needed capacities. This gives room for the implementation of L1, L2, or best L3 solution for a specific cases. The removal of train detection systems are considered to be a cost decrease on L3 (implementation, maintenance). But, it is a huge step for the railways. On the other hand, in case of need for new capacities L3 could be a good solution, but without the proper TIMS for freight it is not safe enough. That is what gives a hybrid L3 solution such a possibility.

Train detection and train integrity are main information provided by block systems to interlocking, undelaying ETCS. Block systems are expected to provide to interlocking train integrity and track clearance information (trackside).

ETCS levels 0 and NTC are not a significant issues for discussion in this paper. ETCS level 1 is widely interleaved with existing national systems, block being one of them. So, it is expected of it to establish if train integrity is compromised, and if track is not clear. It is not mandatory to have high performance block systems, but it is recommended to supstitute old unreliable systems.

The ETCS level 2 being a standard for full ETCS arhitecture could bring the increase of capacity to lines but at the cost of increase of trackside train detection systems. It's justification is an issue for discussion.

ETCS evolvement to level 3 brings all sorts of changes: train integrity assessment, MA generation philosophy, but is a railway, conventional and careful to the core, ready to jumpstart such a change?

What ever the chosen level of ETCS, the existence of block systems in some form is almost enevitable. Either way, the underlying IP network and optical transmission systems need to be safe, reliable and protected. The ETCS implementation will cast a new light to those systems trought a prism of safety. In order to be as reliable as possible, these systems, offering a path of connection between block/interlocking and ETCS systems (different solutions for various levels) will edure some restructuring from generic solutions we are used to. One of the aspects that need to be accented is cybersecurity. Cybersecurity aims to achieve the optimal level of protection for all telecommunicationa and signaling systems from cyber attacks and treaths (Shift2Rail). Other aspect is education and maintenance organization of staff (various vocations). Reduced number of emplyees is evident, and the average age is not favorable. So it is mandatory to employ new people, to invest in education (with all the new systems being installed) and to reorganize the process of maintenance. Level 3 could bring relief to maintenance process, if adequate solution is chosen (removal of block systems). But railway will want to keep the educated staff with a good number of working years ahead of them. It is evident that, since railways are so slow in vast changes, the change of major technology is corresponding to the generation change in maintenance.

4. CONCLUSION

Interlocking systems are using block systems for a number of decades now. But with the emerging of ETCS/ERTMS some of the uses of underlying systems is questioned, especially having different solutions (levels).

The implementation of ETCS in Serbia and the solution used (L1/2, with inovated block systems), will in the years to come have to prove its weak and strong points. In the meantime, exspecting the major increase of traffic the need to look even further is present. This shades a new light on Level 3 solutions. What L3 solution will be adequate for our lines (if any) will be certain with the harmonization of solutions. There seems to be no rush for a definitive L3 version. In the mean time there will be enought time to consider what other railways have done, and to closely examine their experiences. If however, several solutions appear one of them being Hybrid L3, the use of block will be relevant. In the meantime L1/2 will still be using block as an essential part of the system arhitecture. Its use will be for sure still questioned on Level 3 solutions.

5. REFERENCES

Furness, N., van Houten, H., & Arenas, L. (2017). ERTMS level 3: The Game-Changer. (232). IRSE News, 232, 2-9.

Hybrid ERTMS/ETCS Level 3, Principles. (2020, 10 15). EEIG ERTMS Users Group

Pravilnik o održavanju signalno-sigurnosnih uređaja. (2015). Sl.glasnik RS 80/2015.

Pravilnik o tehničkim uslovima za signalno-sigurnosne uređaje. (2016). Sl.glasnik RS 18/2016.

Shift2Rail. (n.d.). Advanced Traffic Management&Control Systems/Cyber Security TD2.11. Inovation Programme 2. Retrieved from https://projects.shift2rail.org/s2r_ip_TD_r.aspx?ip=2&td=0ac388f4-f808-484c-9f5e-432447324e36, (01.07.2021).

Stanley, P. (Ed.). (2011). ETCS for Engineers. DVV Media Group GmbH, Eurailpress, Hamburg

Subset -026-3. (12/05/2014). System Requirements Specification, Chapter 3, Principles(3.4.0). ERA, UNISIG, EEIG ERTMS USERS GROUP

Subset-026-2. (12/05/2014). ERTMS/ETCS System Requiremensts Specification, Chapter 2, Basic System Descriptions (3.4.0). ERA, UNISIG, EEIG ERTMS USERS GROUP

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

MANAGEMENT OF UNEVENNESS OF THE RAIL HEAD – ASPECT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

UPRAVLJANJE NERAVNINAMA NA GLAVI ŠINE – ASPEKT ODRŽIVOG RAZVOJA

Milica Mićić[a], Luka Lazarević[a], Zdenka Popović[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia, mvilotijevic@grf.bg.ac.rs, llazarevic@grf.bg.ac.rs, zdenka@grf.bg.ac.rs*

Abstract: *The paper presents a contemporary approach to the management of short wave unevenness of the rail head surface within the framework of sustainable development of railway infrastructure, considering complex and often opposite requirements of users, railways, economy, environment, social community and transport safety. The extremely important influence of the railway electrification on the sustainability of railway transport was pointed out. The management of the development of short wave unevenness from the aspects of the utilisation of fly ash for the construction of the railway substructure, the impact on the environment, noise and vibration emission, as well as traffic safety was considered. The importance of removing unevenness of the rail head surface by grinding, milling and planing work was emphasized. However, the possible negative impact of rail grinding technology on the environment was also pointed out.*

Key words: *railway, environment, squat, head checking*

Apstrakt: *U radu je predstavljen savremeni pristup upravljanju neravninama malih talasnih dužina na gornjoj površi glave voznih šina u koloseku u okvirima održivog razvoja železničke infrastrukture, uz razmatranje kompleksnih i često suprotnih zahteva korisnika, železnice, privrede, životne sredine, društvene zajednice i bezbednosti transporta. Ukazano je na izuzetno važan uticaj elektrifikacije železničke mreže na održivost železničkog transporta. Razmatrano je upravljanje razvojem neravnina malih talasnih dužina sa aspekata primene letećeg pepela za građenje donjeg stroja železničke pruge, uticaja na okruženje, emisije buke i vibracija, kao i bezbednosti saobraćaja. Istaknuta je važnost uklanjanja neravnina na glavi šine primenom brušenja, glodanja i struganja šinskog čelika, ali ukazano je i na mogući negativni uticaj tehnologije brušenja šina na okolinu.*

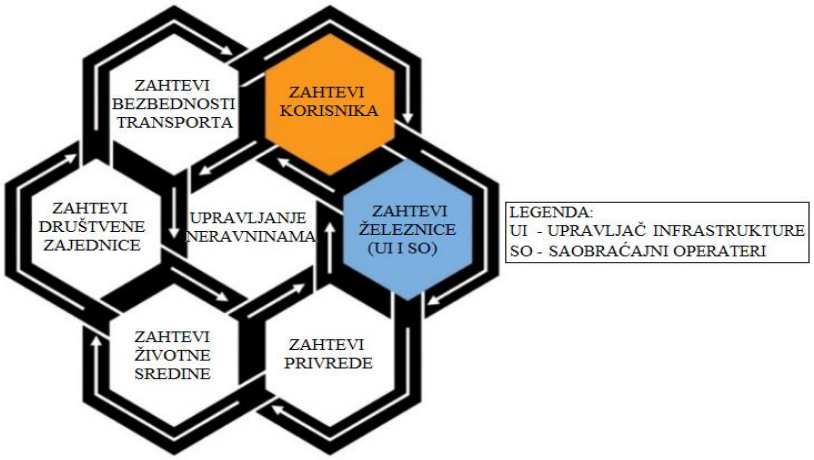
Ključne riječi: *železnica, životna sredina, defekat tipa squat, defekat tipa head checking*

1. UVOD

U radu se razmatra upravljanje neravninama malih talasnih dužina na gornjoj površi glave voznih šina u koloseku sa aspekta održivog razvoja železničkog transporta.

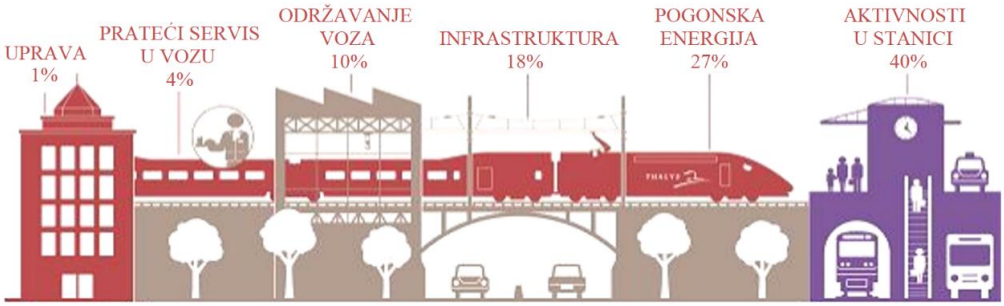
Održivi razvoj železničke infrastrukture treba da zadovolji potrebe savremenog transporta, a da pritom ne ugrozi održivost prirodnih resursa za buduća pokolenja, niti da svojim uticajima na prirodno okruženje ograniči mogućnosti novih generacija da zadovolje svoje potrebe. Ovakvi zahtevi su u skladu sa rezolucijom Ujedinjenih nacija „*A/RES/70/1 – Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*“ iz 2015. godine, u čijoj izradi je aktivno učestvovala i Republika Srbija, koja u strategiju razvoja društva i ekonomije uključuje zahteve održivog razvoja.

Savremeni pristup upravljanju neravninama malih talasnih dužina na gornjoj površi glave voznih šina u koloseku mora biti zasnovan na održivom razvoju železničke infrastrukture i kao takav mora da uključi kompleksne i često suprotne zahteve: korisnika, železnice, privrede, životne sredine, društvene zajednice i bezbednosti transporta (slika 1).



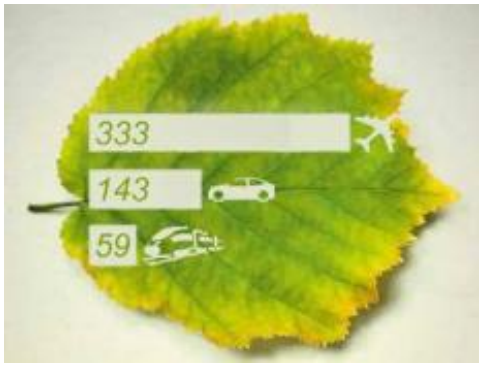
Slika 1. Kompleksni zahtevi za upravljanje neravninama na površini glave šine (Mićić, 2021)

Transport je izuzetno važan sektor privrede širom sveta. Njegov razvoj direktno doprinosi rastu i razvoju ekonomije u celini. U isto vreme, infrastruktura predstavlja neophodan, ali ne i dovoljan uslov za razvoj transporta i ekonomije (Vilotijević i dr., 2018). Sa druge strane, emisija štetnih gasova, buka, vibracije, uticaji elektromagnetnog polja, klimatske promene, saobraćajna zagušenja i nesreće ugrožavaju ljudsko zdravlje i životnu sredinu (Vilotijević, 2015). Dodatno, za građenje saobraćajne infrastrukture troše se prirodni resursi i zagađuje se životna sredina (slika 2). Zbog toga, transport u isto vreme predstavlja i potrebu i pretnju za razvoj ljudskog društva (Vilotijević i dr., 2018). U tom smislu, evropska transportna politika teži održivom razvoju transporta na globalnom nivou, koji je zasnovan na održivom korišćenju prirodnih resursa, zaštiti i unapređenju životne sredine, uz zadovoljenje realnih i različitih potreba svih kategorija potencijalnih korisnika transporta (European Commission, 2001; European Commission, 2011; Republika Srbija, 2009; United Nations, 1998). Železnički transport je još uvek vid transporta sa neiskorišćenim kapacitetima i izrazitim ekološkim potencijalom na globalnom nivou.



Slika 2. Karbonski otisak železničke infrastrukture i vozila (Popović i Lazarević, 2014)

Uspostavljanje zakonskih prava, odgovornosti i posledica u vezi sa životnom sredinom, kao i medijske kampanje i uključivanje ekoloških tema u obrazovanje, doprineli su razvoju ekološke svesti građana širom sveta. Ipak, praktično iskustvo jasno pokazuje da ekološka svest ljudi nije dovoljan uslov za prelazak sa ostalih vidova transporta (naročito sa drumskog i vazdušnog koji imaju izrazito negativni ekološki uticaj) na železnički transport (Vilotijević i dr., 2018). Slika 3 prikazuje karbonski otisak različitih vidova transporta izražen kao CO_2 emisija u gramima po putničkom kilometru (Popović i dr., 2017).



Slika 3. Karbonski otisak različitih vidova transporta (Popović i dr., 2017)

U cilju ispunjenja zahteva korisnika i postizanja konkurentskog kapaciteta na transportnom tržištu, železnička infrastruktura, vozila i prateće usluge moraju biti usklađeni sa specifičnim zahtevima modernog prevoza (Commission regulation, 2014a; Commission regulation, 2014b). Bez obzira na zvaničnu transportnu politiku koja je deklarativno usmerena ka održivom razvoju, koncept „prelaska na železnicu“ (*„modal shift to rail“ concept*) se presporo primenjuje na transportnom tržištu u Srbiji, ali i širom sveta (Popović i dr., 2017).

Cilj „*modal shift to rail*“ koncepta je razvoj savremene železničke infrastrukture koja mora da zadovolji potrebe korisnika (prevoz putnika i robe), ciljeve društvenog razvoja, kao i zahteve održivog razvoja transporta i društva u celini (Popović i Lazarević, 2014; Ernst i Kieffer, 2006; European Commission, 2004; Popović i dr., 2009; Popović i dr., 2012; International Union of Railways, 2008).

2. UTICAJ ELEKTRIFIKACIJE NA ODRŽIVOST ŽELEZNIČKOG TRANSPORTA

Jedan od osnovnih zahteva održivog razvoja železničkog transporta je elektrifikacija železničke mreže, i to uz obaveznu primenu održivih izvora električne energije. Veliki procenat fosilnih goriva u proizvodnji električne energije negativno utiče na karbonski otisak železničkog transporta u Republici Srbiji. Takođe, primena velikog broja dizel lokomotiva na železničkoj mreži emituje produkte koji značajno zagađuju vazduh, zemljište i vodu u okruženju. Nažalost, elektrifikacija železničkog sistema u Srbiji, s obzirom na veliki broj termoelektrana, ne daje potreban doprinos unapređenju životne sredine. Elektroenergetski sistem u Srbiji primarno je zasnovan na korišćenju uglja u termoelektranama u Obrenovcu, Kostolcu i Svilajncu. Procenjeni potencijal obnovljivih energetskih resursa u Srbiji iznosi 5,6 miliona tona izraženo u ekvivalentu nafte za godinu dana (Vilotijević i dr., 2018).

U Srbiji je elektrifikovano oko 1/3 železničkih koloseka, s tim da se u bliskoj budućnosti planira elektrifikacija dodatnih 254 km koloseka (u okviru rekonstrukcije i novogradnje). Glavne karakteristike planirane železničke infrastrukture u Republici Srbiji predstavljene su u radu (Vukićević i dr., 2018) zajedno sa lokacijom termoelektrana u odnosu na trase železničkih pruga.

Kapacitet elektrana u Srbiji iznosi 8,359 MW, pri čemu je najveći deo proizvodnje (oko 62%) zasnovan na sagorevanju lignita uz neminovno zagađenje vazduha, zemljišta, vode, hrane i zdravlja ljudi u okolini termoelektrana i šire. Svake godine u Srbiji se proizvede oko 7 miliona tona letećeg pepela iz termoelektrana. Trenutno se na deponijama oko termoelektrana nalazi više od 300 miliona tona letećeg pepela i šljake, što zauzima ogroman prostor (oko 1.600 hektara obradive zemlje). Dugoročno i trajno rešenje ovog problema vezano je za postepenu redukciju udela termoelektrana u proizvodnji električne energije i povećanje udela energije koja se dobija iz obnovljivih izvora.

Kao i kod ostalih linijskih infrastrukturnih objekata u oblasti transporta, građenje železničke infrastrukture zahteva velike količine zemljanog materijala za izvođenje nasipa. Veoma često (naročito u urbanim sredinama, na deonicama gde trasa prolazi kroz poljoprivredno zemljište i slično) postoji nedostatak pogodnog zemljanog materijala, ili su pozajmišta zemljanog materijala na velikoj udaljenosti u odnosu na gradilište na kome se izvode zemljani radovi. Jedan od načina za rešavanje uočenog problema nedostatka materijala za izvođenje nasipa je korišćenje materijala koji nastaju kao nusprodukt u termoelektranama (leteći pepeo i šljaka).

Na osnovu Zakona o upravljanju otpadom (Republika Srbija, 2018) pepeo i šljaka iz termoenergetskih postrojenja su svrstani u otpad koji se može koristiti kao sekundarna sirovina. U Srbiji se kao građevinski materijal za izradu železničkog nasipa mogu koristiti leteći pepeo i šljaka koji nastaju kao nusprodukt rada termoelektrana. Smanjenje deponija letećeg pepela i šljake kroz njihovu upotrebu u oblasti građevinarstva donosi višestruke koristi, od kojih su najznačajnije zaštita životne sredine, zaštita prirodnih neobnovljivih resursa (kamen, pesak, šljunak) i velike finansijske uštede. Primena letećeg pepela za građenje železničke infrastrukture omogućena je na osnovu Uredbe Vlade Republike Srbije (Republika Srbija, 2015). Cena ovog materijala iznosi 0 RSD.

Donošenju Uredbe (Republika Srbija, 2015) prethodila su geotehnička laboratorijska testiranja (Institut za ispitivanje materijala i Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2015) koja su dokazala da ispitivani leteći pepeo proizveden u termoelektranama u Srbiji može da se koristi za građenje železničke infrastrukture (Vukićević i dr., 2018), i to za:

- Stabilizaciju temeljnog tla nedovoljne nosivosti,
- Izradu zemljanog nasipa (korišćenjem jezgra od pepela ili stabilizacija zemljanog materijala korišćenjem pepela),
- Izradu sloja za povećanje nosivosti nasipa korišćenjem pepela i aktivatora od cementa ili kreča,
- Izradu nosećeg sloja ispod betonske/asfaltne noseće kolosečne podloge, koji je stabilizovan pepelom uz korišćenje aktivatora (cement ili kreč).

Ipak, pre primene letećeg pepela za izradu nosećih slojeva konstrukcije donjeg stroja železničke infrastrukture, zahteva se ispitivanje rizika od izluživanja opasnih materija u prirodno/urbano okruženje (Vilotijević i dr., 2018). U tom smislu, neophodno je ispitivanje izluživanja iz nasipa na probnim deonicama pod saobraćajem.

Studija (Institut za ispitivanje materijala i Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2015) pokazuje da se tokom vremena povećava nosivost slojeva stabilizovanih upotrebom letećeg pepela. Za ujednačenu nosivost stabilizovanog sloja neophodna je homogena mešavina zemljanog materijala i pepela, ujednačeno i pravovremeno zbijanje, kao i pravilna nega (vlaženje prskanjem nakon ugradnje).

Od izuzetnog značaja za pojavu i razvoj šinskih defekata tipa *squat* je postizanje i održavanje zahtevane (projektovane) i ravnomerne krutosti kolosečne podloge tokom građenja i održavanja železničke infrastrukture. U slučaju primene letećeg pepela za građenje donjeg stroja železničke pruge, od izuzetne važnosti je kontrola hemijskog sastava i geomehaničkih karakteristika pepela koji se uzima sa deponije, pravilno transportovanje i čuvanje pepela, poštovanje propisane tehnologije ugrađivanja i nege, kao i obavezna kontrola ostvarene nosivosti (*CBR* opitom treba da se dokaže zahtevana i ravnomerna nosivost). Ukoliko se iz bilo kojih razloga (npr. izvođač nije ovladao tehnologijom rada sa letećim pepelom) dokaže da je nosivost na planumu železničke pruge dovoljna i istovremeno neravnomerna, to bi moglo da dovede do brže pojave i razvoja šinskih defekata tipa *squat* usled pojave zona sa većom krutošću kolosečne podloge. U tom slučaju problemi i troškovi održavanja mogli bi da budu veći od ostvarenih ušteda ugradnjom letećeg pepela. S obzirom na to da je pojava šinskih defekata tipa *squat* vezana za zone kočenja i pokretanja vozila, ovaj problem se najjednostavnije može rešiti tako da se za građenje donjeg stroja ispod koloseka u službenim mestima (koloseci na kojima se vozovi zaustavljaju), kao i koloseka ispred predsignala i signala, ne koristi leteći pepeo.

Pored toga, zahtev da se realizuje projektovana i ravnomerna krutost kolosečne podloge kako bi se smanjili troškovi održavanja je opšti zahtev koji važi bez obzira na vrstu materijala koji se ugrađuju u konstrukciju gornjeg i donjeg stroja železničke infrastrukture.

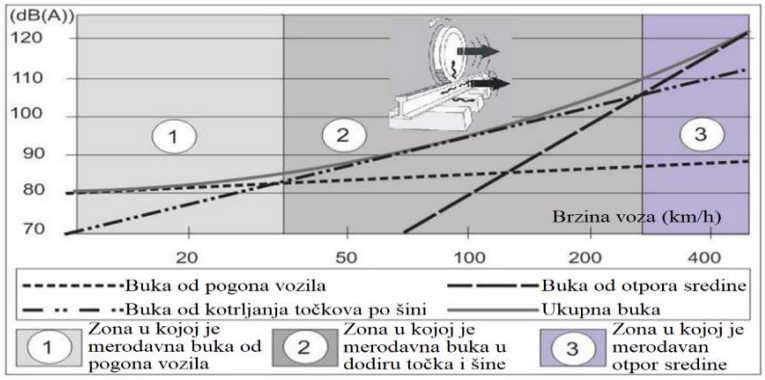
3. UTICAJ EMISIJE BUKE I VIBRACIJA NA UPRAVLJANJE NERAVNINAMA NA GLAVI ŠINA

Neravnine na voznoj površini glave voznih šina mogu prouzrokovati buku, vibracije i dodatna dinamička naprezanja, što ima za posledicu brže propadanje geometrije koloseka i elemenata konstrukcije gornjeg i donjeg stroja.

Emisija buke primarno zavisi od brzine kretanja železničkih vozila, kao što pokazuje slika 4.

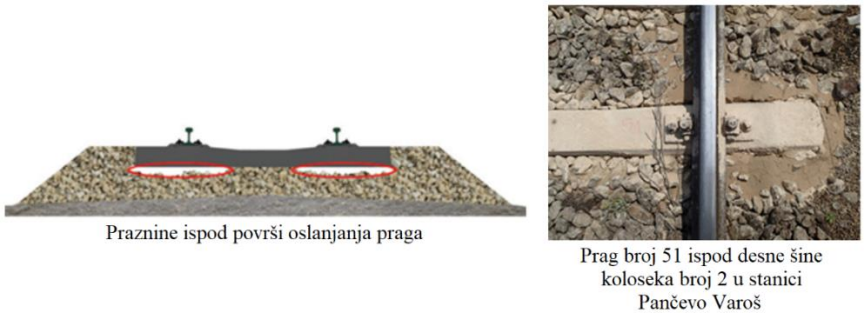
Kao što je prethodno pomenuto, pojava šinskih defekata tipa *squat* prostorno je ograničena zonama kočenja i pokretanja vozila, kao i zonama sa malim koeficijentom trenja u dodiru točka i šine (uslovi vlažnog dodira točka i vozne površi glave šine u tunelima). U skladu sa slikom 4, dalja razmatranja uticaja šinskih defekata tipa *squat* na emisiju buke određena su odgovarajućim nivoima brzina vozila u zonama pojave ovih defekata:

- Zona 1 odgovara zoni koloseka u službenim mestima na kojima se sva vozila zaustavljaju,
- Zona 2 odgovara zoni koloseka u službenim mestima na kojima se neka vozila zaustavljaju, a neka tranzitiraju bez zaustavljanja, kao i zonama ispred predsignala i signala. Takođe, zona 2 odgovara i deonicama koloseka u železničkim tunelima,
- S obzirom na nivo projektovanih brzina na železničkoj mreži (V_{max} = 200 km/h), zona 3 nije od značaja za razmatranje u oblasti železničkog saobraćaja u Republici Srbiji, ona se odnosi na deonice koloseka na kojima vozila saobraćaju brzinama većim od 280 km/h.



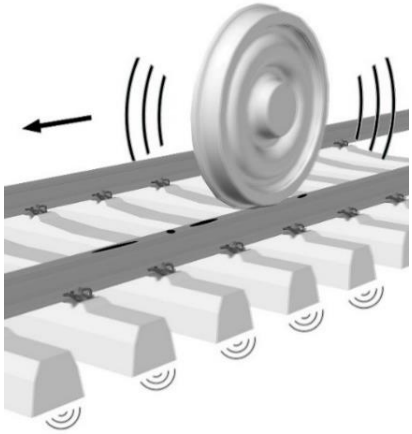
Slika 4. Nivo i izvori buke od železničkog saobraćaja zavisno od brzine vozila (Popović i dr., 2011)

Pojava šinskih defekata tipa *squat* na kolosecima u službenim mestima na kojima se sva vozila zaustavljaju neznatno povećava nivo buke zato što je buka od pogona vozila i uređaja u vozilu dominantna (slika 4). Ipak, u uslovima kada razvoj šinskih defekata tipa *squat* utiče na pojavu lošeg oslanjanja (slika 5) i vibriranja pragova pod točkovima vozila koje ulazi/izlazi sa koloseka, moguć je prenos strukturne buke (vibracija) u okruženje.



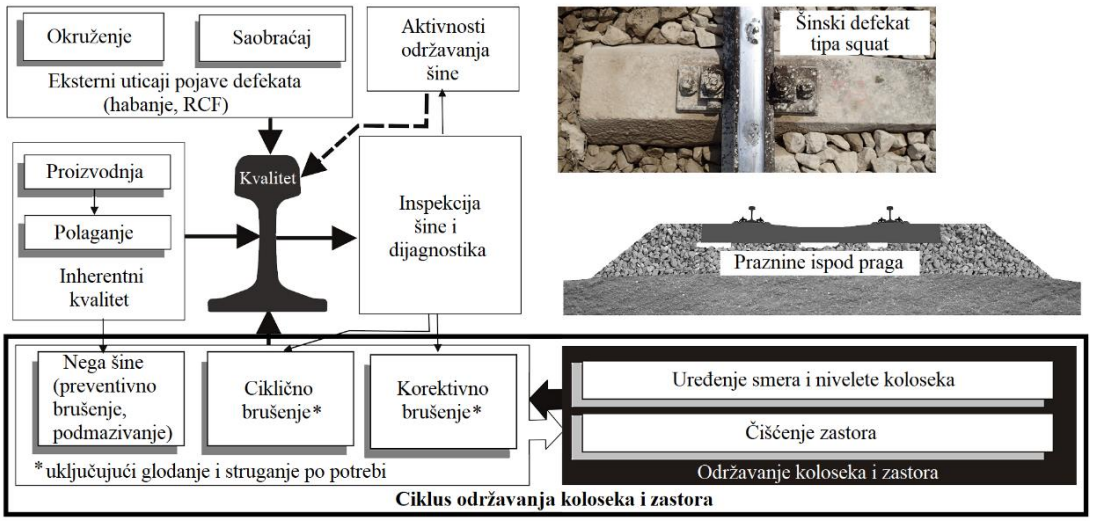
Slika 5. „Pragovi igrači" usled delimičnog oslanjanja na podlogu od tucanika (Mićić, 2021)

Pojava šinskih defekata tipa *squat* na kolosecima u službenim mestima na kojima se ne zaustavljaju sva vozila, kao i na deonicama koloseka u tunelima, ili deonicama ispred signala i predsignala (kada je na njima zeleno svetlo) utiče na povećanje emisije buke u okruženje usled neravnina na glavi šine u dodiru sa točkovima vozila (slika 6). Istovremeno, ovakvo stanje vozne površine na glavi šine u dodiru sa točkovima vozila dovodi do emisije strukturne buke (slika 6).



Slika 6. Uslovi za pojavu buke i vibracija usled neravnina u dodiru točak/šina (Mićić, 2021)

U svakom slučaju, pojava neravnina malih talasnih dužina na voznoj površi glave voznih šina može da dovede do oštećenja površi točkova vozila koje su u dodiru sa oštećenom šinom. Dalje, oštećeni točak može da dovede do oštećenja voznih šina na svim kolosecima po kojima se vozilo kreće. Ovo upućuje na važnost saniranja neravnina na glavi šine u što ranijoj fazi njihove pojave primenom cikličnog i korektivnog brušenja (uz uključivanje tehnike glodanja i struganja šinskog čelika prema potrebi), kao što pokazuje slika 7.



Slika 7. Uključivanje tehnike brušenja u ciklus održavanja koloseka i zastora (Mićić, 2021)

Osnovni cilj je da se omogući železnički transport sa minimalnim uticajem na okruženje (buka, vibracije), a da pri tome troškovi građenja i održavanja infrastrukture budu prihvatljivi za Upravljača infrastrukture u uslovima bezbednog železničkog saobraćaja, kao i da železnički transport odgovori zahtevima korisnika i unapredi svoju konkurentnost u odnosu na ostale vidove saobraćaja.

4. UTICAJ UPRAVLJANJA NERAVNINAMA NA GLAVI ŠINA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Loše upravljanje šinskim defektima povećava troškove održavanja šina i železničke ifrastrukture u celini. Nekontrolisani razvoj šinskih defekata do loma šine može da ugrozi bezbednost saobraćaja i da dodatno povećava troškove održavanja usled prerane zamene šina i ostalih oštećenih elemenata konstrukcije gornjeg stroja. Posledice mogu da budu ljudske žrtve, povrede, traume, materijalna šteta i nanošenje štete prirodnom/urbanom okruženju. Pored toga, ovakve nesreće mogu da dovedu do dugoročnog gubitka poverenja putnika u železnički prevoz i pad zahteva za prevozom robe železnicom, što smanjuje konkurentnost železnice u odnosu na ostale vidove transporta.

Lom šine je poslednja faza razvoja prsline, koja može da dovede do iskliznuća vozila iz koloseka. Mogućnost ugrožavanja bezbednosti saobraćaja usled razvoja šinskih defekata ukazuje na ozbiljnost sprovođenja inspekcije šina primenom odgovarajućih savremenih postupaka.

Slika 8 prikazuje fotografiju šinskog loma usled zamora šinskog čelika iz zvaničnog izveštaja (Office of rail regulation, 2006) o poznatoj železničkoj nesreći u Engleskoj (17. oktobar 2000. godine) usled iskliznuća putničkog voza iz koloseka. Nesreća se dogodila na izlasku iz stanice *Hatfield* usled višestrukih šinskih lomova uzrokovanih *head checking* defektima u kombinaciji sa *squat* šinskim defektima. Četiri putnika su poginula, povređeno je preko sedamdeset ljudi i prouzrokovana je velika materijalna šteta. U Izveštaju (Office of rail regulation, 2006) se navodi da je na dužini od 35 m uočeno oko 200 delova šine.



Slika 8. Jedan od sukcesivnih šinskih lomova u Hatfield–u usled zamora šinskog čelika (Office of rail regulation, 2006)

Dostupni podaci o iskliznućima teretnih vozova širom sveta svrstavaju defekat usled zamora šinskog čelika (*RCF – Rolling Contact Fatigue*) u jedan od osam najčešćih uzroka iskliznuća (D–RAIL project, 2012; Magel i dr., 2016). Neki od primera iskliznuća teretnih vozova usled loma šine navedeni su u (Magel i dr., 2016). Ispitivanjem uzroka nesreća, na šinama je uočen *RCF* defekat tipa *head checking* koji je predstavljao inicijaciju za razvijanje i napredovanje poprečne prsline koja je dovela do loma šine. Ovakve železničke nesreće na prugama sa teškim teretnim saobraćajem predstavljaju opasnost i po životnu sredinu usled oslobađanja opasnih materija i mogućih požara.

U Srbiji, nažalost, *RCF* šinski defekti nisu obuhvaćeni tehničkom regulativom tako da nema zvaničnih podataka o iskliznućima nastalim usled pomenutih šinskih defekata.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Železnički transport treba da zaštiti i, po mogućnosti, unapredi životnu sredinu. U radu je razmatran delikatan odnos železničke infrastrukture i životne sredine i ukazano je da politika održivog transporta i odgovarajuća zakonska regulativa treba da budu zasnovani na principu „korisnik plaća – zagađivač plaća“, koji je promovisan u (European Commission, 2011) u cilju ispunjenja zahteva očuvanja životne sredine.

Zahtevi održivosti infrastrukture su svakako kompleksni, a ponekad i međusobno suprotstavljeni. U tom smislu, u radu su posebno razmatrani zahtevi elektrifikacije koji usled primene fosilnih goriva u termoelektranama dovode do degradacije životne sredine. Takođe, ukazano je da primena letećeg pepela iz termoelektrana za građenje trupa železničkih pruga nije uvek povoljno rešenje sa aspekta zaštite životne sredine.

Efikasno upravljanje razvojem neravnina malih talasnih dužina podrazumeva uključivanje tehnike brušenja u okviru integralnog održavanja konstrukcije gornjeg stroja, uz moguću primenu savremene tehnologije mašinskog struganja, glodanja i završnog brušenja šinskog čelika. Međutim, važno je ukazati na mogući negativni uticaj tehnologije brušenja šina na okolinu zbog varničenja, kao i negativan uticaj na zdravlje angažovanih radnika zbog abrazivnosti čelične prašine. Zbog toga savremeno održavanje šine treba da uključi tehnike koje nemaju negativan uticaj na okolinu i zdravlje ljudi (npr. struganje i glodanje šinskog čelika). Pored toga, potrebno je i određivanje optimalne dužine ciklusa brušenja na što većoj dužini koloseka kako bi se postigao što veći ekonomski efekat i smanjio karbonski otisak usled održavanja šina.

U tom smislu, u radu se ističe da kompleksnost uticaja na životnu sredinu zahteva sveobuhvatno sagledavanje uticaja železničkog transporta na okruženje, uključujući građenje i održavanje železničke infrastrukture.

Osnova za realizaciju politike održivog razvoja železničkog transporta u Srbiji je uspostavljanje harmonizovanog zakonskog okvira u skladu sa zahtevima EU.

6. LITERATURA

Commission regulation (EU) No 1299/2014. Technical specifications for interoperability relating to the 'infrastructure' subsystem of the rail system in the European Union. Official Journal of the European Union, L356, 2014a, pp. 1–109.

Commission regulation (EU) No 1300/2014. Technical specifications for interoperability relating to accessibility of the Union's rail system for persons with disabilities and persons with reduced mobility. Official Journal of the European Union, L356, 2014b, pp. 110–178.

D–RAIL project. D1.1–Summary report and database of derailments incidents, 2012, p. 74.

European Commission. White paper – European transportation policy for 2010: Time to decide. Office for official publications of the European communities, Luxembourg, 2001, p. 126.

European Commission. Passengers' accessibility to heavy rail systems. European research area: Structural aspects – COST Action 335. Office for official publications of the European communities, Luxembourg, 2004, p. 98.

European Commission. White paper on transport – Roadmap to a single European transport area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2011, p. 32.

Ernst, J., & Kieffer, E. (2006). Barrierefreies Reisen durch Harmonisierung der Einstiegshöhen: Bahnhöfre. ETR. Eisenbahntechnische Rundschau, 55(5), 281–288.

Institut za ispitivanje materijala (IMS) i Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu. Korišćenje letećeg pepela i šljake proizvedenih u TE JP EPS za potrebe železnice, Studija, Beograd, 2015, p. 156.

International Union of Railways. Leaflet 140 – Accessibility to stations in Europe. France, Paris, 2008, p. 49.

Magel, E., Mutton, P., Ekberg, A., & Kapoor, A. (2016). Rolling contact fatigue, wear and broken rail derailments. Wear, 366, 249–257.

Mićić, M. (2021). Upravljanje neravninama malih talasnih dužina na glavi šine. Doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, p. 215.

Office of rail regulation. Train derailment at Hatfield – A final report by the independent investigation board, London, 2006, p. 245.

Popović, Z., Stevanović, K., & Puzavac, L. (2009). Railway terminals: Accessibility for persons with reduced mobility. Spatium, (20), 60–67.

Popović, Z., Puzavac, L., & Lazarević, L. (18 – 20. april 2011). Kontrola buke u dodiru točka i šine. In Međunarodna naučna konferencija "Održivi razvoj u funkciji zaštite životne sredine", Beograd, Srbija, pp. 184–185.

Popović, Z., Puzavac, L., & Lazarevic, L. (2012). Improving the accessibility of passenger railways in the Republic of Serbia. RTR–Railway Technical Review–English Edition, 52(2), 25–29.

Popović, Z., & Lazarević, L. (2014). Javni putnički saobraćaj na razdaljinama do 800 km. Put i sabraćaj, 60(3), 49–59.

Popović, Z., Lazarević, L., Vukićević, M., Vilotijević, M., & Mirković, N. (2017). The modal shift to sustainable railway transport in Serbia. In MATEC Web of Conferences, Vol. 106, pp. 967–976.

Republika Srbija. Zakon o potvrđivanju Kjoto protokola uz okvirnu konvenciju Ujedinjenih Nacija o promeni klime. Službeni glasnik RS – Međunarodni ugovori, br. 88/2007 i 38/2009.

Republika Srbija. Uredba o tehničkim i drugim zahtevima za pepeo, kao građevinski materijal namenjen za upotrebu u izgradnji, rekonstrukciji, sanaciji i održavanju infrastrukturnih objekata javne namene. Službeni glasnik RS, br. 56/2015, pp. 3–4.

Republika Srbija. Zakon o upravljanju otpadom. Službeni glasnik RS, br. 36/2009, 88/2010, 14/2016 i 95/2018, pp. 115–135.

United Nations. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1998, p. 21.

Vilotijević, M. (2015). Ekološki aspekt konkurentnosti železničkog transporta. Izgradnja, 69(3–4), 106–116.

Vilotijević, M., Vukićević, M., Lazarević, L., & Popović, Z. (2018). Sustainable railway infrastructure and specific environmental issues in the Republic of Serbia. Tehnički vjesnik, 25(Supplement 2), 516–523.

Vukićević, M., Popović, Z., Despotović, J., & Lazarević, L. (2018). Fly ash and slag utilization for the Serbian railway substructure. Transport, 33(2), 389–398.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

SUPERSTRUCTURE TYPES FOR URBAN RAIL SYSTEMS

TIPOVI KONSTRUKCIJA KOLOSEKA GRADSKIH ŠINSKIH SISTEMA

Zdenka Popović[a], Milica Mićić[a], Luka Lazarević[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia, zdenka@grf.bg.ac.rs, mvilotijevic@grf.bg.ac.rs, llazarevic@grf.bg.ac.rs*

Abstract: *In the urban environment, there is a growing tendency to use urban rail systems for passenger transport, which meet the requirements of European transport policy and significantly contribute to the quality of the environment due to their environmental performance. The paper presents the standard types of track superstructure for urban rail systems that are applied in European cities. The following types of slab track were described in detail: (a) systems with rails continuously laid on cast – in – place concrete beams or slab, (b) monolithic systems with precast reinforced concrete units and added cast – in – place concrete slab, and (c) systems with precast reinforced concrete elements.*

Key words: *railway, track superstructure, slab track, environment*

Apstrakt*: U urbanom okruženju jača tendencija za primenom gradskih šinskih sistema za prevoz putnika, koji svojim ekološkim performansama mogu odgovoriti zahtevima evropske transportne politike i znatno doprineti kvalitetu životne sredine. U radu su prikazani standardni tipovi konstrukcija koloseka gradskih šinskih sistema koji se primenjuju u evropskim gradovima. Detaljno su opisani sledeći tipovi konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi: (a) sistemi sa kontinualnim oslanjanjem šine sa betonskim gredama ili pločom izvedenim na licu mesta, (b) monolitni sistemi sa prefabrikovanim elementima od prethodno napregnutog betona i betonskom pločom izvedenom na licu mesta i (c) sistemi sa prefabrikovanim elementima od prethodno napregnutog betona.*

Ključne reči: *železnica, gornji stroj, kolosek na čvrstoj podlozi, životna sredina*.

1. UVOD

Sa aspekta nezavisnosti saobraćajnih površina u odnosu na druge vidove gradskog saobraćaja, postoje dve modifikacije javnog gradskog saobraćaja: a) površinski i b) nezavisni sistemi. Za dobro funkcionisanje površinskog javnog gradskog prevoza (tramvaji, autobusi i trolejbusi) potrebno je prostorno razdvajanje saobraćajnih površina u poprečnom profilu gradske saobraćajnice, kao i davanje prioriteta javnom gradskom saobraćaju. Sa druge strane, nezavisni šinski sistemi (sistem kabinskog prevoza gradskim žičarama i uspinjačama, laki šinski sistem (*Light Rail Transit – LRT*), metro sistem, gradska železnica) su sistemi velikog kapaciteta prevoza putnika, sa malim karbonskim otiskom.

Razmatranja u radu ograničena su na gradske šinske sisteme. Predmet istraživanja su savremene konstrukcije gornjeg stroja gradskih šinskih sistema.

2. KONSTRUKCIJA GORNJEG STROJA

Tip konstrukcije gornjeg stroja gradskog šinskog sistema zavisi od karakteristika trase u odnosu na ostale vidove gradskog saobraćaja. U tom smislu, trase gradskih šinskih sistema mogu biti: (a) potpuno nezavisne (koriste se isključivo za vozila gradskog šinskog sistema), (b) odvojene pomoću različitih barijera (ivičnjaci, ograde, vegetacija itd.) i (c) koloseci sa šinama integrisanim u saobraćajnicu koju koriste i drugi vidovi gradskog saobraćaja.

2.1. Konstrukcije koloseka u zastoru od tucanika

Kolosek u zastoru od tucanika primenjuje se u slučaju potpuno nezavisnih trasa šinskih sistema koje su isključivo namenjene vozilima gradskih šinskih sistema (metro sistemi, gradska železnica, prigradske deonice tramvajskih pruga i *LRT* sistema). Neminovnost propadanja geometrije koloseka u zastoru od tucanika pod uticajima saobraćaja ograničava primenljivost ovog tipa konstrukcije gornjeg stroja zbog potrebe za mašinskim održavanjem.

Mašinsko podbijanje pragova i čišćenje zastora u urbanom okruženju izrazito ograničava primenu ovog rešenja. Zavisno od tipa mehanizacije za podbijanje pragova, nivo buke na udaljenosti 1 m od koloseka iznosi 62–87 dB(A) (Auer i dr., 2019). U uslovima ograničenog dozvoljenog nivoa buke (naročito noću) i oštrih zahteva u pogledu raspoloživosti sistema za prevoz putnika (naročito tokom dana) teško je naći vremenski period neophodan za aktivnosti održavanja. Takođe, mašinsko održavanje koloseka podrazumeva emisiju gasova i prašine.

Ipak, manji troškovi građenja u odnosu na tipove koloseka na višeslojnoj čvrstoj podlozi mogli bi da budu prednost u slučaju metroa, gradske železnice i prigradskih deonica *LRT*–a.

Takođe, na deonicama sa izraženim diferencijalnim sleganjima donjeg stroja ne mogu se primeniti rešenja koloseka na čvrstoj podlozi.

2.2. Konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi

Danas se u urbanom okruženju primenjuje veliki broj različitih tipova konstrukcija koloseka na čvrstoj podlozi, zbog njihove izrazite prednosti u odnosu na konstrukcije u zastoru od tucanika u urbanom okruženju.

U Srbiji, nažalost, još uvek ne postoji katalog standardnih rešenja na prugama gradskih šinskih sistema. Za formiranje ovakvog kataloga neophodno je petogodišnje praćenje primenjene konstrukcije pod saobraćajem uz ocenu njenog stanja i troškova održavanja. Zbog toga su u ovom potpoglavlju prikazani različiti sistemi konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi koji se koriste za šinske sisteme javnog prevoza u gradovima Evrope.

2.2.1. Sistemi koloseka na čvrstoj podlozi sa kontinualnim oslanjanjem šine

Laki šinski sistemi (*LRT*) su oblik gradskog železničkog prevoza putnika koji se odlikuje kombinacijom povoljnih karakteristika tramvajskog i metro sistema. Iako je njegovo vozilo sličnije tradicionalnom tramvaju, *LRT* ostvaruje veći kapacitet i brzinu (uz postizanje velikih ubrzanja i usporenja na kratkim rastojanjima). Slično metro sistemu, trasa *LRT* sistema je nezavisna, ali kapacitet prevoza putnika je manji zbog dužeg intervala sleđenja vozila.

Prva rešenja kolosečnih konstrukcija za *LRT* u Hanoveru i tramvaja u Bremenu, Minhenu i Augsburgu, podrazumevala su kontinualno elastično oslanjanje šine na betonsku ploču ili na podužne betonske grede izvedene na licu mesta. Sistem kontinualnog oslanjanja voznih šina obezbeđuje ravnomerni prenos sila od saobraćajnog opterećenja na šinsku podlogu. Ravnomerna vertikalna krutost šinske podloge duž voznih šina povoljno utiče na smanjenje pojave i razvoja uobičajenih šinskih defekata koji se javljaju na voznim šinama gradskih šinskih sistema (različite vrste naboranosti i defekti usled zamora šinskog čelika). Kontinualno elastično oslanjanje šine može biti izvedeno postavljanjem kontinualne elastomerne trake ili kontinualnim podlivanjem poliuretanskom masom ispod nožice šine.

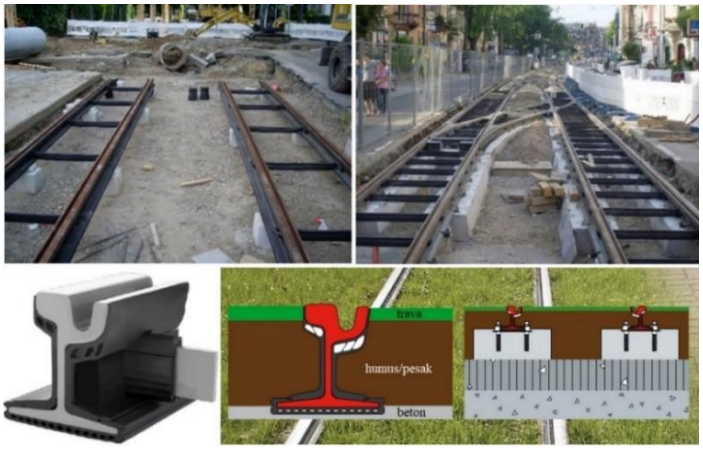
Konstrukcija koloseka na betonskoj podlozi izvedenoj na licu mesta zahteva veliku preciznost izvođenja, trajnost i otpornost betona na dejstvo mraza i soli. Na osnovu iskustva, rešenja sa betonskom podlogom izvedenom na licu mesta dokazala su tehničku i ekonomsku održivost, naročito kada ima dovoljno prostora u profilu gradske saobraćajnice za korišćenje građevinske mehanizacije (kontinualno izvođenje pomoću finišera sa kliznom oplatom). Ipak, prostor je često ograničen, tako da su u upotrebi sistemi sa prefabrikovanim elementima.

2.2.2. Monolitni sistemi sa integrisanim prefabrikovanim elementima od prethodno napregnutog betona i betonskom pločom izvedenom na licu mesta

Osnovni princip ovog tipa konstrukcije koloseka je integracija koloseka sa betonskim pragovima i betonskog nosećeg sloja. Noseći betonski sloj, pravougaonog ili koritastog poprečnog preseka, izrađuje se kontinualno na licu mesta pomoću finišera sa kliznom oplatom. Koncept primene prefabrikovanih pragova od prethodno napregnutog betona, koji su integrisani u monolitnu betonsku podlogu, obezbeđuje preciznu geometriju za postizanje projektovane širine koloseka i ugradnju sistema šinskog pričvršćenja.

2.2.2.1. Sistem „Freiburg“

Prefabrikovani elementi se sastoje od betonskih blokova (25 x 25 cm). Na njih se polažu kolosečna polja sa voznim šinama savijenim u skladu sa situacionim planom trase, izolovanim i zavarenim. Šinska pričvršćenja se zatim ugrađuju između prefabrikovanih oslonaca. Nakon preciznog uređenja smera i nivelete koloseka, oslonci se ubetoniraju u podužnu betonsku gredu izvedenu na licu mesta (slika 1). Šina se elastično oslanja, postavljanjem kontinualne elastomerne trake između njene nožice i podužnog betonskog oslonca. Kako bi se osigurala projektovana širina koloseka pod opterećenjem od saobraćaja i temperature, vozne šine se međusobno povezuju poprečnim vezama (tzv. traverse). Nožica, vrat šine i traverse se oblažu elastomernim materijalom, čime se omogućava efikasna električna izolacija. Prostor između podužnih betonskih greda može se ispuniti na različite načine. Slika 1 prikazuje sistem „Freiburg“ sa zelenim pokrivačem, koji pored estetskog uklapanja u urbano okruženje, doprinosi smanjenju emisije buke i vibracija.



Slika 1. Faze izgradnje „Freiburg“ sistema (https://commons.wikimedia.org/wiki/Freiburg_Tramway, 20.08.2021.) i izgled koloseka sa izolovanom šinom i zelenim pokrivačem (https://fdocuments.in/document/rcs-datwyler-sealing-hervorzuhebene-produkteigenschaften-kontinuierliche-elastische.html, 20.08.2021.)

2.2.2.2. Sistem „INPLACE“

Prefabrikovani šinski oslonci od prethodno napregnutog betona poseduju armaturne veze sa donje strane, kao i ugrađene odgovarajuće sisteme šinskog pričvršćenja. Nakon postavljanja prefabrikovanih elemenata, polaganja šina, uređenja koloseka po smeru i niveleti, oslonci se ubetoniraju u podužne betonske grede ili betonsku ploču izvedenu na licu mesta (slika 2).



Slika 2. Detalji konstrukcije i izgled sistema „INPLACE“ (https://het-group.com/de/produkte/travetto/inplace-b/inplace-b/produkt.html, 20.08.2021.)

2.2.2.3. Sistem „Rheda City“

Ovaj tip konstrukcije koloseka koristi se za *LRT* sisteme i pripada tipu monolitnog rešenja koloseka na čvrstoj betonskoj podlozi, koje je razvijeno sa idejom da obezbedi trajnu prostornu geometriju koloseka sa povoljnom cenom građenja i niskim troškovima održavanja (Popović, 2010).

Sistem „Rheda City“ čine prefabrikovani elementi, odnosno dvodelni pragovi povezani rešetkastim nosačem, sa ciljem da se ostvari bolja veza sa betonskom nosećom podlogom. Na taj način se postiže mala visina konstrukcije gornjeg stroja, koja se može prilagoditi svim vrstama konstrukcije donjeg stroja (zemljani trup, most, tunel). Nakon uređenja koloseka po smeru i niveleti, pragovi se ubetoniraju u betonsku ploču koja se izvodi na licu mesta. Nožica šine se oblaže elastičnim materijalom, kako bi se sprečio direktan kontakt betona i čelika. Vrat šine se sa obe strane odvaja od kolovoza elementima ispune, pružajući električnu izolaciju i zaštitu od vibracija. Između koloseka i kolovoza, prostor od 4 cm do 5 cm ispod gornje ivice kolovozne konstrukcije se zatvara bitumenom. Kolosečna ispuna može biti od asfalta, betonske galanterije, kamene kocke ili supstrata sa travom. Na slici 3 prikazane su faze izgradnje sistema „Rheda City“, kao i izgled sistema sa pokrivnim elementom i zelenim pokrivačem u Berlinu. U Berlinu, sistem „Rheda City“ se smatra standardnim rešenjem za koloseke sa pokrivenom konstrukcijom gornjeg stroja i naziva se „New Berlin Tram Track (NBS)“. Pored Berlina, slična rešenja se primenjuju u Drezdenu, Dizeldorfu i Karlsrue.



Slika 3. Faze izgradnje sistema „Rheda City“ (http://www.zits.pwr.wroc.pl/zwolski/source/CE09_SlabTrack&Bridges.pdf, 20.08.2021.) i izgled koloseka u Berlinu (https://www.strail.de/wp-content/uploads/2019/08/STRAILastic_TRAM_Brochure.pdf, 20.08.2021.; http://www.gruengleisnetzwerk.de/railone-gmbh.html, 20.08.2021.)

2.2.2.4. Sistem „INFUNDO LR–HFT“

Sistem čine dva prefabrikovana elementa sa podužnim žlebom u koje se polažu vozne šine. Elementi su dužine do 6 m i prilagođeni su i za deonice koloseka u krivini. Dva prefabrikovana elementa su povezana armaturom za betonsku podlogu koja se izvodi na licu mesta. Zbijanje betona izlivenog ispod prefabrikovanih elemenata, ostvaruje se kroz rupe u prefabrikovanim elementima. U podužni žleb prefabrikovanih elemenata postavlja se elastična šinska podloška i vozna šina, uz precizno podešavanje poprečnog nagiba i projektovane visine gornje ivice šine. Nakon toga se uliva smesa na bazi polimera koja ispunjava prostor oko šine. Sa obe strane voznih šina se postavljaju po dve PVC cevi kroz koje se po potrebi mogu provlačiti kablovi. Kontinualno polaganje šine u polimernu masu omogućuje dobru elektroizolaciju i na taj način sprečava pojavu tzv. lutajućih struja u okruženju. Prednost ovog sistema je prigušenje vibracija i strukturne buke.

Sistem „INFUNDO LR–HFT“ se može uklopiti u različita inženjerska rešenja u skladu sa konkretnim zahtevima okruženja. Na slici 4, pored faza izgradnje sistema, prikazano je rešenje koje se koristi za tramvaje i *LRT* sisteme u urbanom okruženju. Trava između podužnih betonskih greda smanjuje nivo emisije buke, doprinosi urbanoj estetici i sprečava kretanje drumskih vozila po koloseku. Veliki nedostatak ovog sistema je nemogućnost recikliranja šina nakon njihove zamene zbog složenog i skupog postupka odvajanja polimerne mase od šinskog čelika. Ovakve šine zagađene polimernom smesom trajno završavaju na deponijama.



Slika 4. Faze izgradnje sistema „INFUNDO LR–HFT“ (Hohnecker, 2004) i izgled koloseka sa zelenim pokrivačem (https://www.youtube.com/watch?v=_VV5QiiV6k0, 20.08.2021.)

2.2.3. Sistemi sa prefabrikovanim elementima od prethodno napregnutog betona

Osnovni princip ovog tipa konstrukcije koloseka je polaganje prefabrikovanih elemenata od prethodno napregnutog betona na planum ili noseći sloj od asfalta ili betona, bez dodavanja betona izvedenog na licu mesta. Ovakvi sistemi su prilagođeni zahtevima brzog izvođenja.

2.2.3.1. Sistemi sa prefabrikovanim prethodno napregnutim betonskim gredama

Podužne prefabrikovane prethodno napregnute betonske grede isporučuju se u skladu sa projektom trase (u zavisnosti od toga da li je kolosek u pravcu ili krivini, slika 5).



Slika 5. Sistem sa podužnim prefabrikovanim prethodno napregnutim betonskim gredama (https://www.moll-betonwerke.de/de/produkte.php, 20.08.2021.)

Prefabrikovane grede imaju dužinu oko 6 m, širinu 450 mm ili 500 mm i visinu 400 mm. Šine se polažu na prefabrikovane grede, koje se postavljaju na dobro zbijenu podlogu. Nakon uređenja koloseka po smeru i niveleti, prefabrikovani elementi se podlivaju malterom i na taj način fiksiraju vertikalno i bočno. Spojevi prefabrikovanih elemenata se, takođe, popunjavaju ekspanzionim malterom. Ovaj sistem se uglavnom koristi u Hanoveru.

2.2.3.2. Sistemi sa prefabrikovanim poljima od prethodno napregnutog betona

Prefabrikovano polje, dužine preko 6 m, predstavlja betonsku kolosečnu podlogu koja se sastoji se od dve podužne grede, poprečnih greda i šinskih oslonaca. Prefabrikovana polja kolosečne podloge odgovaraju planovima polaganja koloseka sa unapred definisanim radijusima, prelaznim krivinama i nadvišenjem prema projektu trase. Sistem zahteva visoku preciznost geometrije i ugrađivanje betona zahtevanog kvaliteta. Međutim, kako je težina polja velika, problem može predstavljati prostor potreban za mehanizaciju koja se koristi za izvođenje. Ovaj sistem koloseka na čvrstoj podlozi se koristi u Bohumu, Frankfurtu, Gelzenkirhenu i Nirnbergu.

2.2.3.3. Sistem „ATD–G“

Sistem „ATD–G“ predstavlja konstrukciju koloseka sa prethodno napregnutim dvodelnim betonskim pragovima koji su povezani čeličnim profilima i koji se direktno polažu na višeslojnu asfaltnu podlogu. Preduslov za primenu ovakvog rešenja je ravnost i visinska tačnost završnog sloja asfaltne podloge ± 2 mm. Ovaj zahtev se ostvaruje posebnom tehnologijom izvođenja asfaltne podloge i određenim sastavom asfaltne mešavine, uz stalnu kontrolu kvaliteta.

Prostor između pragova, iznad gornje površine asfaltne podloge, popunjava se nevezanim materijalom, supstratom, a zatim se seje trava ili cvetnice, otporne na sušu i visoke temperature (tzv. sedumi). Na taj način, kolosek sa dekorativnim zelenilom, pored estetske uloge, ima zadatak da apsorbuje buku i vizuelno odvraća vozače drumskih vozila od vožnje po koloseku. Na slici 6 prikazan je sistem „ATD–G“ sa zelenim pokrivačem u Berlinu.



Slika 6. Sistem „ATD–G“ sa zelenim pokrivačem u Berlinu (https://www.railone.com/fileadmin/daten/05-presse-medien/downloads/broschueren/en/Green_tracks_EN_2011_ebook.pdf, 20.08.2021.)

2.2.3.4. Sistem „GETRAC“

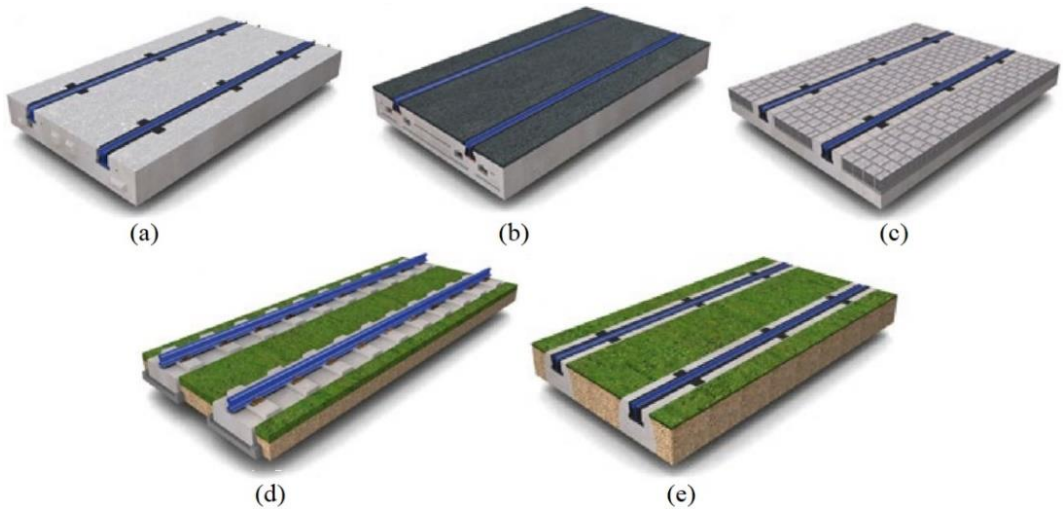
Sistem koloseka na čvrstoj podlozi „GETRAC“ sastoji se od prethodno napregnutih betonskih pragova koji se trajno i elastično pričvršćuju za višeslojni asfaltni noseći sloj pomoću anker blokova. Između praga i anker bloka nalazi se sloj od neoprena. U asfaltnom sloju se unapred pripreme otvori za prihvatanje anker blokova. Nakon uređenja koloseka po smeru i niveleti, prostor između anker bloka i otvora u asfaltu se ispuni malterom. Sistem „GETRAC“ primenjen je na deonici gradskog šinskog sistema (*S–Bahn*) u Berlinu (slika 7).



Slika 7. Sistem „GETRAC“ u Berlinu (http://www.railone.de/fileadmin/daten/05-presse-medien/downloads/broschueren/en/Getrac_EN2012_ebook.pdf, 20.08.2021.)

2.2.3.5. Sistem „Bögl“

Nemačka firma *Max Bögl* je razvila istoimeni sistem konstrukcije koloseka sa prefabrikovanim betonskim pločama i ramovima (slika 8). Primenom prefabrikovanih elemenata smanjuje se vreme građenja koloseka. Međutim, dosadašnja iskustva u Nemačkoj pokazuju da su sistemi sa prefabrikovanim pločama najskuplja rešenja konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi.



Slika 8. Različiti tipovi sistema „Bögl“ (https://www.holcim.com.au/sites/australia/files/atoms/files/hu-light-rail-solutions.pdf, 20.08.2021.)

Sistem „LRB Grey Line“ sa betonskim zastorom za teško saobraćajno opterećenje (slika 8a), primenjuje se kada je neophodno da se preko koloseka realizuje mešoviti saobraćaj (tramvaji, autobusi, kamioni itd.). Šine se polažu u podužne žlebove, koji se nakon toga ispunjavaju materijalom na bazi poliuretana.

Sistem „LRB Black Line“ sa asfaltnim zastorom (slika 8b) predstavlja kolosečnu konstrukciju po kojoj se realizuje mešoviti saobraćaj (vozila javnog gradskog prevoza i individualna motorna vozila). Za redukciju strukturne buke i električnu izolaciju šine, uz vrat šine se postavljaju elementi ispune (filer blokovi), a zatim se spojnica ispunjava fug masom.

Sistem „LRB Silver Line“ predstavlja konstrukciju koloseka na prefabrikovanoj betonskoj ploči, sa ispunom od betonskih ili kamenih elemenata, različitog oblika i boje (slika 8c). Šine su integrisane u betonsku ploču polaganjem u podužne žlebove koji se ispunjavaju materijalom na bazi poliuretana. Kolosek sa dekorativnom ispunom ima dodatni zadatak da apsorbuje buku i vizuelno odvraća vozače drumskih vozila od vožnje po koloseku.

Sistemi „LRB Green Line“ i „LRB Green Line Premium“ predstavljaju konstrukcije koloseka na prefabrikovanoj betonskoj ploči sa zelenim pokrivačem (slika 8d i e). Kod sistema „LRB Green Line“ (slika 8d), sistem šinskog pričvršćenja je vidljiv i lako dostupan prilikom održavanja koloseka, dok su kod sistema „LRB Green Line Premium“ (slika 8e) šine integrisane u prefabrikovanu betonsku ploču i zalivene poliuretanskim materijalom. Na taj način, primena „zelenog koloseka“ smanjuje nivo emisije buke, doprinosi urbanoj estetici i sprečava vožnju drumskih vozila po koloseku.

3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Evropska saobraćajna politika planira smanjenje broja vozila u gradskom saobraćaju sa konvencionalnim tipovima goriva za 50% do 2030. godine, kao i potpuno ukidanje do 2050. godine, čime bi se znatno smanjila emisija CO_2 i efekta staklene bašte (European Commission, 2011). Ovo ukazuje na aktuelnost istraživanja infrastrukture gradskih šinskih sistema, koji svojim ekološkim performansama mogu odgovoriti zahtevima evropske saobraćajne politike i znatno doprineti kvalitetu uslova života u urbanom okruženju. Da bi se šinski sistemi izborili sa konkurencijom ostalih vidova gradskog prevoza, gradska saobraćajna politika mora svoj razvoj jasno da usmeri ka održivim sistemima prevoza i uloži sredstva u odgovarajuću infrastrukturu šinskih sistema. Planski ponuđena savremena infrastruktura gradskih šinskih sistema, vozila i sistem pratećih usluga treba da uobliči mobilnost u okvirima održivog razvoja urbanih sredina.

Izbor odgovarajuće konstrukcije gornjeg stroja na prugama gradskih šinskih sistema mora da obezbedi zahtevani nivo kvaliteta: funkcionalnost, stabilnost, bezbednost, postojanost, uklapanje u okolinu, uz najniži nivo troškova građenja, eksploatacije i održavanja tokom celokupnog veka trajanja konstrukcije. Na taj način se formira skup konkurentnih varijantnih rešenja koja bi se razmatrala u procesu donošenja odluke o izboru optimalnog rešenja gornjeg stroja. Svaki upravljač infrastrukture (UI) gradskih šinskih sistema, u okviru raspoložive ponude različitih standardnih tipova konstrukcija gornjeg stroja, mora da pronađe optimalno rešenje koje odgovara realnim interesima i mogućnostima, uz obavezno praćenje stanja infrastrukture i troškova održavanja tokom životnog veka. Autori preporučuju formiranje kataloga standardnih rešenja čije stanje i troškove održavanja prati UI minimalno pet godina pod saobraćajem.

4. LITERATURA

Auer, F., Jodlbauer, G., & Pumberger, A. (2019). Lärmreduktion Stopfen – schalltechnische Vergleichsmessung. EI – Der Eisenbahningenieur, 16–19.

(https://www.plassertheurer.com/fileadmin/user_upload/Mediathek/Publikationen/Eurail_EI_2019_003_Auer_Jodlbauer.pdf, 20.08.2021.)

European Commission. White paper on transport – Roadmap to a single European transport area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2011, p. 32.

Hohnecker, E. (2004). Schienenfahrweg für das 21. Jahrhundert. Teil I: Lärmreduktion beim Fahren auf kontinuierlich gelagerter Schiene. System INFUNDO. Abschlussbericht, Karlsruhe, S. 160.

https://commons.wikimedia.org/wiki/Freiburg_Tramway, 20.08.2021.

https://fdocuments.in/document/rcs-datwyler-sealing-hervorzuhebene-produkteigenschaften-kontinuierliche-elastische.html, 20.08.2021.

https://het-group.com/de/produkte/travetto/inplace-b/inplace-b/produkt.html, 20.08.2021.

http://www.gruengleisnetzwerk.de/railone-gmbh.html, 20.08.2021.

https://www.holcim.com.au/sites/australia/files/atoms/files/hu-light-rail-solutions.pdf, 20.08.2021.

https://www.moll-betonwerke.de/de/produkte.php, 20.08.2021.

https://www.railone.com/fileadmin/daten/05-presse-medien/downloads/broschueren/en/Green_tracks_EN_2011_ebook.pdf, 20.08.2021.

http://www.railone.de/fileadmin/daten/05-presse-medien/downloads/broschueren/en/Getrac_EN2012_ebook.pdf, 20.08.2021.

https://www.strail.de/wp-content/uploads/2019/08/STRAILastic_TRAM_Brochure.pdf, 20.08.2021.

https://www.youtube.com/watch?v=_VV5QiiV6k0, 20.08.2021.

http://www.zits.pwr.wroc.pl/zwolski/source/CE09_SlabTrack&Bridges.pdf, 20.08.2021.

Popović, Z. (2010). Konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi. Akademska misao, Beograd, p. 145.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF SAFETY AT RAILWAY CROSSINGS BY PARTICIPANTS IN ROAD TRAFFIC USING THE FUZZY TOPSIS METHOD

OCENA STEPENA BEZBEDNOSTI NA PUTNIM PRELAZIMA OD STRANE UČESNIKA U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU PRIMENOM FUZZY TOPSIS METODE

Milan Milosavljević[a], Sandra Kasalica[a], Snježana Rajilić[b], Dušan Jeremić[a], Zoran Pavlović[a]

[a] *Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Dpt. School of Railway Studies, Zdravka Celara 14, Belgrade, 11000, Serbia, mimilan89@gmail.com, Sandra.kasalica@gmail.com, jeremicd@gmail.com, Zoran.pavlovic@vzs.edu.rs*

[b] *Bosnia and Herzegovina Railways Public Corporation, Kneza Milosa 105, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, snjezana_rajilic@yahoo.com*

Abstract: *Railway crossings are the most sensitive points of contact between rail and road traffic. They represent potentially risky places for accidents and incidents, ie they contribute to endangering traffic, so their monitoring and improvement leads to a comprehensive increase in safety. In this paper, 15 active and passive railway crossings on the territory of eight settlements in the Republic of Serbia are considered. By surveying 225 road traffic participants, who represent decision makers, the six most important criteria were created. The values of the criteria by alternatives are defined by the triangular fuzzy numbers of all decision makers. The aim of this paper is to apply the Fuzzy TOPSIS model to determine which of the observed railway crossings is the safest, and to assess the safety of the railway crossing based on the surveyed traffic participants. Validation of the model results was performed through the analysis of the sensitivity of the solution to the change of the values of the weight coefficients of the criteria.*

Key words: *railway crossing, safety, fuzzy TOPSIS*

Apstrakt*: Putni prelazi predstavljaju najosetljivije dodirne tačke između železničkog i drumskog saobraćaja. Oni predstavljaju potencijalno rizična mesta za nastanak nesreća i nezgoda, odnosno doprinose ugrožavanju saobraćaja, pa njihovo praćenje i unapređenje vodi sveobuhvatnom povećanju bezbednosti. U ovom radu razmatrano je 15 aktivnih i pasivnih putnih prelaza, na teritoriji osam naselja u Republici Srbiji. Anketiranjem 225 učesnika u saobraćaju, koji predstavljaju donosioce odluka, kreirano je šest najznačajnijih kriterijuma. Vrednosti kriterijuma po alternativama definisani su fazi skupovima svih donosioca odluka. Cilj ovog rada je da se primenom Fuzzy TOPSIS modela utvrdi koji je od posmatranih punih prelaza najbezbedniji odnosno da se izvrši ocena stanja bezbednosti putnog prelaza na osnovu anketiranih učesnika u saobraćaju. Validacija rezultata modela izvršena je kroz analizu osetljivosti rešenja na promenu vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma.*

Ključne riječi: *putni prelazi, bezbednost, fuzzy TOPSIS*

1. UVOD

Bezbednost železničkog saobraćaja predstavlja jednu od ključnih grana koja utiče na redovitost, poudanost i funkcionalnost železničkog sistema. Sve ove promene u funkcionisanju sistema a koje su nastale na osnovu nekih nepredviđenih i neželjenih događaja predstavljaju određenu nesreću ili nezgodu. Postoji veliki broj uzroka nastanka nesreća i nezgora, koje za posledicu mogu imati nastanak materijalne štete, ugroženost, povređivanje i smrt ljudi ili poremećaj reda vožnje i prekid u saobraćaju.

Jedno od najugroženijih mesta kako za učesnike u železničkom saobraćaju tako i za učesnike drumskog saobraćaja jesu putni prelazi. Ocena stanja bezbednosti na putnim prelazima je bitna upravo iz razloga smanjenja nastanka ovih situacija. Iz tog razloga veliki broj autora bavi se istraživanjem i razvojem modela koristeći razne pristupe kako bi se doprinelo konačnom poboljšanju saobraćaja u celini. Neki od tih radova su:

- (Blagojević i dr., 2021) predstavili su višekriterijumski model za ocenu stepena bezbednosti na putnim prelazima u Bosni i Hercegovini primenom fazi FUCOM i fazi MARCOS metode,
- (Blagojević i dr., 2020) izvršili su istraživanje stanja bezbednosti u železničkom saobraćaju na ukupno devet železničkih područja u Bosni i Hercegovini kombinovanjem modela Entropy-Fuzzy PIPRECIAi DEA metode,
- (Kasalica i dr., 2020a) izvršili su analizu visokorizičnih lokacija za nastanak nesreća i nezogda na putnim prelazima u Srbiji primenom regresionih modela.
- (Kasalica i dr., 2020b) primenom anketnog upitnika izvršili su istraživanje poznavanja saobraćajnih propisa i ponašanja na putnom prelazu od strane učesnika u drumskom saobraćaju.
- (Milosavljević i dr., 2018) predstavili su fazi TOPSIS model za izbor dodatnog sistema osiguranja na jednom putnom prelazu na pruzi Beograd – Šid.

2. METODE

U ovom poglavlju biće prikazan opis fuzzy TOPSIS metode koja je korišćena za ocenu stepena bezbednosti na putnim prelazima.

2.1. Fuzzy TOPSIS metoda

Topsis metoda je metoda višekriterijumskog odlučivanja predstavljena u radu (Hwang i Yoon, 1981) koja služi za rešavanje višekriterijumskih problema u kojima je potrebno rangirati končana rešenja. Ova metoda meri udaljenost svake od alternativa u odnosu na idelano i anti-idealno rešenje. Ipak kao nedostatak ove metode često se javlja nemogućnost adekvatnog rukovanja neizvešnošću i nepreciznošću onda kada je neophodno rukovati sa nedovoljno preciznim podacima. Ovaj nedostatak može se otkloniti kombinovanjem TOPSIS metode sa teorijom fazi skupova koji se koriste prilikom rada sa rasplinutim i nepreciznim podacima.

Fazi TOPSIS metoda je predstavljena u (Chen, 2000) čiji se algoritam sastoji se od devet koraka. Fazi TOPSIS metoda može koristiti trouglaste ili trapezoidne fazi skupove za predstavljanje vrednosti, dok su u ovom radu sve vrednosti predstavljene trouglastim fazi skupovima.

Korak 1: Formirati grupu donosioca odluka a zatim identifikovati i utvrditi kriterijume za evaluaciju.

Korak 2: Izadrati odgovarajuće lingvističke promenljive za određivanje važnosti težinskih koeficijenata kriterijuma i za ocenu alternativa uzimajući u obzir date kriterijume.

Korak 3: Vrednosti fazi skupova svakog donosioca odluke za svaku alternativu po svakom kriterijumu $\widetilde{w_j}$, predstaviti u obliku novih objedinjenih fazi vrednosti $\widetilde{x_{ij}}$ za svaku alternativu Ai prema svakom kriterijumu Cj a na osnovu objedinjenog mišljenja donosioca odluka.

$$\widetilde{R_k} = (a_k, b_k, c_k), k = 1,2,3, \dots, K \tag{1}$$

Objedinjene vrednosti dobijjau se primenom sledećih jednačina:

$$a = min_k(a_k), b = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{K} b_k, c = max_k(c_k) \tag{2}$$

Korak 4: Odrediti fazi matricu odlučivanja i normalizovanu fazi matricu odlučivanja.

$$\tilde{R} = \left[\tilde{r}_{ij}\right]_{mxn}, i = 1,2,3, \dots, m; j = 1,2,3, \dots, n \tag{3}$$

gde B i C predstavljaju skupove korisnih (max) i troškovnih (min) kriterijuma respektivno,

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right), j \in B; \tag{4}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right), j \in C; \tag{5}$$

$$c_j^* = \max_i c_{ij}, if\ j \in B; \tag{6}$$

$$a_j^- = \min_i a_{ij}, if\ j \in C \tag{7}$$

Korak 5: Odrediti otežanu (ponderisanu) normalizovanu fazi matricu odlučivanja. Uzimajući u obzir različit značaj svakog od kriterijuma, matrica se može odrediti primenom sledećih jednačina:

$$\tilde{V} = \left[\tilde{v}_{ij}\right]_{mxn}, i = 1,2,3, \dots, m; j = 1,2,3, \dots, n \tag{8}$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times W \tag{9}$$

Korak 6: Odrediti fazi idealno pozitivno rešenje (FPIS) i fazi idealno negativno rešenje (FNIS) (Yu i dr., 2011).

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) = \left(max_j v_{ij} | i \epsilon B\right), \left(min_j v_{ij} | i \epsilon C\right), i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n \quad (10)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) = \left(min_j v_{ij} | i \epsilon B\right), \left(max_j v_{ij} | i \epsilon C\right), i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n \quad (11)$$

gde B predstavlja skup korisnih odnosno povoljnih kriterijuma, dok C predstavlja skup nepovoljnih tj. troškovnih kriterijuma.

Korak 7: Računanje udaljenosti svake alternative u odnosu na idelano pozitivno FPIS i idealno negativno rešenje FNIS. Udaljenost svake alternative od A^*, A^- se računa na sledeći način:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d\left(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*\right), i = 1,2, \dots, m; \quad (12)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d\left(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-\right), i = 1,2, \dots, m; \quad (13)$$

gde d(.;.) predstavlja rastojanje između dva fazi broja.

Rastojanje između dva fazi broja može se izračunati primenom sledeče jednačine:

$$d\left(\tilde{a}, \tilde{b}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2] \quad (14)$$

Korak 8: Računanje koeficijenta bliskosti svake alternative.

Koeficijent bliskosti definisan je da bi se odredio redosled rangiranja svih alternativa nakon što se izračunaju vrednosti d_i^* i d_i^- za svaku alternativu A_i $(i = 1,2, \dots, m)$. Koeficijent bliskosti svake alternative računa se kao:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, i = 1,2, \dots, m \quad (15)$$

Korak 9: Rangiranje alternativa na odnovu vrednosti koeficijenata bliskosti. Najbolja alternativa ima najveću vrednost.

3. FUZZY – TOPSIS MODEL ZA OCENU STEPENA BEZBEDNOSTI NA PUTNIM PRELAZIMA

Predloženi model je korišćen za ocenu stepena bezbednosti punih prelaza. Anketiranjem 225 učesnika u saobraćaju dobijene su ocene stanja bezbednosti određenih parametara putnih prelaza.

3.1. Kriterijumi

Kriterijumi u radu su definisani na osnovu odgovora donosioca odluka dok su vrednosti kriterijuma definisane od strane pet eksperata. U radu je predstavljeno šest kriterijuma koje su autori izdvojili kao najznačajnije prilikom analiziranja anketnih upitnika donosioca odluka.

- C_1 - poznavanje saobraćajnih propisa (opisna ocena). Ovaj kriterijum je najčešće jedan od prioritetnijih kriterijuma koji može uticati na podizanje stepena bezbednosti na putnom prelazu i ocenu trenutnog stanja. Bolje poznavanje saobraćajnih propisa od strane vozača vodi većoj bezbednosti na putnim prelazima. Vrednosti kriterijuma su dobijene na osnovu odgovora na tri pitanja "Šta ste u obavezi da uradite u situaciji kada nailazite na putni prelaz obezbeđen drumskih saobraćajnim znakom Andrejin Krst?", "Šta treba da uradi vozač motornog vozila kada naiđe na putni prelaz obezbeđen svetlosnom signalizacijom u trenutku aktiviranja svetlosne signalizacije (naizmenično treptanje)?", "Šta treba da uradi vozač motornog vozila ako se polubranici ne podignu nakon što je voz prošao?". Za svako od ovih pitanja donosioci odluka su imali četiri ponuđena odgovora na osnovu kojih se moglo utvrditi da li je njihovo poznavanje propisa odlično, zadovoljavajuće, nezadovoljavajuće ili izuzetno nezadovoljavajuće. Na osnovu odgovora na ova tri pitanja kreirana je konačna vrednosti kriterijuma koja je predstavljena trouglastim fazi skupovima pri čemu je kriterijum maksimizacionog tipa.
- C_2 - uvođenje dopunskog sistema osiguranja (opisna ocena). Kriterijum je maksimizacionog tipa i iskazuje se kroz zadovoljstvo donosioca odluka trenutnim sistemom osiguranja. Vrednosti kriterijuma definisane su na osnovu odgovora na dve tvrdnje "Smatram da je potrebno podići nivo osiguranja na putnom prelazu" i "Smatram da bi neki drugi dopunski sistem osiguranja bio koristan". Kod ovog kriterijuma donosioci odluka su imali pet ponuđenih ocena na skali do 1 do 5. Ukoliko su potpuno saglasni sa tvrdnjama davali bi ocenu 1 što bi značilo da nisu zadovoljni trenutnim sistemom

osiguranja dok bi ocena 5 predstavljala ocenu potpunog zadovoljstva trenutnim sistemom osiguranja na putnom prelazu. Sve vrednosti su definisane trouglastim fazi skupovima.

- C_3 - trougao preglednosti (opisna ocena). Kriterijum je maksimizacionog tipa, odnosno što je veća i bolja preglednost na putnom prelazu to je putni prelaz bolji sa aspekta stanja bezbednosti. Odgovorom na tvrdnju "Smatram da vidik sa putnog prelaza na prugu nije obezbeđen" donosioci odluka su davali ocenu o preglednosti i vidiku putnog prelaza. Ukoliko je vidik sprečen donosioci odluke bi davali ocenu 1 dok ukoliko je preglednost putnog prelaza odlična davali bi ocenu 5. Sve ocene donosioca odluka su predstavljene trouglastim fazi skupovima.
- C_4 - stanje drumske saobraćajnice (opisna ocena). Maksimizacioni kriterijum koji je prikazan kroz odgovore na tvdrnju "Smatram da stanje kolovoza na putnom prelazu nije uredno". Ukoliko je saobraćajnica u lošem stanju donosioci odluke bi davali ocenu 1 čime bi bili saglasni sa tvrdnjom dok ukoliko je saobraćajnica odlučna davali bi ocenu 5 čime ne bi bili saglasni sa tvdnjom. Sve ocene donosioca odluka su predstavljene trouglastim fazi skupovima.
- C_5 - osvetljenost putnog prelaza (opisna ocena). Maksimizacioni kriterijum koji je prikazan kroz odgovore na tvdrnju "Smatram da putni prelaz noću nije adekvatno osvetljen". Ukoliko je putni prelaz neosvetljen ili nedovoljno osvetljen donosioci odluke bi davali ocenu 1 čime bi bili saglasni sa tvrdnjom dok ukoliko je putni prelaz osvetljen davali bi ocenu 5 čime ne bi bili saglasni sa tvdnjom. Sve ocene donosioca odluka su predstavljene trouglastim fazi skupovima.
- C_6 - frekvencija železničkoj saobraćaja (opisna ocena). Kriterijum je definisan na osnovu procenjenog broja vozova koji prolaze preko putnog prelaza na dnevnom nivou od strane donosioca odluka. Veći broj vozova znači potencijalno veći broj konfliktnih i incidentnih situacija koje mogu dovesti do nastanka nesreće i nezgode pa je iz tog razloga kriterijum minimizacionog tipa. Numeričke vrednosti donosioca odluka poređenje su sa stvarnim brojem vozova na posmatranim putnim prelazima i predstavljene su putem trouglastih fazi skupova.

S obzirom da su svi kriterijumi i njihove težine lingvističkog (opisnog) karaktera, mogu se predstaviti putem fuzzy lingvističkih desktriptora, što je predstavljeno na u tabeli 1.

Tabela 1. Lingvističke ocene predstavljene fazi skupovima

Lingvistička promenljiva	Fazi skup
Veoma loša (VL)	(1,1,2)
Loša (L)	(1,2,3)
Zadovoljavajuća (M)	(2,3,4)
Dobra (H)	(3,4,5)
Veoma dobra (VH)	(4,5,5)

3.2. Alternative

Alternative predstavljaju 15 putnih prelaza na području osam opština u Srbiji. Neki od ovih putnih prelaza su sa aktivnim a neki sa pasivnim nivoom osigranja. Za potrebe ovog rada razmatrane su sledeće alternative:

- A_1 - putni prelaz u Dimitrovgradu u km 98+188 pruge Niš - Dimitrovgrad. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima i nalazi se u gradu.
- A_2 - putni prelaz u Negotinu u km 174+510 pruge Niš - Zaječar - Prahovo. Pruga se ukršta sa državnim putem IIB reda br. 400 Negotin - Radujevac u naselju. Putni prelaz je obezbeđen branicima.
- A_3 - putni prelaz u Negotinu u km 173+423 pruge Niš - Zaječar - Prahovo. Pruga se ukršta sa državnim putem IB reda br. 33 Požarevac - Negotin - granica sa Bugarskom u naselju. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima.
- A_4 - putni prelaz u Negotinu u km 162+593 pruge Niš - Zaječar - Prahovo. Pruga se ukršta sa državnim putem IB reda br. 33 Požarevac - Negotin - granica sa Bugarskom van naselja. Putni prelaz obezbeđen pasivnom drumskom signalizacijom, tj. saobraćajnim znakom Andrejin krst.
- A_5 - putni prelaz u Palanci u km 78+249 pruge Beograd - Niš - Preševo. Pruga se ukršta sa državnim putem IIA reda br. 156 Palanka - Topola u naselju. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima.
- A_6 - putni prelaz u Palanci (Rabrovac) u km 62+909 pruge Beograd - Niš - Preševo. Pruga se ukršta sa lokalnim putem Kusadak - Rabrovac. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima.
- A_7 - putni prelaz u Palanci u km 79+369 pruge Beograd - Niš - Preševo. Pruga se ukršta sa državnim putem IIA reda br. 147 Palanka - Velika Plana u naselju. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima.

- A_8 - putni prelaz u Kusadku u km 67+081 pruge Beograd - Niš - Preševo. Pruga se ukršta sa lokalnim putem Kusadak - Ratare. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima.
- A_9 - putni prelaz u Paraćinu u km 155+570 pruge Beograd - Niš - Preševo. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima i nalazi se u gradu.
- A_{10} - putni prelaz u Batočini u km 2+983 pruge Beograd - Niš - Preševo. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima i nalazi se u gradu.
- A_{11} - putni prelaz u Dimitrovgradu u km 98+446 pruge Niš - Dimitrovgrad. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima i nalazi se u gradu.
- A_{12} - putni prelaz u Bačkoj Topoli u km 142+719 pruge Beograd - Novi Sad - Subotica. Pruga se ukršta sa državnim putem IIA reda br. 109 Bačka Topola - Bečej u naselju. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima.
- A_{13} - putni prelaz u Stepojevcu u km 32+022 pruge Beograd - Bar. Pruga se ukršta sa državnim putem IIA reda br. 148 Stepojevac - Veliki Crljeni van naselja. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima.
- A_{14} - putni prelaz u Kraljevu u km 86+576 pruge Lapovo - Kraljevo - Kosovo Polje. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima i nalazi se u gradu.
- A_{15} - putni prelaz u Novom Žedniku u km 144+437 pruge Beograd - Novi Sad - Subotica. Pruga se ukršta sa državnim putem IIB reda br. 303 Stari Žednik - Čantavir u naselju. Putni prelaz je obezbeđen polubranicima.

3.3. Definisanje težinskih koeficijenata kriterijuma

Nakon definisanja alternativa i kriterijuma, izvršeno je definisanje težinskih koeficijenata kriterijuma. Sve vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma su predstavljene putem trouglastih fazi brojeva predstavljenih u tabeli 1. U definisanju kriterijuma učestvovalo je pet eksperata koji su dali ocenu važnosti svakog od kriterijuma predstavljenih u tabeli 2.

Tabela 2. Značajnost kriterijuma

	D_1	D_2	D_3	D_3	D_3
C_1	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	H (3,4,5)	H (3,4,5)	H (3,4,5)
C_2	M (2,3,4)	M (2,3,4)	L (1,2,3)	M (2,3,4)	VL (1,1,2)
C_3	VH (4,5,5)	H (3,4,5)	VH (4,5,5)	H (3,4,5)	H (3,4,5)
C_4	L (1,2,3)	M (2,3,4)	M (2,3,4)	M (2,3,4)	L (1,2,3)
C_5	H (3,4,5)	L (1,2,3)	M (2,3,4)	M (2,3,4)	H (3,4,5)
C_6	L (1,2,3)	VL (1,1,2)	M (2,3,4)	L (1,2,3)	L (1,2,3)

3.4. Izrada modela

Predloženi fuzzy TOPSIS model Model za ocenu stepena bezbednosti na putnim prelazima rešavan je primenom fuzzy TOPSIS metode, gde su sve vrednosti kriterijuma po alternativama za svakog donosioca odluka predstavljene odgovarajućim fazi skupovima. Takođe i vrednosti težinskih koeficijenata kriteijuma definisani su na osnovu ekspertske ocene. Početna tabela modela sastoji se od petnaest alternativa i šest kriterijuma koji su opisani u prethodnim poglavljima, kao i vrednostima fazi skupova za svih 15 donosioca odluke. Zbog njene veličine, kompletna početna matrica odlučivanja nije prikazana u radu, već samo jedan deo matrice za jednu alternativu i 15 donosioca odluke i to je prikazano u tabeli 3.

Tabela 3. Vrednosti kriterijuma za posmatrane alternative

Alternativa	Donosioc odluke	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
	D_1	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	VL (1,1,2)	M (2,3,4)	L (1,2,3)	L (1,2,3)
	D_2	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	L (1,2,3)	L (1,2,3)	M (2,3,4)	L (1,2,3)
	D_3	H (3,4,5)	VL (1,1,2)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	L (1,2,3)
A_1	D_4	VH (4,5,5)	VL (1,1,2)	H (3,4,5)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	L (1,2,3)
	D_5	H (3,4,5)	L (1,2,3)	H (3,4,5)	VH (4,5,5)	H (3,4,5)	L (1,2,3)
	D_6	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	M (2,3,4)	VH (4,5,5)	M (2,3,4)	L (1,2,3)
	D_7	H (3,4,5)	VH (4,5,5)	L (1,2,3)	VH (4,5,5)	H (3,4,5)	L (1,2,3)

D_8	VH (4,5,5)	M (2,3,4)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	L (1,2,3)	L (1,2,3)
D_9	H (3,4,5)	M (2,3,4)	M (2,3,4)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	VL (1,1,2)
D_{10}	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	VL (1,1,2)	VL (1,1,2)	M (2,3,4)	VL (1,1,2)
D_{11}	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	VL (1,1,2)	VH (4,5,5)	L (1,2,3)	M (2,3,4)
D_{12}	VH (4,5,5)	VL (1,1,2)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	M (2,3,4)
D_{13}	M (2,3,4)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	M (2,3,4)
D_{14}	VH (4,5,5)	M (2,3,4)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	VH (4,5,5)	M (2,3,4)
D_{15}	VH (4,5,5)	H (3,4,5)	M (2,3,4)	VH (4,5,5)	VL (1,1,2)	M (2,3,4)

4. REZULTATI MODELA

Praćenjem koraka fuzzy TOPSIS metode objašnjenih u poglavlju 2.1 urađen je model višekriterijumske analize. U radu neće biti detaljno opisani rezultati po koracima već će samo biti predstavljeni konačni koraci i korak 6, određivanje otežane normalizovane matrice odlučivanja i određivanje (FPIS) i (FNIS) što je predstavljeno jednakostima 16 i 17.

$$A^{+} = \begin{bmatrix} (1{,}800; 4{,}283; 5{,}000), (0{,}600; 2{,}368; 4{,}000), (1{,}200; 3{,}989; 5{,}000) \\ (0{,}800; 2{,}600; 4{,}000), (0{,}400; 2{,}859; 5{,}000), (0{,}200; 0{,}417; 1{,}333) \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$A^{-} = \begin{bmatrix} (0{,}600; 2{,}757; 5{,}000), (0{,}200; 0{,}928; 4{,}000), (0{,}600; 1{,}701; 4{,}000) \\ (0{,}200; 0{,}797; 4{,}000), (0{,}200; 0{,}981; 5{,}000), (0{,}333; 1{,}579; 4{,}000) \end{bmatrix} \quad (17)$$

Udaljenost svake alternative od D_i^* i D_i^- izračunava se na osnovu jednačina (12-14). Proračun udaljenosti i konačan rang alternativa je predstavljen u tabeli 4.

Tabela 4. Rezultati fazi TOPSIS modela

	Di+	Di-	CCi	Rang alternative
A1	3,8511	4,1692	0,5198	5
A2	3,8865	4,1692	0,5175	6
A3	3,0657	5,0142	0,6206	1
A4	5,0174	3,0313	0,3766	11
A5	5,8744	2,2431	0,2763	15
A6	3,0367	4,6648	0,6057	3
A7	4,1392	3,7705	0,4767	7
A8	4,3245	3,7441	0,4640	9
A9	2,9272	4,7523	0,6188	2
A10	4,1470	3,7123	0,4723	8
A11	3,4320	4,3213	0,5573	4
A12	5,5322	2,3454	0,2977	14
A13	5,0625	2,7496	0,3520	12
A14	4,3510	3,4739	0,4440	10
A15	5,4640	2,3170	0,2978	13

Kao što se može videti iz tabele 4, najbolja alternativa je alternativa A_3 odnosno najveći stepen bezbednosti od strane učesnika u saobraćaju pokazao je aktivni putni prelaz u Negotin na ukrštanju sa državnim putem IB reda. Na ovom putnom prelazu nalaze se polubranici, i učesnici u saobraćaju su ovaj putni prelaz okarakterisali kao veoma povoljan. Takođe poznavanje saobraćajnih propisa učesnika u saobraćaju koji koriste ovaj putni prelaz je jako visoko.

4.1. Analiza osetljivosti

Nakon određivanja konačnog rešenja pristupa se analizi osetljivosti dobijenih rešenja, odnosno potrebno je ispitati kako se dobijeno rešenje menja u odnosu na promenu ulaznih parametara modela. U ovom radu analiza osetljivosti obuhvata ispitivanje stabilnosti rešenja na promenu vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma.

Tabela 5. Scenariji za različite vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
S_0	(3, 4.4, 5)	(1, 2.4, 4)	(3, 4.4, 5)	(1, 2.6, 4)	(1, 3.2, 5)	(1, 2, 4)
S_1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
S_2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1
S_3	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1
S_4	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1
S_5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1
S_6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5
S_7	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667
S_8	VH (4, 5, 5)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)
S_9	L (1, 2, 3)	VH (4, 5, 5)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)
S_{10}	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	VH (4, 5, 5)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)
S_{11}	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	VH (4, 5, 5)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)
S_{12}	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	VH (4, 5, 5)	L (1, 2, 3)
S_{13}	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	L (1, 2, 3)	VH (4, 5, 5)

U tabeli 5 prikazani su scenariji promene vrednosti težinskih koeficijenata. Ukupan broj scenarija je 14 (S_0-S_{13}). Ovi scenariji prikazuju promenu rangova alternativa u slučajevima kada jedan kriterijum ima značajno veću važnost u odnosu na ostale (na pr. S_1 - kriterijum C_1 ima vrednost 0,5 a svi ostali imaju vrednost 0,1). Scenario S_7 znači da svi kriteriumi imaju jednaku vrednost koja iznosi 0,1667 a scenarijom S_0 predstavljeni su rezultati osnovnog modela. Scenariji S_8 do S_{13} predstavljaju scenarije u kojima jedan od kriterijuma ima veliki značaj dok ostali kriterijumi imaju mali značaj i oni su predstavljeni fazi skupovima VH i L.

Tabela 6. Rangiranje alternativa za različite scenarije

	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}
A_1	5	6	7	7	4	5	7	6	5	6	5	4	5	6
A_2	6	3	5	5	5	4	6	4	4	7	6	6	6	7
A_3	1	1	10	1	1	1	5	1	3	8	1	1	2	1
A_4	11	5	1	12	12	15	8	9	10	4	12	12	13	9
A_5	15	11	9	15	14	14	9	13	12	13	15	14	15	12
A_6	3	2	3	4	3	7	2	3	2	1	2	2	3	2
A_7	7	8	8	11	13	9	3	8	6	5	10	10	7	4
A_8	9	10	2	10	10	12	4	7	8	3	9	9	10	3
A_9	2	4	6	8	8	2	1	2	1	2	3	3	1	5
A_{10}	8	9	14	6	7	8	12	10	9	11	8	8	9	10
A_{11}	4	7	13	2	2	3	10	5	7	9	4	5	4	8
A_{12}	14	14	12	13	15	11	14	15	15	14	13	15	12	14
A_{13}	12	15	15	9	9	10	11	12	13	15	11	11	11	13
A_{14}	10	12	11	3	6	6	13	11	11	10	7	7	8	11
A_{15}	13	13	4	14	11	13	15	14	14	12	14	13	14	15

Rangiranje alternativa za različite scenarije predstavljeno je u tabeli 6. Analiziranjem dobijenih rezultata primetno je da postoji velika stabilnost rešenja. Alternativa A_3 nalazi se na prvom mestu u 65% slučajeva (9/14 scenarija) sa vrednostima u opsegu 0,61-0,79. Alternative A_5, A_{12}, A_{13} i A_{15} su u svim scenarijima ispod desetog mesta pa se može reći sa su sa jako niskim stepenom bezbednosti i da bi na njih najpre trebalo obratiti pažnju.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Dobijeni rezultati predstavljenog fazi TOPSIS modela pokazuju da od 15 odabranih putnih prelaza na području republike Srbije, ocenama 225 donosioca odluka, najbolje performanse sa aspekta ocene stepena bezbednosti ima putni prelaz u Negotinu u km 173+423 te bi njegove karakteristike mogle biti benčmark ostalim putnim prelazima. Najnepogodnije karakteristike bezbednosti i nalošije poznavanje saobraćajnih propisa

pokazali su učesnici u saobraćaju koji su koristili dva putna prelaza na teritoriji opštine Bačka Topola. Predloženi model može se koristiti kao podrška donosiocima odluka u proceduri upravljanja rizikom na železničkim područijima. Model se jednostavno može transformisati i primeniti za rešavanje problema ocene stepena bezbednosti i na drugim područjima ili na kompletnoj teritoriji Srbije.

S obzirom da u Srbiji postoji veliki broj putnih prelaza koji su potrencijalna mesta nastanka nesreća i nezgoda i u drumskom i železničkom saobraćaju potrebno je primenti neke od mera za povećanje stepena bezbednosti saobraćaja na putnim prelazima kao što su: edukacija učesnika u saobraćaju i povećanje saobraćajne kulture, uvođenje dodanih sistema osiguranja i savremenije tehnologije na putnim prelazima i omogućavanje bolje vidljivosti. Buduća istraživanja obuhvatala bi uključivanje još većeg broja donosioca odluka i većeg broja eksperata koji bi učestvovali u kreiranju detaljnijeg upitnika po najznačajnijim paramtertima putnih prelaza i primena sličnih metoda na ispitivanje stepena bezbednosti i na ostalim putnim prelazima na teritoriji Srbije.

6. LITERATURA

Blagojević, A., Kaslica, S., Tričković, G., Stević, Ž., & Pavelkić, V. (2021). Evaluation of safety degree at railway crossings in order to achieve sustainable traffic management: A novel integrated fuzzy MCDM model. Sustainability, 13(2), 832-851.

Blagojević, A., Stević, Ž., Marinković, D., Kaslica, S., & Rajilić, S. (2020). A novel Entropy-Fuzzy PIPRECIA-DEA model for safety evaluation of railway traffic. Symmetry, 12(9), 1479.

Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy sets and systems, 114(1), 1-9.

Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems: Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application. Springer Verlag.

Kasalica, S., Obradović, M., Blagojević, A., Jeremić, D., & Vuković, M. (2020a). Models for ranking railway crossings for safety improvement. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications. 3, 85-100.

Kasalica, S., Tričković, G., Milosavljević, M., Jeremić, D., & Vujović, D. (2020b). Assessment of the degree of safety at railway crossings in Serbia conducted by drivers. XIX International Scientific-expert Conference on Railway „Railcon 20“, 53-56.

Milosavljević, M., Kasalica, S., Jeremić, D., & Vil, G. (2018). Application of fuzzy TOPSIS method for selection the additional protecting system on railway crossing. XVIII International Scientific-expert Conference on Railway „Railcon 18“, 57-60.

Yu, X., Guo, S., Guo, J., & Huang, X. (2011). Rank B2C e-commerce websites in e-alliance based on AHP and fuzzy TOPSIS. Expert Systems with Applications, 38(4), 3550-3557.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

FUNCTIONALITY OF SHUNTING YARDS IN A MODERN FREIGHT TRANSPORT SYSTEM – CONSIDERATION OF AUTOMATED ROLLING STOCK INSPECTION

FUNKCIONALNOST RANŽIRNE STANICE U SUVREMENOM SUSTAVU – AUTOMATSKI PREGLED VOZA

Adrian Wagner[a], Michael Thomasitz[b], Frank Michelberger[a]

[a] *Carl Ritter von Ghega Institut – St. Pölten University of Applied Sciences, Matthias Corvinus – Straße 15, St. Pölten, 3100, Austria, adrian.wagner@fhstp.ac.at , frank.michelberger@fhstp.ac.at*

[b] *Supreme Railway Authority - Federal Ministry Republic of Austria, Climate Action, Environment, Engery, Mobilty, Innovation and Technology Radetzkystrasse 2, Wien, 1030, michael.thomasitz@bmk.gv.at*

Abstract: *With regard to the increasing freight traffic and the resulting greenhouse gases, it is necessary to shift as much traffic as possible to rail. Shunting yards offer the potential to create incentives for modal shift. In the course of this paper, the automation and optimization of a rolling stock inspection was investigated. Interviews with experts and field observations showed that automation steps are possible, especially in visual inspections and in documentation.In addition, an automated brake test and a digitally automated coupling could be used to simplify further processes. The results collected in a small sample could form the basis for further research in a follow-up project. However, it is apparent that the measures can be taken on the infrastructure side, but also on the wagon side. To a large extent, this requires coordination of this interface. Similarly, in an overall consideration of an automated marshalling yard, it would also be possible to investigate the aspects of an automated rolling stock inspection. This would make it possible to make rail freight transport more attractive for transport companies and thus take a further step in the direction of green mobility.*

Key words: *rolling stock inspection, smart marshalling yard, shunting, automatization, freight traffic*

Apstrakt*: S obzirom na sve veći teretni promet i nastale stakleničke plinove, potrebno je što je moguće veći dio prometa preusmjeriti na željeznicu. Ranžirne stanice pružaju potencijal za promjenu načina prijevoza. Tijekom ovog rada ispitivana je automatizacija i optimizacija pregleda željezničkog voza. Razgovori sa stručnjacima i opažanja na terenu pokazali su da je automatizacija moguća, osobito u vizualnim pregledima i u dokumentaciji. Osim toga, automatizirana inspekcija kočnica i digitalno automatizirano spajanje mogli bi se upotrijebiti za pojednostavljivanje daljnjih procesa. Rezultati prikupljeni na malom uzorku mogli bi poslužiti kao temelj za daljnja istraživanja u daljnjem projektu. Međutim, očito je da se mjere mogu poduzeti na strani infrastrukture, ali i na vagonima. To u velikoj mjeri zahtijeva koordinaciju infrastrukte i vozova. Slično, u cjelokupnom razmatranju automatiziranog ranžirnog postrojenja bilo bi moguće istražiti i aspekte automatiziranog pregleda željezničkih vozova. Što bi omogućilo da željeznički teretni promet postane privlačniji za transportna poduzeća i tako bi se učinio daljnji korak u smjeru ekološke mobilnosti.*

Ključne riječi: *pregled željezničkih voza, Pametna ranžirna stanica, manevriranje, automatizacija, Teretni saobračaj*

1. INTRODUCTION

In the context of the present climate crisis, one of the greatest challenges is to significantly reduce greenhouse gases in order to achieve the Paris climate goals and to counteract a further advance of climate change. Looking at greenhouse gas emissions, it can be seen that the transport sector contributes a quarter of the total emissions. With regard to the modal split, it quickly becomes apparent what potential rail freight transport could offer here, since the share of the modal split in rail freight transport in the EU is 17.9%, but this share only accounts for 0.4% of greenhouse gas emissions (European Union, 2020). If we as society want to achieve an

improvement in the overall balance, it is worthwhile to generate incentives for a modal shift from road to rail. In order to achieve a shift to rail, competition-optimized flexible processes are required. Also, in terms of total time, the preparation and post-processing of train journeys takes up a significant proportion of the total time. (Kuric, 2021) One of the most important components of train travel is shunting, therby wagons are transferred on the railway to form or dissolve train compositions. Particularly in single wagonload traffic, this plays a significant role not only at marshalling yards. One component of this manual activity is train preparation and, in particular, wagon inspection. The purpose of this inspection is to ensure that the rail vehicles in operation have the required operational safety. The procedure is time-consuming and cost-intensive and often slows down rail freight traffic in the competition between modes of transport. In rail freight transport, up to two hours per train journey are required for such wagon technical inspections (Thomasitz, 2021). If one considers that the volume of traffic is expected to increase even further in the future, this process represents a corresponding challenge, as it requires more personnel and occupies correspondingly more tracks. Thus, if the duration of this investigation remains the same, this will lead to a capacity restriction of the existing infrastructure. In different projects, the St. Pölten - University of Applied Sciences already examined effects by automation on marshalling yards, therefore this paper is considered, how the wagon technical examination can be optimized. This will be done by examining existing technologies for their applicability in the context of the wagon-technical investigation. The infrastructure of the Austrian railway is chosen as the area of investigation. As an introduction, this chapter describes the existing procedure and in the following chapters the considerations for the optimizations are described.

1.1. Current situation

The rolling stock inspection serves to ensure the operational safety of freight wagons and their cargo. The inspection is carried out by a wagon inspector. He checks complete trains of wagons or each individual wagon and its cargo for correct technical condition. Therefore, the wagon inspector walks along both sides of the wagon train and inspects wagon after wagon, axle after axle of the up to 700-meter-long trains. The brakes and wheelsets are checked for integrity with targeted hammer taps. In addition to the brakes, the couplings and buffers as well as the other components of the freight wagons, such as the wagon underframes and bogies and the wagon bodies, also require a great deal of attention. In addition to the wagon material itself, the load is also subject to extensive inspection. Various test methods are used, which are listed below (GCU Bureau, 2021):

- Testing by measuring,
- Testing by hammer stroke,
- Checking the function,
- Testing by moving the component.

The approval of the wagon inspector is required for the completion of a train trip; damage and defects to the wagon material are identified by appropriate "labeling" of the respective freight wagon and provide information on the further use of the freight wagon or on measures to be taken (ÖBB Infrastruktur AG, 2016):

- When assessing the operating condition of freight wagons, a distinction is made between the following conditions:
- Operable = "Operable vehicles are all vehicles whose technical condition, their load and their load securing permit their use without restriction."
- Runnable = "Runnable vehicles are vehicles whose technical condition, their load and their load securing still allow them to run in a specific section of track to be determined by the investigator..."
- Not runnable = "Not runnable vehicles are vehicles whose technical condition, their load and their load securing do not allow them to join trains."

For a better overview of the individual tasks, they have been illustrated in the following process diagram:

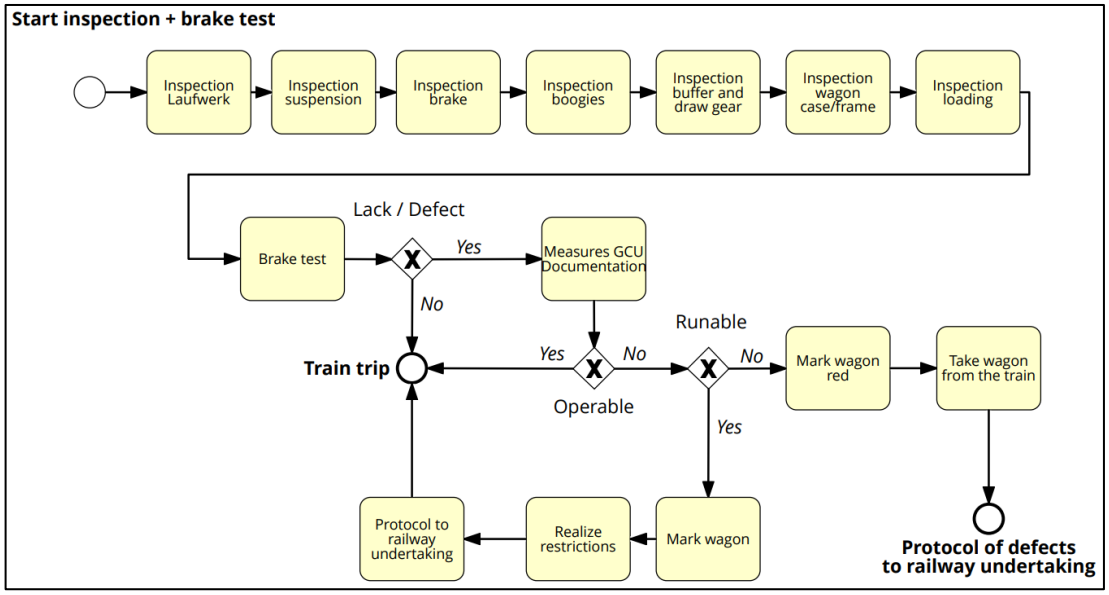


Figure 1: BPMN diagram of rolling stock inspection subprocessest Source: Own illustration in Signavio

2. METHODS

Methodologically, a combined procedure of theoretical research and practical observations in the field was used, and this mix of methods is described in more detail below:

Initially, the paper will take a look at existing technologies and processes. The infrastructure of ÖBB Infrastruktur AG is considered as the area of investigation. For this purpose, the prescribed framework conditions are analyzed on different levels. On the one hand, the legal framework and the use of national regulations and the company's operating regulations. In this context, the required competencies and the training of the wagon inspector as well as his area of responsibility are also derived. In addition, the theoretical part also includes research into which technologies already deal with the topic in the current scientific literature or relevant trade journals. With this gained knowledge, the practical part will be continued. Thereby the work of the wagon inspector is accompanied in a field observation. In addition, expert interviews will take place in order to incorporate the experiences of those involved. Since this process only serves to identify weak points, the observations are carried out within a limited framework. In a weak point analysis, the process is analyzed to identify optimization points. Subsequently, an analysis is carried out for these areas, in which it is considered how and in what form already existing technologies can improve the process. For this purpose, an overview is provided at the end of the paper, which compares the corresponding possibilities with the existing ones.

3. RESULTS

This chapter is divided into three subsections. The first one describes the results of the field observation, the next one the interferences between the research and the observations and in the last one the advantages and benefits are described.

3.1. Field observation and expert interviews

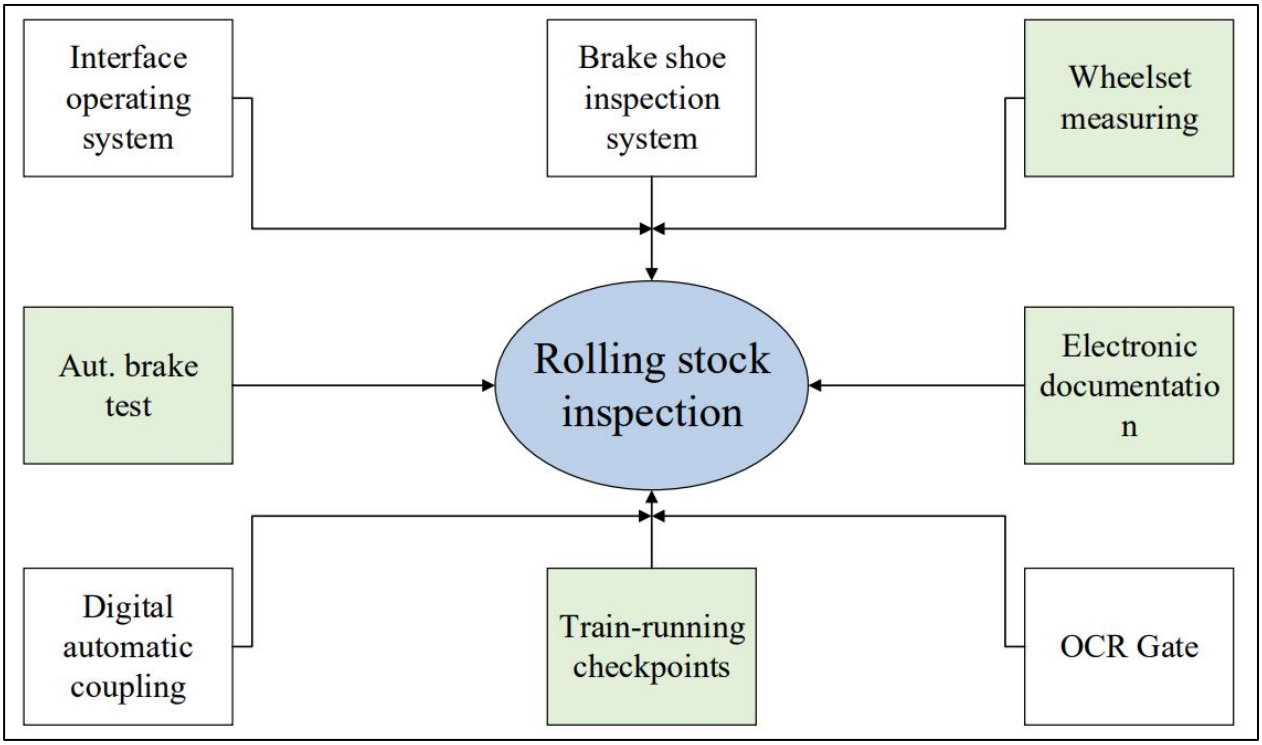
A field observation was carried out at the Wiener Neustadt shunting station in April 2021. For this purpose, the treatment of 11 trains was examined in more detail. The treatments were divided into five different categories:

- Rolling stock inspection and brake test
- Rolling stock inspection
- Outgoint train inspection
- Rolling stock inspection including brake test and train preparation inspection

Considering the results of this field observation, it has become apparent that various sub-areas appear to be optimizable. Handwritten documentation is one of these areas. This is done by hand around the clock in all visibility and weather conditions. This can lead to mistakes being made in the documentation. In addition, this manual documentation is subsequently further recorded electronically, which involves an additional process step. The railroad undertaking operating the train or under whose supervision the train falls is obliged to inform the wagon owner immediately of any damage or defects in the form of a damage report in the event of damage being detected. Therefore, in addition to the general description of the damage, this protocol must also contain the found labeling (marking about running ability). The preparation of damage protocols is associated with bureaucratic effort. Different formats, missing or incorrect information, illegible or incomprehensible data, and delayed transmission can also lead to necessary rework. Furthermore, the observation showed that in the majority of the complaints the cargo was affected. A typical defect here can be that goods are not adequately protected against the airstream and are displaced by it or, in the worst case, fall off the wagon. It also emerged that, as already described in the introductory section, a large number of inspections were based on visual checks. These are of course subject to weather and visibility conditions and also require a high level of experience on the part of the inspecting staff.

3.2. Inference of the research and observations

If already existing technologies are to be used for optimization, railway stations in which it is possible to adapt the infrastructure accordingly are appropriate. The sorting tracks in a marshalling yard would also be suitable for this purpose. From previous research, it is known that various technologies exist for the automation of sub-processes. If optimization of the core components of a rolling stock inspection is desired, then on the basis of the identification of a freight wagon, on the one hand, is of interest. This could be done via an OCR gate. (Rubio Villalba, 2020). A use of an automatic brake testing system and a Digital automated coupling would also eliminate the need for inspections in this area. In addition, a wheelset measuring system and a brake shoe inspection system. The next image shows these technologies:



Possible technologies for optimizing rolling stock inspection. Source: Own illustration based on Thomasitz, 2021 and Wagner et. al., 2021

3.3. Consideration and benefit

In the scope of this analysis, four sub-areas (checking the loads, execution of brake tests, documentation of defects and creation of damage protocols) were examined in more detail with regard to their benefits. In each case, the corresponding process step was considered, with the conventional method being analyzed and

compared with an optimized variant. According to these investigations, the individual possibilities resulted. These results are illustrated in color in the following table:

Table 1: Interaction of presented ideas in the rolling stock inspection. Based on: Thomasitz, 2021

Process step	Conventional procedure	Optimization potential	Benefit
Checking the running equipment	Visual or manual inspection of the wheel sets	Integration of CALIPRI technology in infrastructure-based measurement systems for wheelset measurement	fully automated / no staff Long-term prognosis of the wear behavior possible faultless wheel profile measurement
Checking the loads	Visual inspection of the load	Checking with load measuring systems after train formation	fully automated / no staff Elimination of process steps for the inspection
Execution of brake tests	Manual check of applied or released brake states	Application of the automated brake test syste,	safer by a factor of 100 than human inspection time saving up to 30min
Documentation of defects	handwritten documentation	Application of the WDRflyer app	Optical identification of wagon number assignment of the defect to the corresponding wagon Save defects by entering the damage code Image documentation via app Indication of the location of the damage by means of defined selections
Creation of damage protocols	manual transfer of the documentation to the IT	Application of the WDRflyer app	no manual transfer of data from paper only complete damage wagon protocols supplementary documentation (photos) retrieval of damage information by third parties

4. DISCUSSION

Due to the General Contract of Use for wagons (GCU), the necessary requirements for rolling stock inspection are comparable in Europe. Therefore, the procedure in Austria was considered in this paper. However, the findings are comparable throughout the standards (https://gcubureau.org/?lang=en, 04.09.2021). The work shows that there are many approaches to simplify this process for the staff, for example by using an app for logging. But also that it is possible to implement certain technologies as a replacement for the manual activity. This would have as an advantage that conditions of the activity in the track area are reduced and thus an increase

of the employee protection is possible. However, weaknesses appear when we consider that automation of rolling stock inspection requires interventions either in the infrastructure or on the wagons. In the worst case, on both components. If this aspect is considered at the marshalling yard, the infrastructure would have to be adapted in all areas where inspections are carried out. With regard to the changes to the vehicles, however, it is also apparent that various projects are already working on innovations and, for example, the use of digital automatic coupling in rail freight traffic is also being driven forward (https://www.dac4.eu/en/, 03.08.2021).

5. CONCLUSION

In this study, only a very limited sample of rolling stock inspections was considered. Therefore, it is necessary to conduct surveys on a larger scale and to evaluate them according to the time shares in order to obtain more reliable results. In addition, in further research, on the one hand, an interactive model should be designed with which it is possible to mathematically better evaluate the various subcomponents and, on the other hand, to determine what the real benefit is in terms of efficiency. These investigations could be useful in an overall consideration of an automated marshalling yard and help the rail system to become more attractive and thus to advance the modal shift towards rail. In addition, it makes sense to carry out considerations in a large consortium in further projects in order to have as many stakeholders as possible on board, such as railway infrastructure operators, railway undertakings, regulatory authorities, vehicle manufacturers and other parties, in order to be able to take into account the relevant experience values.

6. REFERENCES

Deutsche Bahn AG (2020) Digital automatic coupling in rail freigt traffic. Available at: https://www.dac4.eu/en/ (Accessed 03.08.2021).

European Union (2020) EU Transport in Figures: Statistical Pocketbook 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: http://op.europa.eu/en/publication-detail/- /publication/da0cd68e-1fdd-11eb-b57e-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF (Accessed: 15.07.2021).

GCU Bureau. (2021) General Contract of Use for wagons. Available at: https://gcubureau.org/contract-2021/ (Accessed: 15.07.2021).

Kuric, Z. (2021). Auswirkungen von automatisierten Betriebsanlagen auf den Güterverkehr). St. Pölten, Austria: FH St. Pölten.

ÖBB Infrastruktur AG (2016): 31-Richtlinien für den technisch Sicheren Einsatz von Fahrzeugen auf dem Netz der ÖBB, Stand 11.12.2016. Wien 2016, Abschnitt III, §31.

Rubio Villalba, Ignacio (2020). Analysis of the OCR System Application in Intermodal Terminals. Malmö Intermodal Terminal (Sweden). p.22.

Thomasitz, M. (2021). Die wagentechnische Untersuchung – Abhilfen in Anwendung bestehender Technologien. St. Pölten, Austria: FH St. Pölten

Wagner et. al. (2021). Auswirkungen von Innovationen auf den Schienengüterverkehr. In: Jahrbuch Logistikforschung. Ebner Verlag.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ANALYSIS OF ICT APPLICATION IN RAYWAY ENTERPRISES IN THE DIGITALIZATION PROCESS

ANALIZA PRIMENE IKT U ŽELEZNIČKIM PREDUZEĆIMA U PROCESU DIGITALIZACIJE

Zoran G. Pavlović[a], Zoran Bundalo[a], Veljko Radičević[a], Marko Bursać[a]

[a] Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Dpt. School of Railway Studies, 24 Starine Novaka St., Belgrade, 11000 Serbia, zoran.g.pavlovic@gmail.com, cheminot2@gmail.com, veljkoradi@gmail.com, markobursac1987@gmail.com

Abstract: *One of the most common questions for researchers in the field of information and communication technologies (ICT) is the representation and application in railway transport companies. ICT infrastructure is developed and represented in all organizational units and units, but it is not sufficiently used. This negative trend can be influenced by the education and expertise of employees as well as the lack of funds. This paper presents an analysis of ICT currently used in railway companies for the realization of everyday business activities as well as the use of technologies that are available to service users to realize their needs. In addition to the above, in order to increase the quality of service, a comparative analysis of models and services used in foreign railway administrations, which generate higher revenues by applying advanced Internet technologies. The aim of this paper is to analyze the current state of ICT application and, based on the results, propose innovative measures based on advanced Internet technologies, in order to improve business in relation to traditional models that are currently in use. The application of ICT and digitalization of business processes in railway companies is the main driver of innovation, modernization, increasing business revenues, competitiveness and development.*

Key words: *railway companies, ICT, digitalization, e-business*

Apstrakt: *Jedno od najčešćih pitanja za istraživače iz oblasti informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) je zastupljenost i primena u železničkim transportnim preduzećima. IKT infrastruktura je razvijena i zastupljena u svim organizacionim jedinicama i celinama ali nije dovoljno iskorišćena. Na ovaj negativan trend može da utiče obrazovanje i stručnost zaposlenih kao i nedostatak novčanih sredstava. U ovom radu predstavljena je analiza IKT koje se trenutno primenjuju u železničkim društvima za realizaciju svakodnevnih poslovnih aktivnosti kao i upotreba tehnologija koje su dostupne korisnicima usluga za realizaciju svojih potreba. Pored navedenog u cilju povećanja kvaliteta usluge urađena je komparativna analiza modela i servisa koji se primenjuju u inostranim železničkim upravama, koje ostvaruju veće prihode primenom naprednih internet tehnologija. Cilj ovog rada je da se analizom utvrdi postojeće stanje primene IKT i na osnovu rezultata predlože inovativne mere zasnovane na naprednim internet tehnologijama, radi poboljšanja poslovanja u odnosu tradicionalne modele koji su trenutno u primeni. Primena IKT i digitalizacija poslovnih procesa u železničkim preduzećima je glavni pokretač inovacija, modernizacije, povećanja poslovnih prihoda, konkurentnosti i razvoja.*

Ključne riječi: *železnička preduzeća, IKT, digitalizacija, e-poslovanje*

1. UVOD

Osnovni cilj primene novih tehnologija zasnovanih na Internetu, omogućava unapređenje i brži razvoj modela poslovanja za železnički prevoz putnika (Pavlović, i dr. 2020) (Pavlović, i dr. 2021). Tehnologija pruža sposobnost železnice za brže i kvalitetnije obavlja poslovne procese u samoj organizaciji kao i mogućnost približavanja realnim i potencijalnim korisnicima usluga. Prednosti koje donosi Internet tehnologija, a koje su bitne za poslovanje železnice se ogledaju kroz razne modele poslovanje (Pavlović, 2019).

Jedan od primene Internet tehnologija prikazan je u radu autora (Wei i Liying, 2018) koji se odnosi na izgradnju i primenu platforme za pružanje tačne podrške za podatke logističkog modela protoka putnika. U železničkoj tranzitnoj mreži Internet tehnologije omogućavaju informacije korisniku usluga i autori (Zhai, i dr., 2011) na osnovu toga predlažu i modeliraju novu metodu za putovanja novim prevoznim putevima. Železnički

saobraćaj koristi tehnologije za potrebe saobraćajne signalizacije, ali komercijalne mreže mogu takođe da pružaju usluge sa dodatnom vrednošću putnicima i transportnim. Pored toga, mobilni korisnici sve više žele da budu povezani i kada putuju. Iako sadašnje Internet tehnologije, pružaju široku pokrivenost kako bi se osiguralo odgovarajuće korisničko iskustvo. U radu (Rivas, i dr, 2013) predlažu metodologiju za prikupljanje i organizovanje saobraćajnih informacija vezanih za realizaciju Internet usluga preko komercijalnih mobilnih mreža.

Posebno su aktuelne mogućnosti rezervacije i kupovine voznih isprava za odgovarajuća mesta (sedišta, ležaja, postelje, praćenog automobila), uz izbor prevoznog puta. Prezentacijom asortimana ponude u putničkom železničkom saobraćaju, usluge železničkih preduzeća postaju dostupne svim potencijalnim korisnicima njenih usluga. Tehnologije koje su zastupljene u poslovanju železnice ne pružaju potpunu uslugu koja treba da zadovolji potrebe sadašnjih a i potencijalnih korisnika. U skladu sa predmetom ovog rada uočen je nedostatak koji se ogleda u primeni već razvijene informacione infrastructure i urađena je analiza sa zadatim parametrima u cilju povećanja kvaliteta usluge u železničkim preduzećima.

2. PRIMENJENE TEHNOLOGIJE U ŽELEZNIČKIM PREDUZEĆIMA

2.1. Tehnologije u Republici Srbiji

2.1.1. EDI tehnologija

EDI (*Electronic Data Interchange*) tehnologija je razmena standardnih poslovnih dokumenata, između računarskih aplikacija poslovnih partnera posredstvom računarskih mreža u cilju kvalitetnijeg poslovanja za ostvarivanje boljih poslovnih rezultata. EDI tehnologija ne podrazumeva interaktivno učešće zaposlenih u železničkim preduzećima u razmeni informacija već podiže efikasnost, efektivnost i nivo tehnološke automatizacije poslovnih procesa u oblasti trgovine.

EDI tehnologija sa primenom štedi vreme u brzini prenosa podataka, obradi podataka, tačnost prenesenih podataka, bez jezičkih barijera gde se ujedno povećava konkurentnost saobraćajne grane za železnički prevoz putnika. na tržištu. EDI tehnologija omogućava popis vozova koji putem Internet mreže prenosi u Data centar. Informacioni sistem za praćenje i upravljanje putničkim kolima obezbeđuje pravovremene i potpune informacije menadžmentu transportne organizacije (Pavlovic i Vukmirović, 2016).

2.1.2. EPA system rezervisanja

Rezervisanje mesta predstavlja unapred zauzimanje mesta u vozu za planirano putovanje u železničkom putničkom saobraćaju. Rezervaciju mesta u međunarodnom saobraćaju moguće je ostvariti dva meseca ranije od planiranog datuma putovanja. Putnici imaju mogućnost da rezervišu sedište, ležaj ili postelju, mesto praćenog automobila i time povećaju kvalitet svog putovanja.

Postojeći rezervacioni i tarifski sistemi EPA (Evropski rezervacioni system), omogućava zauzimanje mesta za vozove inostranih železničkih uprava putem računarskih sistema. Povećanjem mogućnosti umrežavanja računarskih sistema, pre svega PC računara, ostvarena je dalja integracija funkcija prodaje u putničkom saobraćaju na relaciji centralni računar koji se nalazi u *Bukingu* za rezervisanje mesta do računara koji se nalaze na teritoriji prevoznika. Korisnik usluge ima potrebu za putovanjem i želi da unapred ima rezervisano mesto i to može uraditi na tri načina:

- Odlaskom u prostorije putničke blagajne prevoznika (najranije dva meseca pre nameravanog putovanja) da rezerviše i uz datu voznu kartu na uvid ako je poseduje i plati predviđeni iznos putničkom tarifom;
- Poziv iz fiksne ili mobilne telekomunikacione mreže operatera u *Bukingu* centra za rezervaciju mesta i rezerviše mesta nakon provere u sistemu EPA;
- Slanjem e-mail sa zahtevom koji sadrži datum putovanja, relaciju i vrstu mesta u vozu (prvi ili drugi razred, ležaj u kušet kolima ili postelju u spavaćim kolima).

U navedenim slučajevima operater proverava zahtevane podatke, rezerviše i daje informaciju o raspoloženim mestima u razgovoru sa korisnikom usluge i slanjem e-mail. Korisnik usluge dužan je da do 20.00 časova narednog dana preuzme rezervaciju mesta u prodajnom objektu operatera. U slučaju više sile ili sprečenosti putnika da putuje, potrebno je otkazati rezervaciju mesta ili ako se ne preuzme automatski sistem oslobađa mesto, koje stoji na raspolaganju.

2.1.3. Elektronsko izdavanje karata u vozu

Da bi se ispunili sve različitiji zahtevi korisnika prevoza, železnica početkom 2017. godine uvodi mobilne uređaje za elektronsko izdavanje prevoznih dokumenata u vozu. Iskustva stranih železničkih uprava u uvođenju mobilnih terminala ukazuju na povećanje kvaliteta prevozne usluge, produktivnost rada konduktera u vozu, lakše, tačnije i pouzdanije utvrđivanje prihoda od prodatih karata u vozu kao i smanjenje mogućnosti za manipulaciju. Time se obezbeđuje uspešnije planiranje i organizacija rada u procesu prevoza putnika železnicom.

Sa mobilnim terminalom moguće je u unutrašnjem putničkom saobraćaju:

- Izdavanje i naplata: voznih i doplatnih karata; naknada za sporedne usluge i štete koja je pričinjenja prilikom putovanja.
- Pregled i proveru: voznih isprava kupljenih putem Interneta; voznih karata koji su ispostavljene elektronskim putem na prodajnim mestima železnice; voznih karata koji su ispostavljene ručno; voznih karata koje su ispostavile inostrane železničke uprave i legitimacija.

Model za elektronsko izdavanje karata u vozu sastoji se od podsistema (Pavlovic i Vukmirović, 2016):

- Hardverski: mobilna terminal čiji su osnovni delovi: alfanumerička tastatura, displej koji je osetljiv na dodir, štampač, medijum za smeštanje podataka, uređaj za napajanje, ostali komunikacioni delovi, uređaj za čitanje podataka i njegovo "prenošenje" na PC, uređaj za povezivanje sa PC računarom, uređaj za punjenje baterija i PC konfiguracija.
- Softverski: sistemski softver koji omogućava rad mobilnih terminala, aplikativni softver (programi za elektronsko izdavanje karata), softver za očitavanje podataka i njihovu obradu na PC računaru.

Uzimajući u obzir da se mobilnim terminalima postiže potpuna tačnost pri izračunavanju vozne cene, povećava brzina izdavanja karata, eliminišu zloupotrebe, postiže smanjenje troškova obrazaca, računa i olakšava obrada podataka, očigledna je opravdanost uvođenja ovih uređaja.

2.1.4. Programski paket "ORKA"

Model za izdavanje voznih isprava programskim paketom „ORKA" obuhvata umrežavanje svih personalnih računara u putničkim agencijama i blagajnama putem Interneta. Model se upotrebljava za tradicionalan način kupovine voznih isprava i podrazumeva odlazak korisnika usluge u objekte železnice. Model „ORKA" se primenjuje u železničkom saobraćaju od 2006. godine. Programski paket obuhvata izdavanje voznih isprava u unutrašnjem i međunarodnom putničkom saobraćaju. Izdavanje voznih isprava obuhvata: karte, doplate, rezervacije mesta, ležaja i postelje kao i rezervaciju za praćeni automobil. Programski paket „ORKA" sadrži infrastrukturu, red vožnje vozova, povlastice, staničnu blagajnu, cenovnik, saobraćajnu tehnologiju, sastav vozova i izveštaje**.**

2.1.5. On-line izdavanje voznih karata putem aplikacije „e-karta"

Železnica transporta organizacija „Srbija Voz" je korisnicama usluge dala mogućnost kupovine vozne karte u unutrašnjem putničkom saobraćaju putem Interneta. Aplikacija se nalazi na internet stranici prevoznika. Prva faza primene obuhvata korisnike usluga koji koriste železnički prevoz na relaciji Beograd Centar - Vršac - Beograd Centar**.**

Aplikacija sadrži listu vozova za zadatu relaciju i potrebno je izabrati odgovarajući za planirano putovanje. Sledeći korak obuhvata upisivanje naziva stanice iz koje se otpočinje putovanje. Nakon toga treba upisati i naziv uputne stanice do koje korisnik usluge želi da putuje. U polju koje je predviđeno za datum potrebno je upisati datum nameravanog putovanja. Na kraju treba i upisati broj putnika za koje treba kupiti vozne karte. Ovaj model omogućava kupovinu voznih karata samo za pet putnika u jednoj novčanoj transakciji. U sledećem koraku otvara se novi frejm gde je potrebno uneti podatke o imenima i prezimenima putnika kao i datume rođenja. Vozne karte koje su kupljene on-line su lične i neprenosive i prilikom kontrole treba pokazati lični dokumenat. Sledećim korakom, otvara se novi frejm „kupovina" gde se moraju proveriti traženi podaci korisnika usluga i potvrditi kupovina. Završena kupovina podrazumeva korak u kome se potvrdom otvara se novi frejm na web stranici poslovne banke za završetak procesa plaćanja.

Kada je transakcija potvrđena korisnik usluge na e-mail adresu dobija vozne karte u PDF obliku i potvrdu o uspešnoj kupovini. Korisnik usluge mora da odštampa taj dokumenat i da ga poseduje tokom putovanja. Model ima opciju pregleda svih izvršenih novčanih transakcija za kupovinu voznih karata. Na istoj stranici korisniku usluge je data i mogućnost da odustane od putovanja (Pavlović, i dr., 2016) (Baranda, i dr., 2018).

2.2. Tehnologije u inostranim železničkim preduzećima

U odnosu na železnički saobraćaj u Republici Srbiji, zemlje u okruženju već uveliko upotrebljavaju Internet tehnologije za: realizaciju poslovnih aktivnosti (Gaurav i Srivastava, 2018), kontrolu bezbednosti u funkcionisanju železničkih saobraćajnih sistema, radi obezbeđenja bezbednosti ljudi i imovine (Wang, i dr., 2018) (Dong, i dr., 2013) (Wen-yu, i dr., 2014), povećanje propusne moći uz kombinaciju signalizacije, sinhronizaciju kontrole grupe vozova i drugih naprednih tehnika (Takagi i Shimizu, 2016). Primena tehnologija internet transakcija omogućava korisniku usluga (putniku) sposobnost servisa za on-line kupovinu karata i rezervacija u železničkom saobraćaju. Na ovaj način poslovanja železnica zadovoljava potrebe korisnika i ujedno unapređuje svoje poslovanje.

2.2.1. Tehnologije Hrvarskih železnica

Hrvatski železnički prevoz putnika (HŽPP) je omogućio kupovini voznih karata i rezervacija putem internet stranice na sajtu prevozioca kao i aplikacije za on-line prodaju koja se preuzima besplatno za pametne telefone. Internet stranica omogućava kupovinu karte za sve relacije u unutrašnjem prevozu, odabirom polazne i uputne stanice, datuma i vremena polaska i broj putnika. Sledeći frejm prikazuje izbor i potvrdu voza u prikazanoj listi sa kojim se započinje putovanje. Sledeći korak podrazumeva izbor mesta koji je prikazan kao dijagram slobodnih i zauzetih u svim kolima koja su uvrštena u sastav voza. Novi frejm predviđa registraciju korisnika i proveru traženih podataka.

Sledeći korak podrazumeva plaćanje i dobijanje elektronske karte na e-mail adresu. Kupljena karta se može pokazati kondukteru ili kontroloru na pametnom telefonu. Za pametne telefone potrebno je preuzeti aplikaciju za kupovinu voznih karata. Nakon preuzimanja aplikacije, bira se opcija novi korisnik i unose traženi lični podaci. Kada se izvrši prijava u aplikaciji prikazane su tri mogućnosti koje korisnik može da izabere:

- Kupovinu karata, gde je omogućena kupovina voznih karata i rezervacija u unutrašnjem saobraćaju;
- Moje karte, pregled već kupljenih karata i
- Postavke, pregled podataka korisničkog računa.

Sledeći korak podrazumeva izbor sledećih parametara koji su vezani za cenu prevoza: polaznu i uputnu stanicu, datum putovanja, u jednom pravcu ili povratno putovanje, razred voza i kategoriju putnika gde se određuje redovna ili snižena cena na osnovu povlastice. Izbor voza iz pregleda svih vozova koji saobraćaju u toku 24 časa i izbor rezervacije mesta. Prikazivanjem podataka o ceni zahtevane usluge pristupa se plaćanju i nakon uspešne bezgotovinske transakcije dobija se potvrda o e-karti koja je dostupna u pregledu kupljenih karata kao i na e-mail adresu korisnika koju je naveo prijavom na sistem. U većim stanicama postavljeni su „KARTOMATI“ gde je omogućena prodaja karata iz automata za izdavanje i plaćanje platnim karticama i gotovinom.

2.2.2. Tehnologije Slovenskih železnica

Pored tradicionalne prodaje voznih karata, Slovenske železnice imaju ponudu kupovine e-karte preko on-line servisa i mobilne aplikacije. U početnoj fazi mogu se kupiti karte za prvi i drugi razred za sledeće kategorije putovanja u unutrašnjem putničkom prevozu:

- U jednom pravcu ili povratna po redovnoj ceni;
- U jednom pravcu ili povratna za decu od 6 do 12 godina uz popust od 50%;

On-line servis na Internet adresi omogućava kupovinu karte i potrebno je izabrati polaznu i uputnu stanicu, datum putovanja, povlasticu i broj putnika. Nakon izvršenog plaćanja korisnik usluge dobija potvrdu o izvršenom plaćanju. Potvrdu je potrebno poneti za validaciju u prevoznom sredstvu i na osnovu nje se štampa karta**.** Kupovina karte sa mobilnim telefonom u aplikaciji funkcioniše na isti način kao i on-line. Jedina razlika je u tome što nije potrebno štampati karte kupljene putem mobilne aplikacije, jer će službeno osoblje koje je u pratnji voza sa ručnim terminalom pročitati kartu sa mobilnog telefona. Nakon učitavanja vozopratno osoblje će odštampati sertifikat koji mora da se čuva do kraja putovanja.

2.2.3. Tehnologije Nemačkih železnica

Nemačke železnice (DB) za korisnike usluga imaju ponudu on-line digitalnu železničku kartu za prevoz. Uglavnom sve ponude mogu se kupiti kao on-line karte. Vozna karta u formatu PDF može se sačuvati na mobilnom uređaju, učitati je u aplikaciju *DB Navigator* ili je poneti sa sobom na put kao odštampan zapis na papiru. Prednost on-line karate je u tome što se može rezervisati neposredno pre putovanja. Prilikom rezervacije potrebno je izvršiti konekciju na Internet stranici pronaći relaciju putovanja, kartu i rezervaciju i izabrati mogućnost digitalne karte. Rezervisana karta se dobija digitalno kao PDF formata e-mail adresu. Kartu u PDF

formatu potrebno je sačuvati na svom laptopu, tabletu ili pametnom telefonu radi praktičnog pregleda u vozu. Alternativno, karta se može preuzeti na pametni telefon koristeći aplikaciju *DB Navigator*. Da bi se to učinilo, klikne se na link u e-mail za potvrdu koji se dobija nakon rezervacije.

Aplikacija *DB Navigator* omogućava sve informacije o nameravanom putovanju u realnom vremenu i ažurirana vremena polaska i dolaska. Aplikacija predviđa i obaveštenje pre dolaska voza u stanicu na koji deo perona će se zaustaviti voz. Prilikom putovanja službeno lice u vozu skenira QR kod i na taj način proverava informacije na ekranu u odnosu na ime na ličnoj karti**.**

2.2.4. Tehnologije Francuskih železnica

Francuske železnice u ponudi imaju on-line digitalnu kartu koja se koristi za putovanje bez štampanja. Digitalna karta poseduje bar-kod koji se dobija prilikom rezervacije i plaćanja usluge. Usluga je bez čekanja u redu na prodajnom mestu, slanja poštom ili postoji mogućnost da se zaboravi i izgubi pre putovanja. Servis omogućava registraciju preko Internet stranice prevoznika i putem preuzimanja. Aplikacija za kupovinu e-karte sa pametnog telefona omogućava jednostavne korake za rezervaciju, preuzimanje, skladištenje ili zamene gde god da se nalazi korisnik i u bilo koje vreme. Potrebno je pronaći e-kartu u odeljku „Moje karte“ u aplikaciji odmah nakon rezervacije ako se koristi korisnički račun ili ako se rezerviše na svom mobilnom telefonu. Snimljena karta sa bar-kodom u folderu telefona pruža prikazivanje i kada nema Internet mreže. Kartu u digitalnom obliku pokazati pre putovanja službeno licu voza.

3. KOMPARATIVNA ANALIZA SERVISA KOJI SE PRIMENJUJU U ŽELEZNIČKOM SAOBRAĆAJU

Za podrebe ovog rada urađena je komparativna analiza sa parametrima za razvoj indikatora koji su aktuelni za poslovanje sa upotrebom Internet servisa (tabela 1). Komparativna analiza obuhvata razlike ali i sličnosti u poslovnim procesima koji se odvijaju tokom realizacije izbora, kupovine i dobijanja vozne karte. Analizom se utvrđuje operativna efikasnost modela ili servisa za pružanje usluge korisnicima.

Autor u radu (Mulangi, 2017) predlaže identifikovanje različitih parametara za procenu učinka javnog prevoza. Interpretivno strukturno modeliranje (*Interpretive structural modelling, ISM*) je dobra uspostavljena metodologija za identifikaciju odnosa između određenih stavki, koja definiše razlike na osnovu kojih se donosi novi zaključak. ISM metodologija zahteva pristup identifikaciji varijabli koje su relevantne za predmet istraživanja (Rajesh, i dr., 2013).

Autori u radu (Yuewen i Zhong, 2011), predlažu rešenja za unapređenje gradskog saobraćaja u sledećim aspektima: dati prioritet razvoju prevoza, organizovati resurse prevoza, maksimizirati prednosti usluge prevoza i poboljšati ukupne efikasnosti kao i nivo usluga sistema javnog prevoza. Analizom parametara (razmena podataka putem internet mreže, potrebno vreme za realizaciju procesa nabavke e-karte, ranije rezervisanje karte i mesta, interakcija korisnik / operater, interakcija korisnik / servis, prostor (mesto ili objekat) za nabavku karte, tradicionalna kupovina karte, modaliteti plaćanja zahtevane usluge, e-karta) utvrđuju se polazne smernice za komparativnu analizu modela za nabavku e-karte sa elementima elektronskog poslovanja koji nisu dosad zastupljeni.

Osnovni cilj komparativne analize je sagledavanje sposobnosti modela koji se trenutno primenjuju u železničkom saobraćaju za sagledavanje nivoa kvaliteta ponuđenih usluga kao i kako bi se zadovoljile potrebe i zahtevi realnih i potencijalnih korisnika usluga. Prva razlika koja je uočena odnosi se na mogućnost korišćenja e-karte u unutrašnjem ili međunarodnom prevozu. Železnice Hrvatske i Slovenije vrše prodaju karata putem Interneta samo za unutrašnji prevoz, dok u Nemačkoj i Francuskoj nivo kvaliteta usluge je podignut na viši nivo i korisnici usluga mogu da koriste karte i u drugim inostranim železničkim upravama. Izbor, plaćanje i nabavku e-karte korisnici usluga je omogućeno putem Internet mreže sa bilo kog mesta i u bilo koje doba dana, gde je potrebno minimalno vreme koje potrebno u procesu realizacije aktivnosti. Korisnik usluge prilikom upotrebe servisa, u slučaju nejasnoća može pozvati kol centar za dodatne informacije i objašnjenja. Interakcija se odvija između korisnika usluge i servisa provajdera usluga putem aplikacije koja se može pronaći na internet stranici prevozioca ili aplikaciji za pametne telefone koja se može preuzeti sa mreže.

Proces realizacije nabavke e-karte, korisnik usluge može se obaviti sa bilo kog mesta i u bilo koje doba dana u nedelji u virtualnom prostoru, naravno ako ima Internet konekciju. Jedan od zajedničkih parametara podrazumeva mogućnosti kupovine e-karte platnim karticama putem on-line servisa provajdera usluga i banaka koje su namenjene za realizaciju bezkontaktne transakcije putem mreže.

Aplikacije za pametne telefone imaju mogućnost prosleđivanja blagovremenih i tačnih dodatnih informacija pre i tokom putovanja za korisnika usluga u Nemačkoj i Francuskoj, dok u ostalim upravama nema

te mogućnosti. U navedenim železničkim upravama korisnik usluge dobija e-kartu koju koristi u vozu i na zahtev službenog lica daje na uvid za validaciju.

Tabela 1. Komparativna anliza servisa Železnice Srbije i inostranih železničkih uprava

Železnička uprava / Parametri	Železnice Srbije	Inostrane železničke uprave
Nabavka e-karte u unutrašnjem i međunarodnom prevozu	Nabavka e-karte u unutrašnjem prevozu samo na relaciji Beograd- Vršac	Nabavka karata na svim unutrašnjim i međunarodnim realacijama
Potrebno vreme za kupovinu	Vreme za dobijanje i štampanje karte na putničkoj blagajni	Vreme rezervisanja, plaćanja i dobijanja e-karte na svim unutrašnjim i međunarodnim realacijama
Interakcija korisnik / operater / servis	Između korisnika i servisa za izbor i rezervisanje	U procesu izbora, plaćanja i dobijanja e-karte i pozivom kol centra
Prostor za nabavku karte	Virtualni prostor putem internet mreže samo na jednoj relaci u unutrašnjem prevozu	Virtualni prostor putem internet mreže u unutrašnjem i međunarodnom prevozu
Modaliteti plaćanja usluge	Platnim i kreditnim karticama putem onlajn sevisa	Platnim i kreditnim karticama putem onlajn sevisa
E- karta za validaciju	Bez mogućnosti validacije, pregled vrši ovlašćenjo osoblje	Validacija u prevoznom sredstvu na validatoru
Dodatne informacije	Pregled kupljenih karata u alikaciji pametnog telefona	Pregled kupljenih karata, peron polaska, kašnjenje voza, vreme dolaska u uputnu stanicu na pametnom telefonu

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom radu prikazani su servisi koji se primenjuju u poslovanje putem internet mreže. Može se zaključiti da na osnovu komparativne analize železnička preduzeća u Republici Srbiji u odnosu na inostrane železničke uprave nisu dovoljno iskoristile potencijal koji je ostvarljiv na osnovu raspoložive mrežne internet infrastrukture.

Proces digitalizacije poslovnih zadataka između zaposlenih kao i realizacije prevoznih usluga podrazumeva inoviranje trenutnih aktivnosti u cilju povećanja kvaliteta usluge. Naime, inostrane železničke uprave kroz proces digitalizacije poslovnih procesa ostvaruju veću novčanu dobit takođe putem internet mreže pored tradicionalne kupovine karte koja se obavlja u službenim prostorijama prevoznika.

Za realizaciju procesa digitalizacije od velike važnosti je struktura zaposlenih iz oblasti informacionih tehnologija koji treba da budu osnovni pokretači u primeni i transformaciji aktivnosti. Stručni zaposleni iz oblasti informacionih tehnologija moraju da kroz seminare i redovno poučavanje ostalih zaposlenih stvore povoljnu klimu za prihvatanje procesa digitalizacije na svim nivoima u železničkom preduzeću u skladu sa misijim i vizijom. Korisnici usluga prihvataju i primenjuju inovativne digitalne tehnologije u svakodnevnim aktivnostima dok u železničkim preduzećiva zaposleni mogu da iskažu nepoverenje, nezainteresovanost kao i strah jer promene u poslovanju zahtevaju i novu sistematizaciju radnih mesta.

5. LITERATURA

Baranda, J., Mangues-Bafalluy, J., Pascual, I., Nunez-Martinez, J., Cruz, J. L., Casellas, R., et al. (2018). Orchestration of End-to-End Network Services in the 5G-Crosshaul Multi-Domain Multi-Domain Multi - Techology Network. IEEE Comminications Magazine (Volume 56, Issue 7, 184-191.

Dong, H., Ning, B., Chen, Y., Sun, X., Wen, D., Hu, Y., et al. (2013). Emergency Management of Urban Rail Transportation Based on Parallel Systems. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,

Gaurav, R., & Srivastava, B. (2018). Estimating Train Delays in a Large Rail Network Using a Zero Shot Markov Model. 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 1221-1226

Mulangi, R. H. (2017). Performance evaluation of ITS project on Mysore city bus transport operations. International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI) 503 - 508.

Pavlovic, Z., & Vukmirović, A. (2016). Posebna ponuda železnice za izdavanje voznih isprava rezervisanih i kupljenih putem interneta,. YUINFO 2016 XXII naučna i biznis konferencija 28. februar-02. mart 2016 , Kopaonik, Srbija, 226-231.

Pavlović, Z., Vuksanović, J., & Gavrić, Ž. (2016, July 15). Definisanje multimedijalne strategije za povećanje broja korisnika usluga železnice (Z. Čekerevac, Ed.) FBIM Transactions, 4(2), 111-119.

Rajesh, A., Nikhil, D., & Vivek, S. (2013). Interpretive Structural Modelling (ISM) approach: An Overview. Research Journal of Management Sciences, Vol. 2(2), , 3-8.

Rivas, T. F., Díaz, Z. A., & Merino, G. P. (2013). Performance study of Internet traffic on high speed railways. 14th International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks" (WoWMoM), 1-9.

Takagi, R., & Shimizu, T. (2016). Ultra-high frequency train operation for the realization of Ultra-Convenient Rail Transport (UCRT). IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT),219-223.

Wang, H., Zhao, N., Ning, B., Tang, T., & Chai, M. (2018). Safety monitor for train-centric CBTC system. IET Intelligent Transport Systems, 931-938.

Wei, L., & Liying, S. (2018). Design and Application of Large Passenger Flow Warning System for Urban Rail Transit. IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC),192-195.

Wen-yu, L., Zi-yang, W., Yong, Q., & Hong-fei, Y. (2014). Analysis the characteristics of Beijing Metro Line 4 passenger flow. IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA),76-80.

Yuewen, L., & Zhong, W. (2011). Research of Intelligent Model of Optimal Route for the Urban Public Transport. International Conference on Computer Science and Service System (CSSS),2167-2169.

Z. G. Pavlović, Z. Bundalo, M. Bursać and G. Tričković (2021), "Use of information technologies in railway transport," 2021 20th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 1-4.

Zhai, H., Zhang, W., Cui, L., Liu, H., & Abraham, A. (2011). A Bigraph Model for Multi-route Choice in Urban Rail Transit. International Conference on Communication Systems and Network Technologies, 699-703.

Zoran Pavlović, Milorad Banjanin, Jovanka Vukmirović, Dragan Vukmirović (2020): Contactless ICT Transaction Model Of The Urban Transport Service; TRANSPORT, Vol 35 No 5, 500-510.

Zoran Pavlović,(2019), User'S Ability To Use Internet Tecnologies In Transport, 7th International Conference ''Towards A Humane City''Environmentally Friendly Mobility, Serbia, Novi Sad 6th and 7th December 2019, 207-213.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ACCEPTANCE OF AUTOMATED VEHICLES IN THE FUTURE TRANSPORT AND LOGISTICS - RESULTS OF STAKEHOLDERS EVALUATION WORKSHOP FOR SLOVAKIA AND CZECHIA

Manon Feys[a], Evy Rombaut[a], Peter Márton[b], Lieselot Vanhaverbeke[a]

[a] *BUTO - Research group MOBI - Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, Brussel, 1050, Belgium, manon.feys@vub.be, evy.rombaut@vub.be, lieselot.vanhaverbeke@vub.be*

[b] *University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Univerzitná 8215/1, Žilina, 010 26, Slovakia, peter.marton@uniza.sk*

Abstract: *The successful implementation of autonomous vehicles and changes in the transport sector in general, will require the engagement and acceptance of stakeholders in the sector. Depending on the scope and the scenarios, different types of stakeholders should be considered. In our paper, we describe the application of the Multi-Actor Multi-Criteria Analysis (MAMCA). The MAMCA allows the explicit inclusion of different stakeholder perspectives in the decision-making process. With this methodology, the stakeholder objectives can be quantified, and scenarios can be evaluated based on different criteria. The analysis results in a scenario ranking for each stakeholder group. We present the results of the MAMCA realised in the frame of stakeholder evaluation workshop for Slovak and Czech stakeholders.*

Key words: *autonomous vehicles, H2020, logistics*

1. INTRODUCTION

The research team from the University of Žilina was involved in cooperation in frame of Drive2theFuture, the EU-funded H2020 research project, as the linked third party of the EURNEX, the European Rail Research Network of Excellence. Drive2theFuture's mission is to prepare "drivers", travellers and vehicle operators of the future to accept, and use connected, cooperative and automated transport modes and the industry of these technologies to understand and meet their needs and wants. Drive2theFuture develops training, HMI concepts, incentives policies and other cost efficient measures to promote and then to comparatively assess several alternative connected, shared and automated transport Use Cases for all transport modes and with all types of users (drivers, travellers, pilots, vulnerable road users, fleet operators and other key stakeholders), in order to understand, simulate, regulate and optimise their sustainable market introduction; including societal awareness creation, acceptance enhancement and training on use.

In our paper, the result of the stakeholder workshop co-organised by the University of Žilina in September 2020 is described. Due to travel restrictions regarding covid-19, the workshop took place online, the meeting application Zoom was used for this purpose. The workshop was organised in close collaboration with the Business technology and Operations department (BUTO), Mobility, Logistics and Automotive Technology research group (MOBI) of Vrije Universiteit Brussel (VUB), Belgium. Our workshop was organised as the second of four workshops. The other workshops took place in Austria, France, and Poland. Our workshop was focused on logistics (freight transport). Other three workshops were focused on mobility (passenger transport).

The stakeholder workshop was organised as part of activity 6.2 "key performance indicators (KPIs) extraction, quantification and multi-criterial analysis (MCA) prioritization per stakeholders' group" as a part of the work package 6 (WP6) "Impact assessment and correlation of automation to Mobility as a Service (MaaS)" of the Drive2theFurure project. Objectives of the WP6 are following:

- Assess the impact of proposed solutions on safety, driver/traveller behaviour, workforce employability and raising acceptance (from the "drivers", the operators/stakeholders' and the general public's point of view).
- Investigate the application and future prospects of the correlation between automation and MaaS, for both passenger and freight transport.

Short description of activity 6.2 solved from April 2020 to November 2020 is following: "A set of common "core" KPIs will be identified together with a number of specific indicators. Relevant KPIs per

assessment category will be specified and quantified with the contribution of project partners as well as external to the project stakeholders. These will be differentiated also according to the user cluster and transportation mode. The identified and quantified KPIs will be prioritized here following a multi-criteria approach. More specifically, MAMCA methodology (Macharis et al. , 2012) will be used to set priorities of KPIs for each stakeholder group (i.e., AV "drivers"/operators, other road participants, vulnerable road users, manufacturers, system developers, etc.). This will be done during an interactive session. This method allows to integrate the points of view, preferences, and objectives of a wide range of stakeholders in a single evaluation model. In the framework of this project, MAMCA will assess the different stakeholders' criteria and priorities in terms of the new technological solutions' readiness and acceptance. Examples of stakeholders that will be included in the analysis are drivers, users of public transoprt, operators of public transport, transport workers, policy makers at local, regional, national and international level, original equipment manufacturers, etc."

In frame of this mentioned activity 6.2, an impact assessment framework for automonomous vehicles was developed where both subjective and objective measurements were considered. Two evaluation processes ran in parallel. In this paper, the results from the stakeholder evaluation process for the logistics workshop are reported. For the results of the mobility workshops, we refer to (Feys et al., 2021). In a later stage of the project, this information will be consolidated with the measurements from the pilot sites. The stakeholders were invited to share their professional opinion during a group discussion in an interactive workshop. The aim was to understand stakeholders' evaluation of autonomous vehicle scenarios.

Stakeholders evaluated criteria and the performance of the scenarios regardling these criteria. The logistics scenarios were defined based on the technical description of the project pilots and AV literature. Urban transport is perceived in literature as one of the most interesting and promising fields for autonomous vehicles. As the loads are smaller and the distances shorter, a shift to electric autonomous vehicles would be easier than for long-haul freight transport (Bucsky, 2018). Also, the last mile freight transport in cities could be integrated with passenger transport. The AV could serve for both passenger and freight transport at the same time, or transport packages on off-peak times for passenger transport. This could lead to a higher efficiency rate overall (Pimentel & Alvelos, 2018). Therefore, even though there is no pilot explicitly testing this out, a shared freight-passenger transport scenario is included in the analysis. Business as usual (BAU) is included as the scenario that reflects the current situation in a setting and where there is no integration of AVs. Following scenarios of freight transport were evaluated by the stakeholders in frame of our logistics focused workshop (Table 1):

Table 1. Scenarios of freight transport and logistics

Scenario 0:	Business as Usual (BAU)
Scenario 1:	automated freight transport last-mile delivery (air)
Scenario 2:	automated freight transport last-mile delivery - shared with passenger transport (road)
Scenario 3:	automated freight transport long-haul (rail)
Scenario 4:	automated freight transport long-haul (road)

Relevant stakeholders were invited according to the stakeholder groups. For logistics, the relevant stakeholder groups were senders, receivers, logistic service providers, local authorities, and citizens. These stakeholder groups were defined based on previous freight transport studies (Buldeo Rai et al., 2017; Buldeo Rai et al., 2018; Macharis et al., 2014).

The goal of the workshop was to gain the opinion of the stakeholders, how the automated vehicle may influence different impact areas (safety, security, environment, traffic efficiency, user acceptance, market penetration, socio, economics, policy, regulatory) of the future transport and logistics. The stakeholder groups were interviewed in the selected impact areas (Table 2)

Table 2. Overview stakeholders and impact areas

Impact areas	**Senders**	**Receivers**	**LSPs**	**Authorities**	**Citizens**
Safety				X	X
Security					
Environment	X	X	X		X
Traffic efficiency				X	X
User acceptance			X		X
Market penetration			X		
Socio	X	X	X	X	X
Economic	X	X	X		X
Policy				X	
Regulatory				X	

2. ORGANISATION OF THE STAKEHOLDER WORKSHOP

It was important to identify representatives for each stakeholder group for our workshop at the beginning. The University of Žilina has had a long-year tradition in the transportation and logistics research. The workshop organising team decided to invite a few relevant and important partners as users, academic partners freight transport operators and local authorities. A total of 19 participants took part in the workshop to represent five stakeholder groups. The researchers of UNIZA were moderators for the stakeholders groups. The survey with KPI prioritisation was completed by 13 participants a the end of the workshop.

This is a list of the workshop participants from Slovakia: Mulica - the independent voluntary association in the area of sustainable mobility in the town of Žilina, KIA Motors Slovakia, ČESMAD - the associaton of road transport operators of the Slovak Republic, the Chemical and Pharmaceutical Industry Association of Slovakia, VVUŽ ŽSR (Research institute of Slovak railway infrastructure manager), RTI Wagon s.r.o. (the private railway operator), Air Transport Department (UNIZA). The workshop organising team invited stakeholders from the Czech Republic as well: the Institute of Technology and Business in České Budějovice, the College of Logistics Přerov, PKP Cargo International CZ (the private railway operator). The stakeholders from Slovakia and the Czech Republic were invited by e-mails in Czech and Slovak.

During the meeting, all participants came together in the main meeting room where the presenter gave an introduction about the project and the purpose of the workshop. Separate discussion among the participants from each stakeholder group followed in the break-out sessions. During the breakout session the stakeholder representatives had the opportunity to discuss and reflect on the importance of the evaluation criteria and the performance of the scenarios in terms of these criteria. The MAMCA software tool (web app) was be used to capture the criteria weights and performance score. One representative per stakeholder group was appointed to assign weights and scores in the tool. Additionally, one person from the organizing team was present during the break-out sessions to assist with the use of the MAMCA software and provide extra information if necessary. After the break-out sessions, all participants returned to the main meeting room. The presenter showed the results from the MAMCA workshop and explained how these can interpreted. A final collective discussion allowed all participants to share their insights and feedback based on these results.

3. RESULTS OF THE WORKSHOP

The overall results of the evaluation, in Figure 1, show that the automated scenarios outperform BAU for the Logistic Service Providers, Local Authorities and Senders. Also, the Citizens believe that the automated scenarios can provide improved logistic services compared to BAU. They share the same overall ranking as the Senders, except for the automated last-mile scenario in the air.

In contrast, the overall performance of the scenarios for the Receivers indicate that they are still doubtful towards the automation of logistic services.

Overall, the stakeholders are positive towards the performance of the automated scenarios compared to BAU, except for the Receivers. The automated long-haul scenario by rail has the highest overall score for Citizens, Senders and Logistic Service Providers.

The weights indicate that security, safety and traffic efficiency are important criteria, while environment and societal impact have a lower importance for the Citizens, as shown in Figure 2.

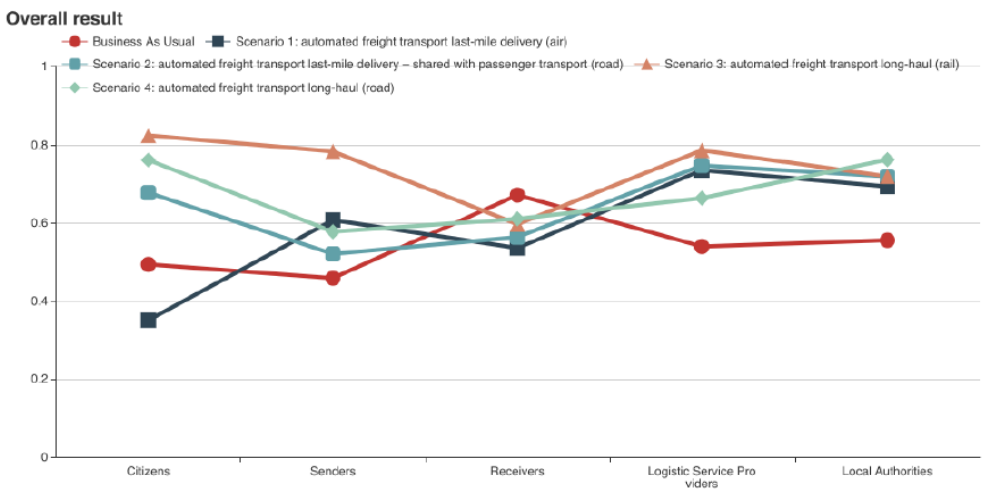


Figure 1. Multi-actor view

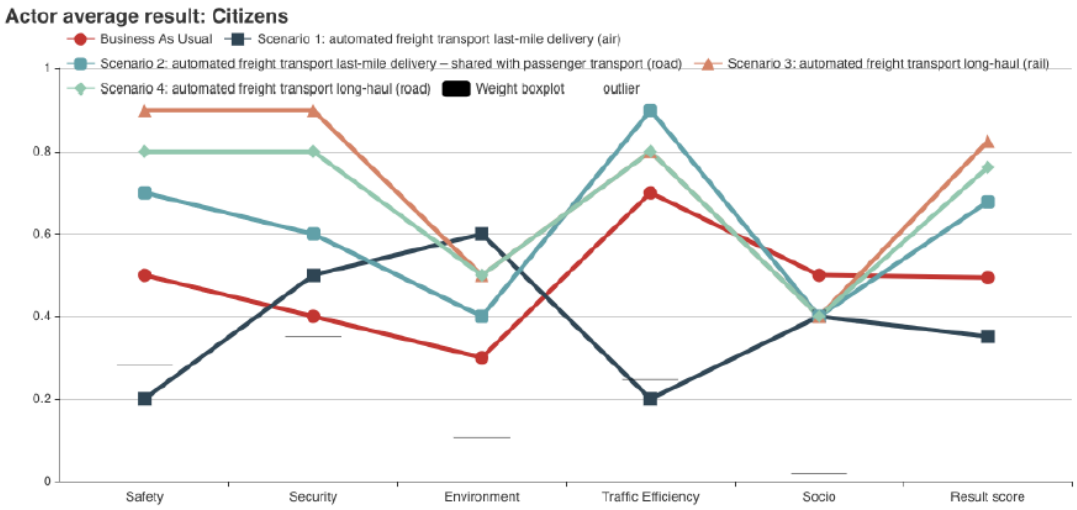


Figure 2. Citizens average result

The final result score for the Citizens shows that automated long-haul transport by rail, automated long-haul transport over the road and last-mile delivery shared with passenger transport over the road form the top 3. BAU has a mid-range score and last-mile transport over the air has the lowest final score. BAU received a mid-range score in terms of safety and societal impact, a below mid-range score for security and environment and an above mid-range score for traffic efficiency. Compared to BAU the scenarios automated long-haul transport by rail, automated long-haul transport over the road and last-mile transport shared with passenger transport over the road received higher performance scores for in terms of all criteria except societal impact. However, societal impact does not reflect a critical objective for the Citizens in this context. The scenario last-mile transport over the air falls behind BAU in terms of safety and traffic efficiency, which are two import criteria. Thus, underpinning the outcome of the overall ranking of the scenarios.

Strikingly, all of the automated scenarios receive higher performance scores in term of security compared to BAU. This reflects that Citizens believe that the automated systems will be adequately protected against external threats or harassment.

In conclusion, the Citizens are positive towards all automated scenarios except for last-mile delivery per aerial vehicle.

The weights indicate that security, economic and environmental impact are of the highest concern for the Senders (see Figure 3), while traffic efficiency, user acceptance and societal impact have a lower importance in the context of automated freight transport.

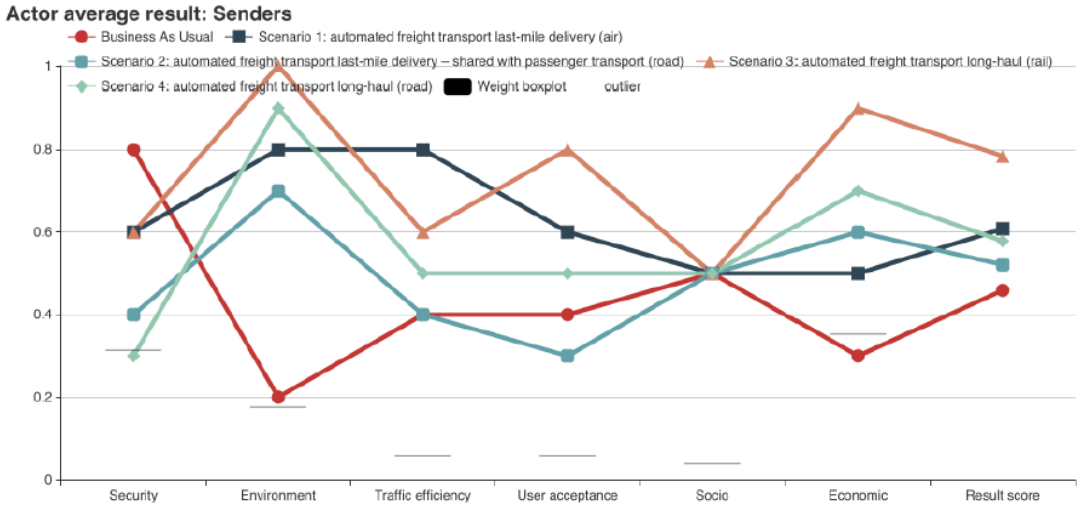


Figure 3. Senders average result

The final result shows that all the automated scenarios have higher overall performance scores than BAU. The scenario automated long-haul transport by rail has the highest score.

Looking at the impact areas, the automated scenarios outperform BAU in terms of economic and environmental impact. This suggests that the Senders believe the automated systems can lower the cost of shipments and will have a lower impact on the environment compared to the current transport services. Automated long-haul transport by rail and road and last-mile delivery per aerial vehicles also outperform BAU in terms of traffic efficiency. However, the importance of traffic efficiency is less relevant for the Senders in this context.

When comparing the automated scenarios amongst each other, we see that automated long-haul transport by rail often received the highest performance score and last-mile delivery shared with passenger transport often got the lowest of second to lowest score.

Notably, in contract to the Citizens, all the automated scenarios received lower performance score that the BAU in terms of security. This possibly reflects their concerns on how the automated systems will be protected against external threats or harassment.

Although traffic efficiency and economic impact carry a slightly bigger importance, the weights of the criteria show that the Receivers are more or less equally concerned with the different impacts, as illustrated in Figure 4. The final ranking of the scenarios shows that the automated scenarios all have an overall performance score that is lower than BAU. The underlying reasons for this outcome are not explained by the evaluation of the different scenarios in a straightforward manner. There are no clear trends to be noticed from the performance scores of the scenarios in terms of the criteria. The performance scores of BAU and automated long-haul transport by rail are often close together or the same. However, BAU outperforms automated long-haul transport by rail in terms of environmental, societal and economic impact. Also, automated long-haul transport by road outperforms automated long-haul transport by rail in terms of the same criteria and in terms of user acceptance. This explains why automated long-haul transport by road slightly outranks automated long-haul transport by rail in the final result scores.

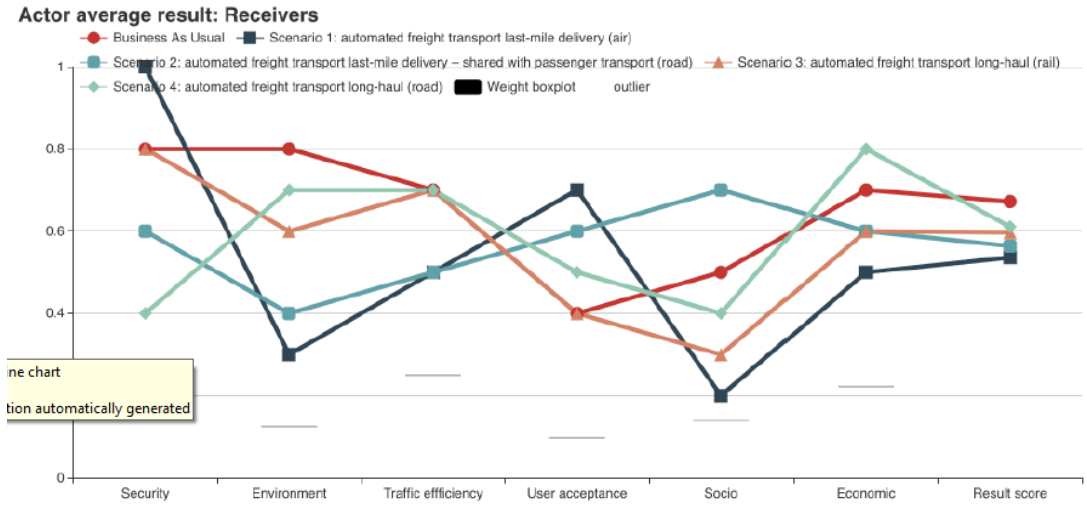


Figure 4. Receivers average result

Overall, the Receivers seem to expect distinct possible advantages and disadvantages in each of the scenarios. The small difference in the overall performance scores also reflects this in final ranking of the scenarios.

Regardless of the small overall performance score differences, we need to point out that BAU has the highest overall performance score. This indicates that Receivers have concerns about the automated scenarios for the future of freight transport.

For the Logistic Service Providers, the weights indicate that the importance of the criteria is more or less equally distributed across the criteria, as shown in Figure 5. Security and economic impact have the biggest weights, while environmental and societal impact have the smallest weights. The final ranking shows that the automated scenarios have higher overall performances scores than BAU. Even though the differences between the scores are relatively small, the top-3 is formed by automated long-haul transport by rail, last-mile delivery shared with passenger transport and last-mile delivery per aerial vehicles.

Also, in terms of each of the criteria the automated scenarios mostly receive higher performance scores than BAU. If we look at the two most important criteria, all automated scenarios are equally scored in terms of economic impact, while automated long-haul transport by rail outperforms the other automated scenarios in terms of security. Furthermore, the evaluation shows that automated long-haul transport by road often receives the lowest performance score amongst the automated scenarios and is even outperformed in terms of traffic efficiency and environmental impact.

In conclusion, the Logistic Service Providers are positive towards all automated scenarios compared to BAU.

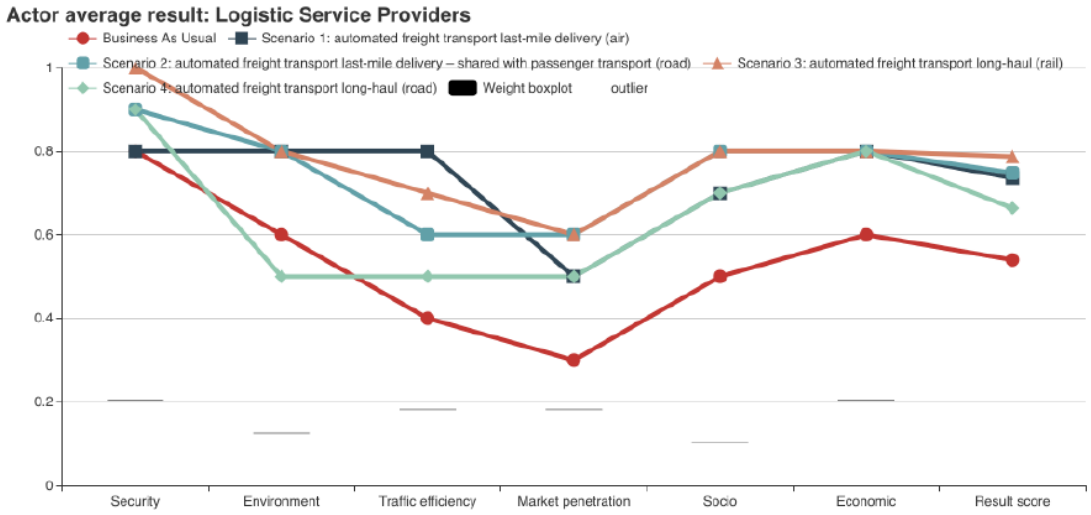


Figure 5. Logistic Service Providers average result

The weights indicate that the importance of the criteria is more or less equally distributed across the criteria for the Local Authorities, as illustrated in Figure 6. Safety, traffic efficiency and policy implementation have the biggest weights. The overall ranking shows that all the automated scenarios outperform BAU and that the differences in overall performance score between the automated scenarios is relatively small. Looking at the evaluation of the scenarios in terms of the criteria, we see that the automated scenarios consistently outperform BAU on all criteria except on environmental impact and traffic efficiency. Local Authorities do not seem to expect performance improvements from the automated scenarios in terms of traffic efficiency.

Overall, we can say that the Local Authorities believe that the automation of freight transport can provide positive impacts. However, we must stress that the impact on safety is an important factor for Local Authorities. Even though Local Authorities believe automated freight services can provide a positive impact compared to BAU, they are still careful in the evaluation their performance in terms of safety.

4. CONCLUSION

The results of A6.2 activity of the Drive2theFuture project show that stakeholders are overall positive towards autonomous scenarios and often prefer these scenarios over the business as usual. The insights of the stakeholder workshopss have been applied to evaluate the Drive2theFuture pilots on a future scenario level.

Drive2TheFuture addresses transport automation acceptance of various categories of “drivers”, travellers and stakeholders involved in or affected by autonomous vehicles. Due to this, the approach defined for the impact assessment framework will build on both objective and subjective measurements in the frame of A6.5 “Impact assessment based on Pilots”. This activity is gettig KPI measurements together with the scenarios of autonomous mobility, to explore the impacts of the proposed solutions from different stakeholders’ perspectives. The proposed approach (adopted also in CityMobil project - https://cordis.europa.eu/project/id/31315, 10.09.2020) is based upon a comparison of the new tested concept with a reference scenario, e.g., a conventional bus service, through a structured set of questions. A formal framework for the appraisal of the two alternatives in terms of relative costs and benefits is adopted. The analysis encompasses a full range of factors for the scenario evaluation and produces outputs in terms of performance parameters, economic analysis and a qualitative assessment of other system benefits. Where benefits can be quantified, they are included in the calculation of a benefit-cost ratio. Where benefits are not quantifiable, they can nevertheless be recognised and rated. The use of TOAST (Technology Options Appraisal Summary Table) methodology will be employed, to allow for an assessment of the less tangible impacts of the options considered to be taken into account.

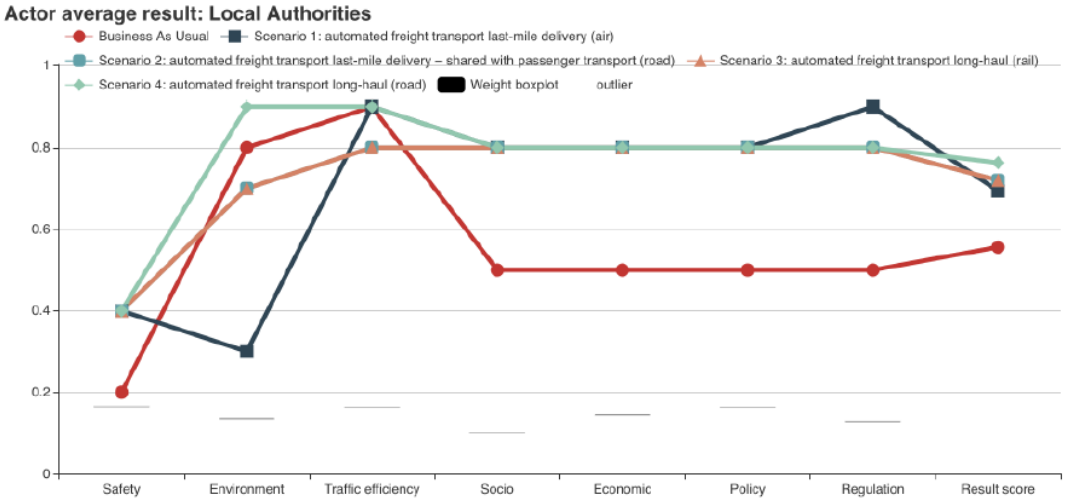


Figure 6. Local authorities average result

5. AUTHOR CONTRIBUTIONS

L.V. conceptualised the study design; M.F. and E.R developed the workshop material; P.M. organized and facilitated the workshop; M.F. and E.R performed the workshop; M.F. produced the visualisation and analyzed the results; M.F. wrote the manuscript; P.M compiled the Drive2theFuture project material; E.R., P.M. and L.V. edited the manuscript. Project supervision by L.V.

6. REFERENCES

Buldeo Rai, H., van Lier, T., Meers, D., & Macharis, C. (2017). Improving urban freight transport sustainability: Policy assessment framework and case study. Research in Transportation Economics, 64, 26–35.

Buldeo Rai, H., Verlinde, S., Merckx, J., & Macharis, C. (2018). Can the Crowd Deliver? Analysis of Crowd Logistics' Types and Stakeholder Support. City Logistics 3: Towards Sustainable and Liveable Cities. 89-108.

Bucsky, P. (2018). Autonomous vehicles and freight traffic: towards better efficiency of road, rail or urban logistics? Urban Development Issues. 58, 41-51.

Feys, M., Rombaut, E., Vanhaverbeke, L. (2021)). Societal impact assessment of autonomous vehicle scenarios using multi-actor multi-criteria analysis. 10th International Congress on Transportation Research.

Macharis, C., Turcksin, L., & Lebeau, K. (2012). Multi actor multi criteria analysis (MAMCA) as a tool to support sustainable decisions: State of use. Decision Support Systems, 54, 610-620.

Macharis, C., Milan, L., & Verlinde, S. (2014). A stakeholder-based multicriteria evaluation framework for city distribution. Research in Transportation Business & Management, 11(2), 75–84.

Pimentel, C., & Alvelos, F. (2018). Integrated urban freight logistics combining passenger and freight flows - Mathematical model proposal. Transportation Research Procedia. 30, 80-89.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

SINGLE RAILWAY INFRASTRUCTURE MANAGER FOR AN INTERNATIONAL RAILWAY CORRIDOR

Kornél Nagy[a]

[a] *European Union Agency for Railways, 120 rue Marc Lefrancq, Valenciennes, 59307, kornel.nagy@era.europa.eu*

Abstract: ***Objectives*** *This paper aims to evaluate the current EU legal framework and practice in EU corridor management. The EU unbundling of infrastructure management from railway operations is one of the cornerstones of railway reforms performed from the last decade of the XX century. The expected outcome of these reforms was to create an interoperable railway network within the EU, which would shift freight and passenger traffic from roads and air to railways. This process is driven by harmonisation of operational, safety and technical standards, by implementation of a single traffic management system (ERTMS) and by creation of railway freight corridors. Nevertheless, all these changes and actions did not bring the expected results. The market share of freight traffic transported by rail is stagnating and even decreasing. Railway infrastructure management is fragmented, in most of the cases breaking the routes on national border lines. The implementation of rail freight corridors appears insufficient to fully address this problem. This paper aims to discuss and to give a hypothetical answer to the poor results highlighted by recent reports of the Commission on railway interoperability development.*

Approach *The study is based on market observation and theoretical evaluation of the proposal, using SWOT analysis.* ***Results*** *The study indicates further directions of research and lists hypothetical benefits of the proposed set up, operating rail freight corridors by principles of asset management.* ***Contribution*** *The paper aims at contributing to further assessments of EU policy to boost railway traffic and seeds for thought for countries and private investors where fragmented railway lines/networks could be managed more efficiently by a single railway asset manager driven by economic principles.*

Key words: *railway bond, rail estate, railway asset management, rail freight corridor*

1. INTRODUCTION

The Rail Freight Corridors (RFC) established by the Regulation (EU) No. 913/2010 operate on separate financial accounts and their financial interests are not harmonised between participating Infrastructuer Managers (IM). Investment priorities are coordinated between corridor members but driven by IM level benefits, opposed to a corridor scale approach.

The RFCs have been established to facilitate cooperation between national infrastructure managers to create market conditions for liberalised railway transport operations. Participating member states (MS) of a RFC, delegate their representatives to the Executive Board and Management Board. The executive board as a supervisory body hosts the representatives of national governments, the management board is an operative body represented by respective IMs. The most important task of an RFC is to create and make transparent its offer of train capacity, to market it and operate the train traffic. RFCs are also tasked to coordinate railway infrastructure development priorities defined by the Commission. Services of RFCs are limited to train capacity handling and they do not perform property or asset management functions. RFCs have no business incentives as they have no balance sheets, no budget for development, only operational KPIs. There are cases when RFCs have no permanent headquarters as it is on a rotational base (Baltic-Adriatic RFC Annual Report 2020). RFCs are not present on financial markets. They are not incorporated to raise equity and debt on financial markets, leaving RFCs as anachronistic organisations in economic terms. RFCs are curtailed of a fluid financial circulation being cut from bond markets. IMs at home are also not considered as real estate asset managers but rather a state-owned asset administrator depending on state support.

The modal share of rail in inland freight had dropped to 17.9% by 2018 from 18.3% in 2011 (Seventh monitoring report on the development of the rail market under Article 15(4) of Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council).

This period has seen the establishment of RFCs along the routes of TEN-T corridors obviously to reverse this negative trend (Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU)

Further facts on deployment of interoperability constituents like ERTMS, also indicate that RFCs in the current structure lagging to achieve political and economic expectations. RFCs represent a good idea to start to assemble fragmented networks, however in this form the project is unfinished, and it could be assumed, RFCs are unable to deliver expected results without further integration. Operational difficulties on timetabling, maintenance and construction works scheduling, different national safety rules, languages, different traffic control systems could not be overbridged within the current structure of RFCs even if they show progress in operational aspects. Financing is not available for corridors, only for member IMs, leaving IMs financially responsible for their respective networks. Facilitating market economy in railway business, underpinned by infrastructure, whose operators are curtailed from financial incentives leads to the situation where railways continue to lose modal market share.

2. METHODS

The method of this study is a SWOT analysis on the feasibility of a single railway asset manager for an entire corridor across European states.

To overcome the weaknesses and to face the threats well prepared, a new way of railway asset management is proposed, taking full benefit of economy of scale on entire corridors to become a financially attractive investment for long term investors. The EU Green deal declares*: Multimodal transport needs a strong boost. This will increase the efficiency of the transport system. As a matter of priority, a substantial part of the 75% of inland freight carried today by road should shift onto rail and inland waterways.* (Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions - The European Green Deal) External cost also need to be calculated and charged as *The price of transport must reflect the impact it has on the environment and on health.* These statements suggest increased need for railway infrastructure capacity, dense network of freight loading facilities and steady income from emission trading and polluter pays, user pays charging.

Table 1. SWOT analysis

Strengths	Opportunities
• Economy of scale in supply management and corridor operation • Adjacent lucrative businesses along the railway lines (terminal operation, service facilities, real estate development…) • Low-cost and low-carbon infrastructure for high-capacity container shipment	• Making corridor operation a lucrative business, interested in and capable to attract more train traffic • Lower operational, construction and maintenance costs • Open railway infrastructure for long term investments for institutional investors •
Threats	**Weaknesses**
• Further decrease of railway`s modal share • Digitized, automated & electrified road transport becomes a green alternative to rail • Lack of political will to allocate railway assets to a supranational asset manager • Less EU and state support to IM finance	• Technical and operational fragmentation of corridor lines • Huge additional investments required for RUs to meet all requirements of different IM sections • Lack of corridorwise economic approach • Financial markets are not involved to railway infrastructure investments

The proposed concept is a railway asset manager, managing and operating dedicated parts of national railway networks on a corridor management approach. The ultimate goal is to ensure return on investment for the incorporated asset manager`s shareholders and creditors, while operating and managing allocated railway assets.

To meet the need of a reliable, standardised, easy access, plug & play, economic and efficient/high-capacity railway infrastructure, it must consider the railway infrastructure as the hardware of train operation. It takes full benefit of economy of scale from suppliers as well as providing its wide range of services across EU member states and third countries. The rail asset manager goes beyond the service of railway capacity allocation.

It is a property manager of the railway line and adjacent buildings in retail, warehousing and terminal operation. The asset manager is operating railway service facilities in maintenance, storing and fuelling of rolling stock. It is providing shunting services on its stations delivering full package of services for railway undertakings lowering the entry costs for increasing number of new railway undertakings. As a complex service provider, revenue is created not only by access charges but by more lucrative services, complementary to railway infrastructure management, like property lease, logistics services and other commercial services. Ideally the asset manager is listed on a stock exchange being able to raise equity by issuing shares and to raise debts by issuing bonds. To guarantee Return on Investment (ROI) for investors, public support is needed to close the gap between investment costs and operational revenue in a form of environmental impact compensation. This compensation ideally would happen on EU level from resources levied by EU taxes as environmental charges for less environmentally friendly businesses. The earnings of the asset manager depend on the mark ups of additional adjacent activities, optimizing and maximizing train capacity and sales of capacity, and the ability to commercialize non-core assets. On the rail infrastructure side, the asset manager will be incentivised to streamline its operations by digitizing its assets and operations, to introduce single safety rules in its single safety authorization, single version of ERTMS for train traffic management and single specifications for infrastructure components across the entire corridor in line with established EU legislation. The operational language should be limited to one language as well as the same operational rules should apply on the entire corridor. In such case border crossing waiting times would be gradually eradicated as well as different technical requirements regarding loading gauge, type of electrification, train length, train weight etc. would be standardized.

3. RESULTS

The competitive advantage of a railway corridor is, fast response time for business queries, transparency of provided services, increased commercial speed, extended train length to 740 meters, loading gauge capable to accommodate the variety of intermodal loading units, single version of ERTMS on the entire corridor and single safety and operational rules. It is the transnational booster of EU railway legislation implementation, which will give the impetus for interoperability for the adjacent feeder lines too.

3.1. Equity

The precondition of railway asset manager is that it owns a concession on its assets and so it has rights to manage and develop the entrusted property in order to ensure increase of value of the business entity, incorporated assets, to provide the defined railway capacity and services and to generate return on investments. Equity is raised firstly from participating member states through their infrastructure managers as shareholders. IMs allocate respective parts of their networks to the new supranational rail estate manager according to specified financial assessments of each components of apportioned assets. IMs and member states could allocate even empty land or unused railways in case existing railway infrastructure is crucial for the national network or new alternative routes are more feasible than current routings. Transparent and single methodology (possibly without national weighting factors) for asset assessment is the only way to define the value of investment of each IM, so stipulating the share of ownership in the new business entity. Additional capital invested by IMs, Member States, Banks and Institutional Investors will dilute the asset-based shareholding of IMs, in one ensuring fresh capital for investments and business development. Incorporated as a joint stock company, the asset manager will have full right to be listed on stock exchanges and harness the benefit of the wide range of financing opportunities on financial markets.

3.2. Governance

The asset manager is fully independent from MS and IMs and its other shareholders. Through its executive and management board it is pursuing its own strategy having only fiduciary obligation towards its shareholders. Realised net revenue is reinvested as retained earnings increasing the equity of the asset manager or paid out as dividends to its shareholders. IMs have no other rights or obligations on the allocated infrastructure than demand on dividends from the asset manager on its global earnings and recapitalization in case additional capital is needed to compensate operational losses.

4. CONCLUSION

Measures established a decade ago to facilitate international railway traffic did not bring expected results according to recent Commission reports. The current structure of RFCs limits their scope in independent business development, to push necessary changes to harmonize operational and safety rules and standardize the technical parameters of infrastructure. It is also hindering the potential in economy of scale in long routes through different countries. The basic rule of market economy to maximise earnings, asset and business value should be applied to railway infrastructure management too, according to this paper. Independent and competent company management incentivised to deliver defined performance and financial results is essential to improve technical and operational interoperability on railways.

Railway infrastructure management as specific real estate asset management is the proposed solution via a publicly traded joint stock company, primarily established by IMs equity as their apportioned railway assets. By the proposed solutions IMs incomes are not realised on their respective parts of the network but by dividend payments according to their shareholding in the asset manager. Financing of business and infrastructure development is open for financial markets in form of share and bond issuance, apart from commercial loans from banks.

The aim of this study is to assess the feasibility of a rail asset manager to manage and operate railway corridors across Europe. This is a purely theoretical concept to discuss the possibility of a centralized rail infrastructure manager in a form of asset management. This study will not elaborate financial calculations on ROI, only lays down theoretical principles to be calculated in later stage for a specified route. To assess the benefits of the proposed solution in next step it should apply a theoretical concept for a selected RFC. It should include quantitative analysis on needed capital, methodology of assessment of allocated assets, revenue forecasts and needed subsidies considering traffic forecast to break even. Further studies could be performed on airport management and international pipeline management as a comparative analysis.

5. REFERENCES

Directive 2001/14/EC of the European Parliament and of the Council of 26 February 2001 on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification

Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 establishing a single European railway area

Regulation (EU) No 913/2010 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 concerning a European rail network for competitive freight

Report from the Commission to the European Parliament and the Council

Seventh monitoring report on the development of the rail market under Article 15(4) of Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council (13.1.2021)

Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions

Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future (9.12.2020)

Baltic-Adriatic RFC Annual Report 2020 (https://www.rfc5.eu/annual_report_2020/)

Alpine-Western Balkan Rail Freight Corridor No. 10. "Capacity Improvement and Operational Bottleneck Study" Ljubljana, November 2020

Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU

Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. The European Green Deal (11.12.2019.)

https://rne.eu/rail-freight-corridors/rail-freight-corridors-general-information/ (28.08.20221

https://www.investopedia.com/ask/answers/040815/what-does-asset-management-mean-regards-real-estate.asp (28.08.2021)

DISCLAIMER:

The author is an employee of the European Union Agency for Railways, however the content of the paper reflects only his personal views and it does not represent the position of the Agency.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

TEN YEARS OF THE REGULATION 913/2010 CONCERNING A EUROPEAN RAIL NETWORK FOR COMPETITIVE FREIGHT

DESET GODINA UREDBE 913/2010 O EVROPSKOJ ŽELEZNIČKOJ MREŽI ZA KONKURENTNI PREVOZ ROBE

Miroslav Prokić[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, miroslav.prokic@yahoo.com*

Abstract: *Motivated by energy efficiency and environmental concerns, efficient rail freight transport has become one of the important priorities of EU transport policymakers. By adopting the White Paper on Transport in 2011 and European Green Deal in 2019, the European Commission has set clear goals related to reducing GHG emissions and reducing oil dependency in transport-related activities. To achieve this, the European Commission has set targets for rail freight transport according to which most of the goods transported by road should be shifted to rail. As a platform for the realization of this target, as part of the EC policy for the improvement of rail freight transport, was adoption of the Regulation 913/2010 concerning a European rail network for competitive freight. This paper provides a brief reminder of the genesis of Regulation 913/2010, an overview of its main results as apparent ten years later, and identifications of future challenges in this field*

Key words: *rail freight transport, rail corridors, EU policy*

Apstrakt: *Motivisani energetskom efikasnošću i brigom za životnu sredinu, za kreatore transportne politike u EU uspostavljanje efikasnog železničkog teretnog transporta je postao jedan od glavnih prioriteta. Usvajanjem Bele knjige za transport u 2011. godini i Evropskog zelenog dogovora u 2019. godini, Evropska komisija je postavila jasne ciljeve vezane za smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte i smanjenje zavisnosti od nafte u transportnim aktivnostima. Da bi to postigla, Evropska komisija je postavila ciljeve za železnički teretni transport na koji treba da se preusmeri veći deo robe koja se prevozi drumskim transportom. Kao platforma za ostvarivanje ovog cilja, kao deo politike Evropske komisije za poboljšanje železničkog teretnog transporta, usvojena je Uredba 913/2010 o evropskoj železničkoj mreži za konkurentni prevoz robe. Ovaj rad daje kratki podsetnik na genezu Uredbe 913/2010, pregled njenih glavnih rezultata koji su ostvareni deset godina kasnije, te identifikaciju budućih izazova u ovoj oblasti.*

Ključne reči: *železnički teretni transport, železnički koridori, EU zakonodavstvo*

1. INTRODUCTION

The non-competitiveness and inefficiency of the rail freight transport and the decline of its share in the transport market were one of the triggers for the reform of the European railways. After 15 years of active policy making by the European Commission (EC) and introduction the legal framework in order to open up transport services to competition, the international rail freight marke was fully liberalized in January 2007 for all EU Member States. This essentially means that state borders should no longer be an obstacle to the development of the European railway market. Although this was supposed raise the efficiency of rail freight transport and encourage market-oriented activities, the financial collapse in 2007-2008 hit rail freight harder than any other mode of transport. In 2009, after decades of decline, the market share of rail freight transport reached a record low of 15.7% of total land transport (European Commission, 2021).

The opening of the market was not a sufficient step to create an environment that would enable the growth of international rail freight transport. Therefore, there was a need for the introduction of new market mechanisms to achieve this. So, in order to further stimulate the competitiveness of rail freight transport, in particular, in terms of facilitation of procedures, train punctuality and reliability, commercial speed, administrative effectiveness, and international cooperation between actors in the rail freight chain, the EC proposed a new legislative act concerning a European rail network for competitive freight. In 2010, this act was adopted in the

form of a Regulation 913/210. This regulation requests the Member States to establish international market-oriented Rail Freight Corridors (RFCs). RFCs are introduced as a tool for facilitation of international rail transport and providing a competitive transport service in relation to other modes of transport - especially with the road. The regulation was focused on addressing the following problems of rail freight transport (European Commission, 2021):

- Lack of priority of rail freight, in comparison to passenger traffic, with regard to operations on mixed-traffic lines and the choice of investment;
- Lack of cooperation, both in terms of investment and the operational management of infrastructure;
- Lack of coordination between the rail infrastructure part and the terminals in general, which resulted in poor punctuality of freight trains;
- Insufficient transparency related to the information provided to infrastructure users, which was perceived as limiting the access to transport markets favouring incumbent railway undertakings.

In the last ten years, rail freight transport has been given a central role in EU transport policy towards establishing a sustainable European transport system. This is reflected in the quantified targets defined in the White Paper on Transport from 2011 and the European Green Deal from 2019. The White Paper on Transport defined the vision for European rail freight transport, according to which it is necessary to redirect 30% of road freight traffic on routes over 300 km to rail and water transport by 2030, and more than 50% by 2050. To fulfil the modal shift targets set in the White Paper 2011, it will be necessary to double rail's market share from today's 18%, by 2050. Translating this into reality means rail will have to handle 3 to 4 times the cargo volume it does today (Islam, D.M.Z., et. al, 2016). Also, several targets include rail freight indirectly through the provision of a fully functional TEN-T core network and a framework for a European multimodal transport information and management system, respectively (European Commission, 2011). The European Green Deal is an ambitious document that envisages carbon neutrality in the EU by 2050 and the establishment of a long-term sustainable transport system. By this document, the transport sector is expected to reduce GHG emissions by 90% by 2050 and to meet this objective a 75% of road freight transport should be shifted onto rail and inland waterways (European Commission, 2019).

In June 2021, the EC published document covering the evaluation of the Regulation 913/2010. The objective of this evaluation was to assess the overall impact of this regulation on international freight transport and whether the instruments set out in the regulation itself make rail freight more competitive with other modes of transport through the establishment and organization of international rail corridors (European Commission, 2021).

The idea behind this paper refers to the presentation of the current state of play of Regulation 913/2010 after 10 years of its implementation, the performance of rail freight transport along with the RFC with the presentation of the results of the completed evaluation of this regulation done by EC. Chapter 1 will briefly explain the purpose and scope of the Regulation 913/2010. Chapter 2 will include the current state of play of rail freight transport in Europe. The results of the evaluation of the ten-year period in force of this regulation are given in Chapter 3. Conclusions and a brief discussion of future work on this topic will be set out in Chapter 4.

2. SCOPE AND OBJECTIVES OF THE REGULATION 913/2010

The initial purpose of the Regulation 913/2010 was to establish and organize international rail corridors with a view to making rail freight more competitive vis-à-vis other modes of transport (Finger M., et al, 2021). Regulation 913/210 identified a network of nine initial RFCs, six of which were established by November 2013 and three by November 2015. In the meantime, two more were added. This network is aligned with the TEN-T network and ERTMS corridors in order to facilitate the provision of the necessary financial support and coordinated development of the network at the European level. Therefore, 11 rail freight corridors are currently operational, involving 23 Member States and three third countries, Norway, Serbia, and Switzerland. RFC network is presented in Figure 1.

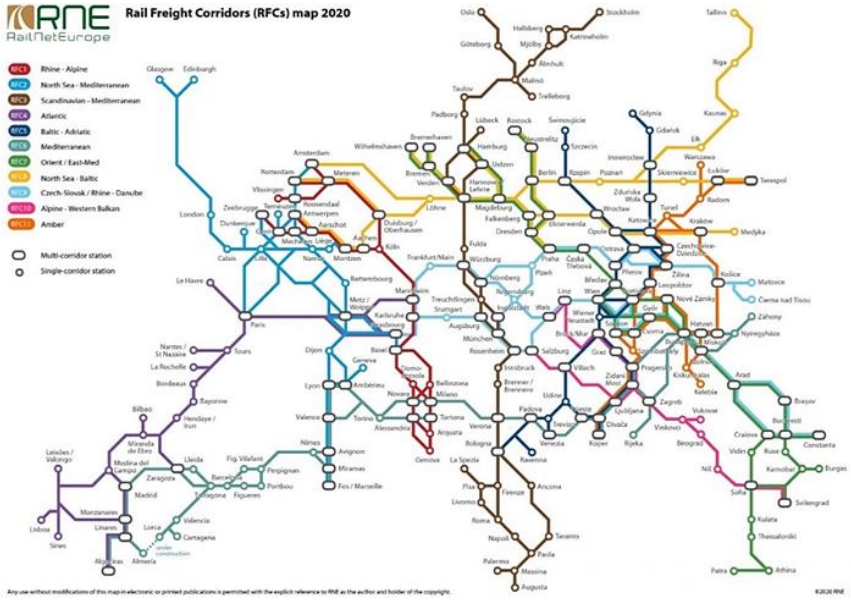


Figure 1. Map of RFCs (RNE, 2020)

The idea of the EU policy makers with this regulation was to introduce integrated management and objective led approach in order to enable decision-making in one place for each of the RFC on a wide range of issues that hinder the rail freight transport. Moreover, it aimed to coordinate investment planning, guarantee capacity for international rail freight, facilitate the use of infrastructure, improve operational conditions, and, not the least, foster intermodality (Finger M., et al, 2021). This approach implies close and strategic international cooperation on key activities, both between the government's authorities and the infrastructure managers in a multilayered permanent governance structure. Accordingly, Regulation 310/2010 required the setting up the permanent governance structure of the RFCs (Figure 2).

Executive Board	It is composed of national authorities and being responsible mainly for strategic and supervisory aspects.
Management Board	It is composed of of infrastructure managers (and allocation bodies) and being responsible mainly for operational aspects.
Corridor - One Stop Shop	It is a joint body of the infrastructure managers for applicants to request infrastructure capacity for freight trains crossing at least one border along the freight corridor.
Two Advisory Groups	First consisted of the managers and owners of the terminals along the RFC and second consisted of Railway Undertakings.

Figure 2. Governance structure of the RFCs

The governance structure, as an independent legal entity, is the transnational organisation primarily responsible for achieving the Regulation's objectives related to (European Commission, 2021):

- Improving coordination between infrastructure managers, Member States, railway undertakings, and terminal owners/operators;
- Coordination and planning investments to ensure that infrastructure capacities and capabilities available along the corridor meet the needs of international rail freight traffic;
- Enabling international freight trains access to adequate infrastructure capacity, recognizing the needs of other types of transport, including passenger transport;
- Improving operational conditions for international rail freight services, in particular by coordinating traffic management along the corridors, including in the event of disturbance and monitor the performance of rail freight services on the corridors;
- Facilitating the use of rail infrastructure for international rail freight services and support fair competition between rail freight service providers;
- Improving intermodality along the corridors.

For achieving these objectives, the Regulation 913/2010 identified detailed rules, procedures and instruments. For example, the regulation requires the governance structure to prepare a set of planning, programming, information, and reporting documents to steer and align investments and works along the rail freight corridors, inform operational stakeholders and monitor performance. In order to facilitate requests for infrastructure capacities for international rail freight services and procedures for its allocation, the Regulation introduced the corridor one-stop shops (C-OSS), the pre-arranged train paths (PaPs), and reserved capacity (RC). In a nutshell, the C-OSS is a transparent and non-discriminatory tool that allows operators and other applicants to apply for a train path on a certain RFC in one place while receiving answers about train path availability and also what parameters the train should comply with in terms of speed, length, loading gauge or axle load, etc. The PaPs and RC are two capacity products with the purpose of granting priority to international rail freight traffic in capacity allocation by defining and reserving capacity earmarked for international freight trains ahead of requests for other types of traffic.

The Regulation 913/2010 did not set clearly defined target values for aforementioned objectives which could be measured and thus enable the monitoring of the (in) efficiency of this regulation. In particular, there is a significant gap in the lack of established target values related to commercial speed, dwelling times on borders, the punctuality of trains, etc., or other objectives that are directly related to the EC's strategic goal of implementing a modal shift in freight.

Taking into account the introduced legal framework, defined objectives as well as instruments and procedures that should have provided the preconditions for meeting these objectives, the next chapter presents the state of rail freight transport as well as the effect and impact of establishing RFCs.

3. PERFOMANCE OF RAIL FREIGHT TRANSPORT IN THE EU

According to land transport market data, eight years after entry into the force of regulation, the results achieved in the Member States are still insufficient as the share of rail freight transport measured in ton-kilometers stagnates at around 18%. In the same period, the road modal share increased to over 75% (Figure 3).

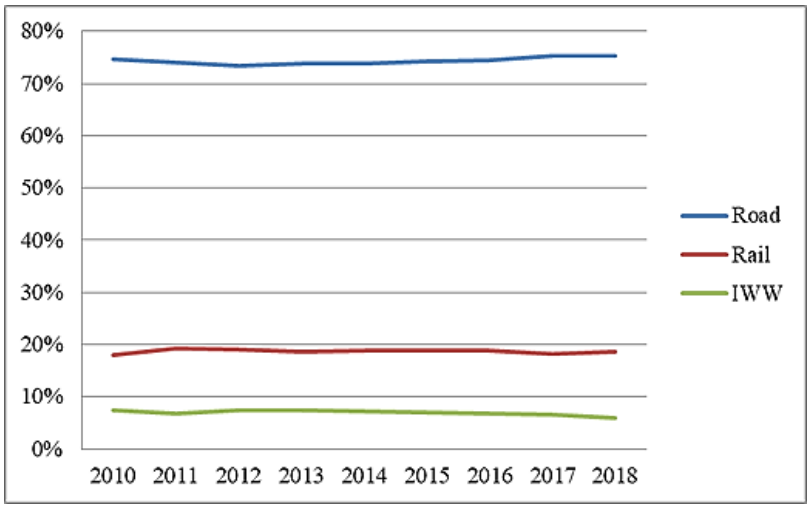


Figure 3: Trend of share of road, rail and inland waterways in the transport market (Statistical Pocketbook, 2020)

The table 1 shows the Average Annual Growth Rate (AAGR) calculated for all modes of land transport based on the data available in Statistical pocketbook 2020. Total land transport for the period 2011-2018 had a positive trend with a growth rate of 1.23%. This trend is highly correlated with the growth rate of road freight transport. The AADT for rail freight transport was also positive but did not follow the growth of overall land transport in the EU-27.

Table 1: Average Annual Growth Rate of rail freight transport measured in ton-kilometers

Period	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2018-19	AAGR*
Road	-3,89%	2,48%	0,59%	2,19%	3,82%	5,35%	0,09%	1,52%
Rail	-3,97%	-0,23%	1,13%	1,86%	3,83%	0,91%	2,05%	0,80%
IWW	5,64%	1,84%	-1,23%	-2,23%	-0,10%	0,01%	-8,31%	-0,63%
Total	-3,26%	1,92%	0,56%	1,81%	3,55%	4,15%	-0,09%	1,23%

*elaboration by the author according to data from Statistical pocketbook 2020

Reasons for this situation can be found in the fact that recent figures show that commodity groups that are suitable for rail transport (coal, petroleum, gravel and other bulk cargo) continue to decline, while groups that are traditionally not suitable for rail transport are growing (Rail freight forwards, 2016). According to the report (Steer Davis Gleave, 2015), the most dynamic freight transport segment is CEP commodities (i.e., courier, express, parcel) with growth rates above 10% per year.

The only segment of transport which relies to the railways that has continuous growth is intermodal transport (UIC, 2018). While total rail freight performance in the EU was almost stagnating between 2011 and 2018, container transport increased by 12.5%. In terms of TEU, international intermodal transport (without maritime) increased from 4.7 to 6.5 million TEU in this time (UIC, 2018). Therefore, the further development of intermodal transport will be at the core of rail freight transport revival, and it will depend on efficient cooperation with other transport modes. This means that specific advantages of rail transport, such as high loading capacity, safer transport of dangerous goods, became less relevant and rail has to compete increasingly in terms of speed, reliability, and price.

Furthermore, rail freight transport also faces with lack of infrastructure capacity, bearing in mind that most capacities are used by passenger trains. Measured in train kilometers, about 79% of EU27 rail traffic is related to passenger transport (Statistical pocketbook, 2020). The discrepancy between supply and demand of capacity is illustrated by the increase in the length of lines declared congested from 700 km in 2012 to close to 2.300 km in 2018, including more than 1.300 km of lines designated to the rail freight corridors (European Commission, 2021).

Regulation 913/2010 requires from the Management Boards of the RFCs to monitor the performance of rail freight services on their RFCs and publish the results once a year. For these needs are developed specific key performance indicators applicable to all RFCs.

Table 2: Volume of pre-arranged train paths and reserve capacity requested and offered by the RFCs (million path-km)

Time table Year	**TT2017**	**TT2018**	**TT2019**	**TT2020**
Volume of offered PaPs	113,8	105,1	120,6	130,7
Volume of requested PaPs	36,6	34,9	46,3	52,4
Ratio	**32%**	**33%**	**38%**	**40%**
Volume of offered RC	37,8	27,7	30,4	29,4
Volume of requested RC	2,8	1,7	2,8	1,5
Ratio	**7,4%**	**6,1%**	**9,2%**	**5,1%**

PaPs = pre-arranged train path; RC = reserve capacity**.**

The Table 2 gives an overview of the values of the key performance indicators related Capacity Management in particular for PaPs and RC. Data have been elaborated based on the information available from RNE commonly applicable KPIs reports. Between 2017 and 2020, the share of PaPs requested was 32% - 40% of the total capacity offered and the share of RC was 5% - 9%.

Given that this capacity is linked to the C-OSS allocation system, it can be further concluded that C-OSS failed to make a big impact on the rail market and that the relevance of this system in capacity allocation for cross-border freight traffic remains on the limited leven. In the table 3 was compared the the total cross border traffic with the C-OSS perfomance. Overall, the volume of offered RFCs capacity has been used to a very limited extent to perform international rail freight transport services, making its capacity products - PaPs and RC a nearly negligible portion of the total international capacity, less than 10% for the timetable of 2017 and 2018 slightly higher in 2019.

Table 3: Share of PaPs and RC in relation to total cross-border traffic(European Commission, 2021)

	Million train-km/train path-km			**Relation to total cross-border traffic**		
Time table Year	**TT2017**	**TT2018**	**TT2019**	**TT2017**	**TT2018**	**TT2019**
Total cross-border traffic	366,6	374,8	362,3	100%	100%	100%
Capacity offered via OSS (Paps+RC)	151,6	132,7	150,9	41,4%	35,4%	41,7%
Capacity allocated by OSS (PaPs + RC)	32,9	33,7	46,3	9,0%	9,0%	12,8%

Another shortcoming in the overall monitoring of the performance of the RFCs is the lack of harmonized time series data on the volume of traffic along the RFCs. According to the available data elaborated within (European Commission, 2021), it was concluded that the establishment of the RFCs has not triggered a statistically significant growth trend on the Rhine-Alpine, North Sea-Mediterranean and Czech-Slovak corridors.

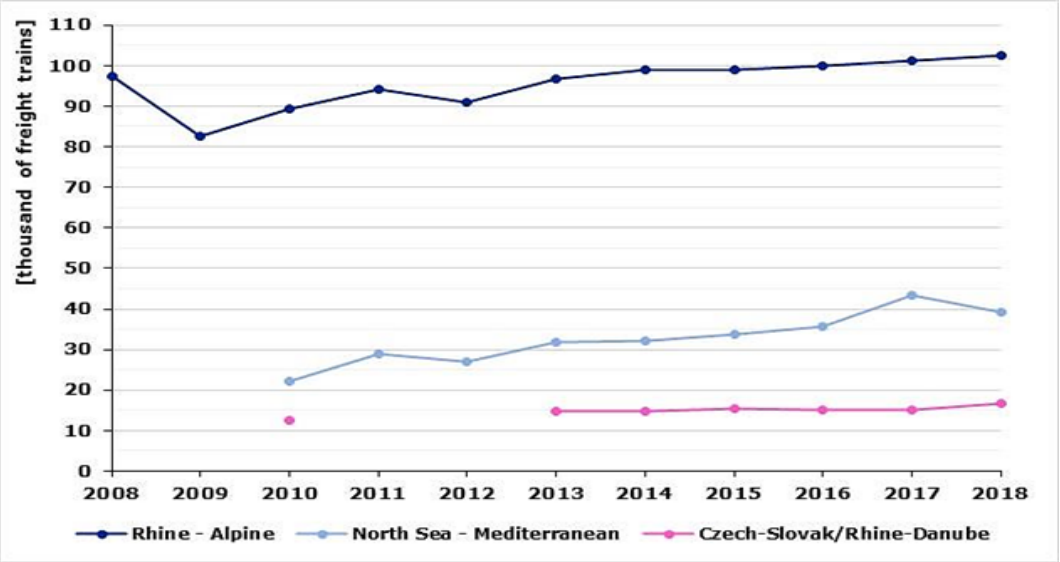


Figure 5. Number of international freight trains of Rhine – Alpine, the North Sea Mediterranean and the Czech-Slovak/Rhine – Danube freight corridors (Pastori E., et al,. 2020)

In the same report, the authors quantified the benefits of the Regulation with an approach where they tried to link the coordination activities to improved performance of rail freight. The calculations showed that the impact of the Regulation on cross-border rail freight traffic was limited. The increase in the number of international freight trains was between 0.1% for the Rhine-Alpine freight corridor, around 1.5 to 2.5% for the North Sea-Mediterranean corridor and just over 3% for the Czech-Slovak / Rhine-Danube freight corridor. It was also pointed out that regardless of the limited quantified data for other RFCs, there are no indications that the impact would be significantly different.

4. OUTCOMES OF THE EVALUATION OF THE REGULATION 913/2010

The reasons for the slow progress and untapped potential of the RFCs are largely the same that led to the reform of the railway sector in the 1990s. In addition to these historical reasons, there are new problems that have arisen with the establishment of RFCs. For example, lack of a uniform methodology for calculation of the track access charges along the corridor, limited cooperation between the ministries responsible for transport and infrastructure managers within governance structure. This cooperation is still not efficient enough from the perspective of establishing a quality transport service that will enable the shift to rail. In addition, the interoperability of the railway system and the realization of investments in elimination of infrastructure bottlenecks on the corridor are still not at a sufficient level. The reason for this is that national priorities in investment planning still generally prevail. Also, the national specificities in many technical and commercial issues continue to significantly disrupt efficient international traffic.

The implementation of the measures from the Regulation 913/2010 has not contributed to the achievement of the 6 objectives presented in the paper, nor has it made significant progress in any of them. In the (European Commission, 2021), it was found that the reasons for that are twofold: an incomplete implementation that affected the achievement of the objectives of the regulation and inconsistency between the instruments proposed in the regulation and the needs required by rail freight transport. It was also concluded that the regulation alone is not enough to support the EU's ambitious policies in the areas of transport, climate change, energy, and the environment. The evaluation showed that the instruments provided by the Regulation are inadequate and in some cases do not correspond at all to the current situation in cross-border rail freight transport. It was concluded that it is necessary to create and identify better tools and approaches that will enable sufficient capacities for rail freight transport and raise priority of freight train over passengers trains if the market demand it while ensuring uniform implementation of the regulation by providing detailed rules where needed.

5. CONCLUSION AND FUTURE WORK

Achieving the goal of establishing an energy-efficient and sustainable transport system in Europe largely depends on redirecting the flow of goods from road to rail. But the shift to rail relies on the efficiency of the railway transport to meet customer and market requirements and to provide a reliable and quality transport service. Although the idea of establishing an RFC network was strategically relevant to provide the efficient rail routes that were needed to enable rail competitiveness, RFCs performance after ten years is not at a satisfactory level. Based on all the above, it can be concluded that Regulation 913/210 itself and its instruments are currently not sufficient to achieve those targets that rail freight transport should meet by 2030 and 2050. The author considers that the established RFCs would be more efficient and used to a greater extent if cooperation between governments and infrastructure managers along the corridors is improved in terms of harmonizing the national priorities with priorities that define the situation along with the RFC. In order to implement this, it is necessary to consider the introduction of new procedures and mechanisms as an upgrade of the existing legal and institutional framework in the field of RFCs. The introduction of such a mechanism, which will be supported by the application of appropriate scientific methods and simulation, will be the future works of the author on the topic of RFCs.

6. LITERATURE

European Commission (2011). Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system, COM(2011) 144, Brussels.

European Commission (2019) The European Green Deal, COM(2019) 640, Brussels

European Commission (2021), Commission staff working document evaluation of Regulation (EU) No 913/2010 concerning a European rail network for competitive freight, SWD(2021) 134, Brussels.

.Finger M., Montero-Pascual J., Seramifova T., (2021). The governance of rail freight corridors. European University Institute, Robert Schuman Centre for Andvanced Studies.

Islam, D.M.Z., Ricci, S. & Nelldal, BL (2016). How to make modal shift from road to rail possible in the European transport market, as aspired to in the EU Transport White Paper 2011. Eur. Transp. Res. Rev. 8, 18. https://doi.org/10.1007/s12544-016-0204-x

Pastori, E., Brambilla, M., Laoreti, M.,; Rothengatter, W., Mader, S., Himmelsbach, M., Langer, S. & Skinner I. (2020). Evaluation of Regulation (EU) No 913/2010 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 concerning a European rail network for competitive freight Evaluation support study – Final Report. On behalf of the European Commission. Brussels.

RNE, (2017). Commonly applicable RFC KPIs. Rail Net Europe. Retrieved on August 27, 2021 from: https://rne.eu/wp-content/uploads/2017-2.pdf

RNE, (2018). Commonly applicable RFC KPIs. Rail Net Europe. Retrieved on August 27, 2021 from: https://rne.eu/wp-content/uploads/2018-2.pdf

RNE, (2019) Commonly applicable RFC KPIs. Rail Net Europe. Retrieved on August 27, 2021 from: https://rne.eu/wp-content/uploads/2019-5.pdf

RNE, (2020). RFC NETWORK MAP. Retreieved on August 27, 2021 from: https://rne.eu/wp-content/uploads/2021-04-23_RNE_RFC_Map-scaled.jpg

Regulation (EU) No 913/2010 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 concerning a European rail network for competitive freight Text with EEA relevance OJ L 276, 20.10.2010.

Rail Freight Forward, (2016): 30 by 2030 - Rail Freight Strategy to Boost Modal Shift. Retreieved on August 30, 2021 from: https://owln.eu/wp-content/uploads/2018/12/white-paper-30by2030-v7.pdf

Statistical pocketbook 2020, EU Transport in figures. Retreieved on August 25, 2021 from: https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2020_en

Steer Davies Gleave (2015). Studies on the Cost and Contribution of the Rail Sector. On behalf of the European Commission. Brussels.

UIC (2018). Report on combined transport in Europe. Paris.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

RISK ASSESSMENT OF LEVEL CROSSINGS ON LINE SECTION OSTRUŽNJAVIJAČANI AND THEIR INFLUENCE ON RAILWAY TRAFFIC SAFETY

PROCJENA RIZIKA NA PUTNIM PRELAZIMA NA DIJELU PRUGE OSTRUŽNJA-VIJAČANI I NJIHOVI UTICAJI NA BEZBJEDNOST ŽELJEZNIČKOG SAOBRAĆAJA

Tihomir Subotić[a], Amna Rahmanović[a], Marko Vasiljević[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, tihomir_subotic97@hotmail.com, amna_h@live.com, drmarkovasiljevic@gmail.com*

Abstract: *The main objective of this research is to conduct a level crossing risk assessment on rail line section Ostružnja-Vijačani and determine whether the current level of protection is appropriate. These level crossings are located on territory of municipality Stanari and municipality Prnjavor. Level crossing that are located in Stanari are: Ostružnja, Stanari 2, Stanari 1, Ljeb, and Dragalovci. Level crossings that are located in Prnjavor are: Gradina, Kulaši 1, Kulaši 2, Popovići 1, Popovići 2, Prisoje and Vijačani. For risk assessment, a combination of segments of several known methods (ALCAM, Brainstorming, Checklist...) was used. The fact is that traffic accidents at level crossings are often unpredictable and mostly end in either lost lives or severe injuries and consequences, with significant material damage. Because of this, risk assessment is conducted on listed level crossings.*

Key words: *Risk identification, risk analysis, risk evaluation, safety framework*

Apstrakt: *Cilj ovog istraživanja je da se procjeni rizik na putnim prelazima koji se nalaze na dijelu pruge Ostužnja-Vijačani i na taj način utvrdi da li je postojeći stepen osiguranja tih putnih prelaza svrsishodan. Putni prelazi koji su bili predmet procjene nalaze se na područjima opština Stanari i Prnjavor. Putni prelazi koji se nalaze na opštini Stanari, a koji su bili predmet procjene su: Ostružnja, Stanari 2, Stanari 1, Ljeb i Dragalovci. Putni prelazi koji su bili predmet procjene u opštini Prnjavor su: Gradina, Kulaši 1, Kulaši 2, Popovići 1, Popovići 2, Prisoje i Vijačani. Za samu procjenu rizika korišćena je kombinacija segmenata više poznatih metoda (ALCAM, Brainstorming, Checklist...). Činjenica je da su saobraćajni udesi na putnim prelazima često nepredvidljivi i uglavnom završavaju ili izgubljenim životima ili teškim povredama i posljedicama, sa znatnom materijalnom štetom. Iz tog razloga je procjena rizika izvršena na navedenim putnim prelazima.*

Ključne riječi: *Identifikacija rizika, analiza rizika, ocjena rizika, bezbjednosni okvir*

1. UVOD

Svaka aktivnost u određenom okruženju proizvodi rizik, koji po svojoj prirodi može biti pozitivan ili negativan, odnosno može stvoriti prilike ili prijetnje. ISO 31000 standard definiše rizik kao efekat nepoznatog na ispunjenje postavljenih ciljeva. Kvantitativno, rizik se najjednostavnije predstavlja kao proizvod vjerovatnoće događaja i njegove posljedice (Yoe, 2019). Rizik je nerazdvojni dio bezbjednosnog okvira i kao takav predstavlja jednu od najvažnijih komponenti bezbjednosti svakog okruženja.

Procjena rizika je komponenta procesa upravljanja rizikom i ona podrazumijeva identifikaciju, analizu i ocjenu rizika (Modarres, 2006). Rizik koji je predmet procjene u ovom istraživanju je rizik od sudara železničkih i neželezničkih mobilnih jedinica na putnim prelazima. Analiza je sprovedena kroz formiranje infrastrukturnog i posljedičnog modela, dok je ocjena izvršena kroz smještaj parametara rizika u region rizika. Cilj istraživana je da se utvrdi da li je postojeći stepen osigurana navedenih putnih prelaza svrsishodan za njihove karakteristike (obim saobraćaja, infrastrukturne karakteristike i sl.).

Putni prelazi su jedni od najkarakterističnijih tačaka bezbjednosnog okvira, kako železničkog, tako i drumskog. Svjedoci smo da se posljedice kolizije železničkih i drumskih jedinica najčešće javljaju kao teške povrede ili smrtni ishodi. Situacije u kojima se prolazi sa lakšim povredama i manjom materijalnom štetom su

rijetkost. Zbog prethodno navedenog, u ovom radu su procijenjeni rizici na ukupno 12 putnih prelaza. Putni prelazi koji su bili predmet procjene nalaze se na područjima opština Prnjavor i Stanari:

- Ostružnja (opština Stanari),
- Stanari 2 (opština Stanari),
- Stanari 1 (opština Stanari),
- Ljeb (opština Stanari),
- Dragalovci (opština Stanari),
- Gradina (opština Prnjavor),
- Kulaši 1 (opština Prnjavor),
- Kulaši 2 (opština Prnjavor),
- Popovići 1 (opština Prnjavor),
- Popovići 2 (opština Prnjavor),
- Prisoje (opština Prnjavor),
- Vijačani (opština Prnjavor).

Za samu procjenu korišćena je metoda ALCAM (Australian Level Crossing Assessment Model) razvijena u Australiji, dok su u početnoj fazi istraživanja korišćene Brainstroming i Checklist metode. Metode i metodologija istraživanja detaljnije su predstavljene u poglavlju dva: METODE.

Dobijeni rezultati primjenom ALCAM metodologije su detaljnije prikazani u poglavlju tri REZULTATI.

Poređenja sa ostalim istraživanjima i drugim metodama procijene detaljnije je prikazano u poglavlju četiri DISKUSIJA.

Na kraju, zaključak sa prijedlogom mjera i budućim pravcima istraživanja detaljnije su predstavljeni u poglavlju ZAKLJUČNA RAZMATRANJA.

2. METODE

Pored opštih metoda istraživanja, korišćene su različite metode u različitim segmentima istraživanja.

U definisanju početnih koraka istraživanja korišćene su Brainstorming i Checklist metode. Primjenom navedenih metoda došlo se do izbora putnih prelaza koji su predmet istraživanja i metodologije ALCAM koja se koristila za samu procjenu.

Za samu procjenu rizika korišćen je koncept ALCAM metode. ALCAM model nije u potpunosti korišćen za procjenu, već je samo koncepcijski preuzet infrastrukturni i model izloženosti.

Za određivanje obima drumskog saobraćaja izvršeno je prebrojavanje drumskih jedinica (tokom sedam dana) za svaki prelaz posebno, te je za svaki prelaz obim sveden na jedan dan. Posebno u obzir su uzeti vršni periodi i neravnomjernosti.

Za obim željezničkog saobraćaja korišćen je važeći red vožnje.

2.1. ALCAM

ALCAM predstavlja kompromis tri modela: infrastrukturni model, model izloženosti i posljedični model (ATC, 2016). S obzirom na kompleksnost problema, ALCAM model je prilagođen tako da se ukupan rizik računa bez posljedičnog modela. Razlog tome je nedostatak kvalitetnih istorijskih podataka o vanrednim događajima na putnim prelazima na kojima je izvršena procjena rizika. ALCAM model bez posljedičnog modela se treba koristiti samo u početnim fazama za dobijanje preliminarnih podataka o riziku. Za kompleksnije analize uključivanje posljedičnog modela je imperativ.

Kao što je već rečeno, ALCAM model, bez posljedičnog modela, predstavlja proizvod infrastrukturnog modela i modela izloženosti (ATC, 2016):

$$R = I \cdot E \tag{1}$$

gdje su:

- R - koeficijent rizika,
- I - infrastrukturni model,
- E - model izloženosti.

2.2. Identifikacija rizika

Predmet istraživanja u ovom radu je rizik od fizičkog kontakta između željezničkih i neželjezničkih mobilnih jedinica na navedenim putnim prelazima.

Pod željezničkim jedinicama, u smislu ovog istraživanja, smatraju se sva šinska vozila koja se kreću otvorenom prugom ili u staničnim područjima gdje postoje putni prelazi.

Pod neželjezničkim jedinicama, u smislu ovog rada, smatraju se sva drumska motorna i nemotorna vozila, pješaci i drugi učesnici u drumskom saobraćaju koji koriste putne prelaze.

2.3. Analiza rizika

Analiza rizika je sprovedena kroz formiranje infrastrukturnog modela i modela izloženosti.

Infrastrukturni model treba da predstavi očekivane efekte prostorno-tehničkih karakteristika područja na kojem je smješten putni prelaz na vjerovatnoću od sudara (ATC, 2016).

U prostorno-tehničke karakteristike područja na kojem je smješten putni prelaz, a koje su uzete u obzir pri istraživanju, spadaju:

- (1) Preglednost željezničke pruge prema lijevoj i desnoj strani sa mjesta (položaja) zaustavljanja drumskih mobilnih jedinica ispred putnog prelaza. U zavisnosti od preglednosti na terenu, za ovu prostorno-tehničku karakteristiku dodjeljivan je koeficijent preglednosti koji se kreće od 0 do 1,
- (2) Uspon drumske saobraćajnice samo sa jedne strane putnog prelaza. Ukoliko se drumski put nalazi u usponu neposredno ispred željezničku pruge, za ovu prostorno-tehničku karakteristiku dodjeljivan je koeficijent uspona sa jedne strane prelaza u granicama od 0 do 0,5,
- (3) Uspon drumske saobraćajnice sa obje strane putnog prelaza Ukoliko se drumski put nalazi u usponu neposredno ispred željezničku pruge sa obje strane putnog prelaza, za ovu prostorno-tehničku karakteristiku dodjeljivan je koeficijent uspona sa obje strane prelaza u granicama od 0,5 do 1,
- (4) Pad drumske saobraćajnice samo sa jedne strane putnog prelaza. Ukoliko se drumski put nalazi u padu samo sa jedne strane neposredno ispred željezničke pruge, za ovu prostorno-tehničku karakteristiku dodjeljivan je koeficijent pada sa jedne strane u granicama od 0 do 0,5,
- (5) Pad drumske saobraćajnice sa obje strane putnog prelaza Ukoliko se drumski put nalazi u padu neposredno ispred željezničku pruge sa obje strane putnog prelaza, za ovu prostorno-tehničku karakteristiku dodjeljivan je koeficijent pada sa obje strane prelaza u granicama od 0,5 do 1,
- (6) Željeznička pruga u krivni sa jedne strane neposredno ispred putnog prelaza. Ukoliko se željeznička pruga nalazi u krivini neposredno prije putnog prelaza samo sa jedne strane, za ovu prostorno-tehničku karakteristiku dodjeljivan je koeficijent krivine željezničke pruge u granicama od 0 do 0,5,
- (7) Željeznička pruga u krivni sa obje strane neposredno ispred putnog prelaza. Ukoliko se željeznička pruga nalazi u krivini neposredno prije putnog prelaza sa obje strane, za ovu prostorno-tehničku karakteristiku dodjeljivan je koeficijent krivine željezničke pruge u granicama od 0,5 do 1,
- (8) Vrsta osiguranja. Zavisno od vrste osiguranja putnog prelaza, za ovu tehničko-prostornu karakteristiku dodjeljivan je koeficijent osiguranja 0,01 za putne prelaze osigurane branicima i polubranicima, 0,35 za putne prelaza osigurane svjetlosnom i zvučnom signalizacijom i 0,85 za putne prelaze sa znakovima bez branika, svjetlosne i zvučne signalizacije.

Na osnovu navedenih koeficijenata formiran je infrastrukturni model (I) kao aritmetička sredina svih navedenih koeficijenata za svaki navedeni putni prelaz. U Tabeli 1 su prikazani putni prelazi sa dodijeljenim koeficijentima i infrastrukturnim modelom.

Tabela 1. Infrastrukturni model

Putni prelaz	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	Infrastrukturni model (*I*)
Ostružnja	0,3	X	X	X	X	X	X	0,85	0,575
Stanari 2	0,6	0,3	X	0,08	X	0,1	X	0,35	0,286
Stanari 1	0,3	0,3	X	X	X	X	X	0,01	0,103
Ljeb	0,05	X	X	X	X	X	X	0,01	0,060
Dragalovci	0,3	0,5	X	0,5	X	X	0,5	0,35	0,430
Gradina	0,8	0,5	X	X	X	X	0,6	0,85	0,688
Kulaši 1	0,07	X	0,5	X	X	0,25	X	0,35	0,293
Kulaši 2	0,5	X	X	X	X	X	X	0,85	0,675
Popovići 1	0,8	X	0,7	X	X	0,5	X	0,35	0,588
Popovići 2	0,8	X	0,6	X	X	X	0,6	0,85	0,713
Prisoje	0,9	0,5	X	0,5	X	0,3	X	0,85	0,610
Vijačani	0,2	0,15	X	X	X	X	0,5	0,85	0,425

Prema ALCAM modelu, model izloženosti se formira na prema obimu drumskog i željezničkog saobraćaja preko navedenog putnog prelaza (ATC, 2016). Za formiranje modela izloženosti u ALCAM uputstvu se navodi Peabody-Dimmick formula, koja se koristi još od u SAD-u još od 1941. godine (ATC, 2016). Suština Peabody-Dimmick modela je da se nađe proizvod obim drumskog i željezničkog saobraćaja i da se modifikuje određenim parametrima (koeficijentom osiguranja i drugim koeficijentima koji utiču na neravnomjernost). U svrhu ovog istraživanja autori su modifikovali model sa još jednim koeficijentom koji se naziva koeficijent karakteristika naselja, pa se model izloženosti formirao kroz formulu:

$$E = \left(\frac{OD \cdot OZ}{10000} \cdot KO \cdot 10\right) + KN \qquad (2)$$

gdje su:

- OD - obim drumskog saobraćaja sveden na jedan dan na odnosnom putnom prelazu,
- OZ - obim željezničkog saobraćaja sveden na jedan da na odnosnom putnom prelazu,
- KO - koeficijent osiguranja,
- KN - koeficijent karakteristika naselja u kojem se nalazi odnosni putni prelaz.

Obim drumskog saobraćaja je mjeren u periodu od sedam dana za svaki prelaz posebno. Mjerenje je izvršeno prebrojavanjem drumskih jedinica koje su koristile prelaz u periodu mjerenja. Za obim drumskog saobraćaja na svakom prelazu uzet je koeficijent tačnosti od 95 %. Prebrojavanja su vršena u periodu od sedam dana (za svaki prelaz posebno) i to u sljedećim vršnim intervalima: tokom ponedjeljka, četvrtka, petka, subote i nedjelje od 6:30 h do 7:30 h, zatim od 11:30 h do 12:30 h, od 14:30 h do 15:30 h i od 19:30 do 20:30 h. Utorkom i srijedom su vršena prebrojavanja za sljedeće intervale: od 7:30 h do 8:30 h, od 10:30 h do 11:30 h, od 12:30 h do 13:30 i od 15:30 h do 16:30 h. Svođenje obima saobraćaja na jedan dan za svaki karakteristični vršni interval izvršeno je modusom. Svođenje ukupnog obima za jedan dan izvršen je sumom svih pojedinačnih vršnih intervala.

Za utvrđivanje obima željezničkog saobraćaja korišćen je važeći red vožnje u kojem su sadržani svi podaci o trasama vozova koji dnevno saobraćaju preko navedenih putnih prelaza. Za ukupan obim željezničkog saobraćaja sumirane su sve trase vozova koji koriste navedene putne prelaze.

Koeficijent osiguranja putnog prelaza (KO) za model izloženosti zasebno, a u zavisnosti od stepena osiguranja putnog prelaza. Za putne prelaze osigurane branicima i polubranicima dodjeljivala se vrijednost 0,0, za putne prelaze sa svjetlosnom i zvučnom signalizacijom dodjeljivala se vrijednost 0,2 i za putne prelaze osigurane samo znakovima bez branika, svjetlosne i zvučne signalizacije dodjeljivala se vrijednost 0,4.

Koeficijent karakteristika naselja (KN) u kojem se putni prelaz nalazi dodjeljivan je u granicama od 0 do 3, zavisno od položaja stambenih objekata, kuća i drugih objekata u odnosu na putni prelaz, gustinu naseljenosti u području putnog prelaza, položaja škola, bolnica, ambulanti, fabrika u području putnog prelaza, ranga drumske saobraćajnice koja se ukršta sa željezničkom prugom i dr.

Model izloženosti sa podacima o obimu drumskog saobraćaja (1), obimu željezničkog saobraćaja (2), koeficijentima osiguranja (3) i koeficijentima karakteristika naselja (4), predstavljeni su u Tabeli 2.

Tabela 2. Model izloženosti

Putni prelaz	(1)	(2)	(3)	(4)	Model izloženosti (*E*)
Ostružnja	43	39	0,4	0,2	0,871
Stanari 2	72	39	0,2	0,3	0,862
Stanari 1	157	39	0,01	1,5	1,561
Ljeb	983	39	0,01	2	2,383
Dragalovci	17	39	0,2	0,3	0,433
Gradina	3	39	0,4	0,05	0,097
Kulaši 1	431	39	0,2	1	4,362
Kulaši 2	86	39	0,4	0,2	1,542
Popovići 1	65	39	0,2	0,1	0,607
Popovići 2	38	39	0,4	0,1	0,693
Prisoje	35	39	0,4	0,2	0,746
Vijačani	5	39	0,4	0,7	0,778

3. REZULTATI

Dobijeni podaci o parametru rizika za svaki prelaz posebno prikazani su u Tabeli 3.

Tabela 3. Rezultati vrijednosti parametara rizika

Putni prelaz	Infrastrukturni model (*I*)	Model izloženosti (*E*)	Parametar rizika (*R*)
Ostružnja	0,575	0,871	0,501
Stanari 2	0,286	0,862	0,246
Stanari 1	0,103	1,561	0,161
Ljeb	0,060	2,383	0,143
Dragalovci	0,430	0,433	0,186
Gradina	0,688	0,097	0,067
Kulaši 1	0,293	4,362	1,276
Kulaši 2	0,675	1,542	1,041
Popovići 1	0,588	0,607	0,357
Popovići 2	0,713	0,693	0,494
Prisoje	0,610	0,746	0,455
Vijačani	0,425	0,778	0,331

3.1. Ocjena rizika

Da bi se dobio određeni kontekst potrebno je definisati region rizika čiji je zadatak da pokaže da li je procijenjeni rizik prijetnja. Za definisanje donje i gornje granice rizika različiti autori preporučuju da se koristi vrijednosti od 0 % do 100 %, tj. od 0 do 1 (Yoe, 2019). Definisani region rizika za navedene putne prelaze definisan je u Tabeli 4.

Tabela 4. Region rizika

Parametar rizika (R)	Region rizika
0 ÷ 0,2	Prihvatljiv
0,21 ÷ 0,6	Tolerantan
0,6 <	Neprihvatljiv

Parametar rizika u prihvatljivom regionu treba prihvatiti bez planiranja mjera za njegovo smanjenje. Prihvatljiv rizik je rizik čija je vjerovatnoća ostvarivanja veoma niska ili su posljedice toliko niske da su društvo ili individue spremne na prihvatanje tog rizika (Yoe, 2019). Parametar rizika u tolerantnom regionu je prihvatljiv u slučaju nemogućnosti primjene strategije za smanjivanje rizika ili u slučaju da bi nastali troškovi bili disproporcionalni u odnosu na postignuta poboljšana (ERA, 2018). Parametar rizika u neprihvatljivom regionu je potrebno tretirati, tj. potrebno je primijeniti strategiju za smanjivanje datog rizika.

U Tabeli 5 dobijeni parametri rizika, za navedene putne prelaze, smješteni su u region rizika.

Tabela 5. Rezultati procjene rizika u regionu rizika

Putni prelaz	Parametar rizika (R)	Region rizika
Ostružnja	0,501	Tolerantan
Stanari 2	0,246	Tolerantan
Stanari 1	0,161	Prihvatljiv
Ljeb	0,143	Prihvatljiv
Dragalovci	0,186	Prihvatljiv
Gradina	0,067	Prihvatljiv
Kulaši 1	1,276	Neprihvatljiv
Kulaši 2	1,041	Neprihvatljiv
Popovići 1	0,357	Tolerantan
Popovići 2	0,494	Tolerantan
Prisoje	0,455	Tolerantan
Vijačani	0,331	Tolerantan

Putni prelazi koji se nalaze u prihvatljivom regionu su Stanari 1, Ljeb, Dragalovci i Gradina. Prema već postavljenim pretpostavkama o prihvatljivom regionu rizika, na ovim putnim prelazima treba prihvatiti rizik, tj. vjerovatnoću od nastanka kolizije, bez preduzimanja mjera za povećanje bezbjednosti, tj. stepena osiguranja. Putni prelaz Stanari 1 osiguran je branicima kojima se rukuje manuelno, te je to jedan od razloga niskog nivoa parametra rizika (0,161). Obim drumskih jedinica dnevno je 157, a razlog tome je Rudnik Stanari, čija se utovarna stanica nalazi u blizini putnog prelaza. Bez obzira na znatno veći obim drumskog saobraćaja na ovom putnom prelazu, nema potrebe za prelazak na veći stepen osiguranja. Putni prelaz Ljeb je osiguran automatskim polubranicima, svjetlosnom i zvučnom signalizacijom. Obim drumskog saobraćaja preko navedenog putnog prelaza je najveći izmjeren od svih koji su bili predmet procjene. Putni prelaz Ljeb smješten je na regionalnom putu R474 na kome se javlja velika frekvencija drumskog saobraćaja, te je to glavni razlog znatne opsluge drumskim jedinicama. Parametar rizika na ovom putnom prelazu iznosi 0,143. Ovako niska vrijednost parametra rizika proizilazi iz činjenice da navedeni putni prelaz ima visok nivo osiguranja. Putni prelaz Dragalovci se takođe nalazi u prihvatljivom regionu, a razlog tome je relativno niska opsluga drumskim jedinicama, nizak koeficijent karakteristika naselja i visok stepen osiguranja putnog prelaza. Putni prelaz se nalazi u staničnom području željezničke stanice Dragalovci i opremljen je svjetlosnom i zvučnom signalizacijom. Posljednji putni prelaz u prihvatljivom regionu je putni prelaz Gradina. Putni prelaz Gradina ima parametar rizika 0,067 zbog veoma niske opsluge drumskim jedinicama i veoma niskim koeficijentom karakteristike naselja. Navedeni putni prelaz je osiguran Andrejevim krstom i ostalim znakovima osiguranja.

Putni prelazi koji se nalaze u tolerantnom regionu su Ostružnja, Stanari 2, Popovići 1, Popovići 2, Prisoje i Vijačani. Od navedenih, putni prelaz sa najmanjom vrijednošću parametra rizika (0,246) je Stanari 2. Navedeni putni prelaz je osiguran zvučnom i svjetlosnom signalizacijom i nalazi se neznatno iznad granice prihvatljivog rizika. Karakterisan je srednjom opslugom drumskim jedinicama i veoma niskim koeficijentom karakteristike naselja. Sljedeći putni prelaz sa nešto većim parametrom rizika (0,331) je putni prelaz Vijačani. Navedeni putni prelaz karakterisan je veoma niskom opslugom drumskim vozilima i relativno znatnim koeficijentom karakteristike naselja. Osiguran je znakovima i Andrejevim krstom. Naredni putni prelaz je Popovići 1 sa parametrom rizika 0,357. Putni prelaz Popovići 1 osiguran je znakovima i Andrejevim krstom, te ima veoma visoku vrijednost infrastrukturnog modela zbog položaja pruge u krivni i položaja drumskog puta u usponu na mjestu prelaza. Karakterisan je veoma slabom preglednošću, posebno noću. Ovaj putni prelaz je prvi čije karakteristike upućuju na planiranje mjera smanjenja parametra rizika, tj. povećanje stepena osiguranja. Naredni putni prelaz je Prisoje sa parametrom rizika 0,455. Putni prelaz Prisoje osiguran je znakovima i Andrejevim krstom, sa veoma lošim infrastrukturnim karakteristikama i preglednošću. Željeznička pruga se kod datog putnog prelaza nalazi u krivini sa obje strane, a drumski put je sa jedne strane karakterisan znatnim usponom. Putni prelaz Prisoje je drugi čije karakteristike zahtijevaju povećanje stepena osiguranja. Posljednji putni prelaz u tolerantnom regionu je putni prelaz Popovići 1 sa parametrom rizika 0,494. Navedeni putni prelaz ima znatnu vrijednost parametra rizika koja je blizu granice neprihvatljivog rizika. Navedeni putni prelaz je osiguran svjetlosnom i zvučnom signalizacijom, ali zbog veoma loših infrastrukturnih karakteristika zahtijeva planiranje na smanjenju parametra rizika.

Posljednja kategorija su putni prelazi Kulaši 1 i Kulaši 2 koji se nalaze u neprihvatljivom regionu rizika. Putni prelaz Kulaši 1 ima vrijednost parametra rizika preko 1, što zahtijeva što što skorije preduzimanje aktivnosti na smanjenju parametra rizika. Navedeni putni prelaz je poznat po čestim saobraćajnim nezgodama i

udesima, pa i nakon što je izvršeno povećanje stepena osiguranja. Zbog znatnog obima drumskog saobraćaja, kao i položaja i karakteristika naselja u kojem se prelaz nalazi potrebno je preduzeti aktivnosti na povećanju stepena osiguranja (ugradnja polubranika). Putni prelaz Kulaši 2 takođe ima visok stepen parametra rizika (1,041), a razlog tome su veoma infrastrukturne karakteristike, veoma nizak stepen preglednosti i nizak stepen osiguranja. Putni prelaz Kulaši 2 je osiguran znakovima i Andrejevim krstom.

4. DISKUSIJA

Kao što je već navedeno, dobijene parametre rizika je potrebno koristiti samo kao preliminarne u početnim fazama procjene, a za potpuniju analizu imperativ je uvođenje posljedičnog faktora u ukupan model procjene. Posljedični model bi u model rizika uveo, pored infrastrukturnih karakteristika koje opisuje infrastrukturni model i karakteristika opsluge drumskim i željezničkim saobraćajem koje opisuje model izloženosti, i istorijske podatke o udesima i nezgodama na datim putnim prelazima.

Dosadašnja istraživanja u oblasti procjene rizika na putnim prelazima se u najvećem broju slučajeva oslanjaju na probabilističke modele. Neki modeli uključuju i podatke o mišljenjima mašinovođa, anketiranje vozača drumskih vozila, pješaka i sl. U nešto starijoj literaturi se može sresti i termin društvenog rizika koji podrazumijeva i razmišljanja stanovnika nastanjenih u blizini putnih prelaza (Anandarao, 1996).

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Prijedlog mjera za smanjene parametara rizika za putne prelaze koji su bili predmet procjene prikazani su u Tabeli 6.

Tabela 6. Prijedlog mjera za poboljšanje

Putni prelaz	Parametar rizika (*R*)	Region rizika	Mjera za smanjenje parametra rizika
Ostružnja	0,501	Tolerantan	Ugradnja svjetlosne i zvučne signalizacije
Stanari 2	0,246	Tolerantan	Ugradnja branika ili polubranika
Stanari 1	0,161	Prihvatljiv	/
Ljeb	0,143	Prihvatljiv	/
Dragalovci	0,186	Prihvatljiv	Ugradnja osvjetljenja (rasvjete)
Gradina	0,067	Prihvatljiv	Ugradnja osvjetljenja (rasvjete)
Kulaši 1	1,276	Neprihvatljiv	Ugradnja automatskih branika ili polubranika
Kulaši 2	1,041	Neprihvatljiv	Ugradnja svjetlosne i zvučne signalizacije
Popovići 1	0,357	Tolerantan	Ugradnja branika i osvjetljenja (rasvjete)
Popovići 2	0,494	Tolerantan	Ugradnja svjetlosne i zvučne signalizacije
Prisoje	0,455	Tolerantan	Ugradnja svjetlosne i zvučne signalizacije
Vijačani	0,331	Tolerantan	Ugradnja svjetlosne i zvučne signalizacije i rasvjete

Iz rada se jasno može zaključiti da prelazi osigurani branicima imaju najmanji nivo parametra rizika, te to treba da bude jedna vodilja za tretiranje datog rizika. Kao što je već rečeno, nastali troškovi ne smiju biti disproporcionalni postignutim poboljšanjima. Ugradnja branika i polubranika, pored troškova ugradnje, proizvodi troškove radnika koji će opsluživati branike ili troškove održavanja uređaja na automatskim branicima. Pored prelaza osiguranih sa branicima i putni prelazi sa veoma niskim obimom drumskom saobraćaja imaju znatno niži parametar rizika. U tim slučajevima ne treba u potpunosti zanemariti taj rizik, već bi trebalo djelovati proaktivno, a kao najjeftinije rješenje se nameće ugradnja osvjetljenja na takvim prelazima.

U budućim istraživanjima je neophodno angažovati više istraživača za dobijanje što kvalitetnijih podataka o obimu drumskog saobraćaja. Utvrđivanje što preciznijeg obima drumskog saobraćaja je najteži dio procjene i to zbog vremena koje iziskuje za dobijanje što kvalitetnijih podataka.

6. LITERATURA

Anandarao, S. (1996). Application of the Risk Assessment Methodology to Level Crossing Accidents on JR Eeast (Master dissertation). Massachusetts Institute of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering: Massachusetts, 1996.

ATC (2016). ALCAM in Detail: An introduction to the new ALCAM models. Retrieved from https://www.alcam.com.au/documentation.aspx

ERA (2018). Risk management framework for inland transport of dangerous goods. Retrieved from https://www.era.europa.eu/sites/default/files/activities/docs/framework_glossary_en.pdf

Modarres, M. (2006). Risk Analysis in Engineering; Techniques, Tools, and Trends. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC.

Yoe, C. (2019). Principles of Risk Analysis: decision Making Under Uncertainty. Boca Raton: Taylor & Francis Group, CRC Press.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ECONOMIC EFFECTS OF VERTICAL SEPARATION IN THE RAILWAY SECTOR

EKONOMSKI EFEKTI VERTIKALNOG RAZDVAJANJA U ŽELEZNIČKOM SEKTORU

Jovo Steljić[a], Lazar Mosurović[a], Jakša Popović[a]

[a] *Directorate for Railways, Nemanjina 6, 11000 Belgrade, Serbia, jovo.steljic@raildir.gov.rs, lazar.mosurovic@raildir.gov.rs, jaksa.popovic@raildir.gov.rs*

Abstract: *Paper on the topic: Economic effects of vertical unbundling in the railway sector, based on the EVES-Rail study conducted in 2012 in Amsterdam. The study considers the potential impact of different forms of vertical organization on costs and share in the mode of operation. It is designed to assess the main issues that policymakers should pose from an economic point of view when considering whether stricter legislation should be enacted regarding the separation requirements between infrastructure managers and railway undertakings. In this study, we look at the potential impact of different forms of vertical organisation of railway markets on costs and mode share. Three general models are distinguished: Vertical Integration, Holding Company and Vertical Separation.*

The aim of these studies is to assess the potential impact of different forms of partial or complete vertical unbundling in the railway sector in the European context.

Key words: *Reforms, separation, costs, recommendations*

Apstrakt: *Rad na temu: Ekonomski efekti vertikalnog razdvajanja u železničkom sektoru, zasnovan na studiji EVES-Rail sprovedenoj 2012. godine u Amsterdamu. Studija razmatra potencijalni uticaj različitih oblika vertikalne organizacije na troškove i udeo u načinu rada. Osmišljen je tako da proceni glavna pitanja koja kreatori politike treba da postave sa ekonomskog stanovišta kada razmatraju da li treba doneti strože zakone u vezi sa zahtevima za razdvajanje između upravljača infrastrukture i železničkih preduzeća. U ovoj studiji razmatramo potencijalni uticaj različitih oblika vertikalne organizacije železničkih tržišta na troškove i udeo u načinu prevoza. Razlikuju se tri opšta modela: vertikalna integracija, holding kompanija i vertikalna separacija.*

Cilj ovih studija je da se proceni potencijalni uticaj različitih oblika delimičnog ili potpunog vertikalnog razdvajanja u železničkom sektoru u evropskom kontekstu.

Ključne reči: *Reforme, odvajanje, troškovi, preporuke.*

1. UVOD

Ekonomski efekti vertikalnog razdvajanja u železničkom sektoru, je tema koja se bazira na EVES-Rail studiji rađenoj 2012. godine u Amsterdamu. Studiju je izveo međunarodni konzorcijum za istraživanje na čelu sa Inno-V (Holandija), uključujući istraživače sa Instituta za transportne studije Univerziteta u Leedsu (UK), Slobodni univerzitet u Amsterdamu (Holandija), Civiti Management Consultants (Nemačka) i Kobe Univerzitet (Japan). Tokom studije korišćen je širok opus literature i korišćeni su najnoviji dostupni podaci, uključujući podatke iz 2010. godine, za sve zemlje, kako u analizi modalnog udela, tako i u analizi tržišne koncentracije. Studiju je naručio i finansirao CER.

Studija opisuje i analizira različite oblike vertikalne organizacije železničkih tržišta o troškovima i udelu u načinu rada. Ona procenjuje glavna pitanja koja bi kreatori politike trebali postaviti sa ekonomskog stanovišta kada razmatraju da li treba doneti strožije zakonodavstvo u pogledu zahteva za razdvajanjem između menadžera infrastrukture i železničkih preduzeća. Istraživačka pitanja prema kojim je izvršena analiza i procene u pomenutoj studiji su kvantitativne i kvalitativne procene.

Studija razmatra potencijalne prednosti modela vertikalnog razdvajanja kao i mogućnost da se u određenim okolnostima prednost ustupi holding modelu. Bilo bi mnogo sigurnije kada bi zagovornici holding

modela imali rezultat koji govori da je holding model uvek bolji, ali to nije ono što istraživanje utvrđuje, pa studija to ne govori.

Glavni cilj studije je procena potencijalnog uticaja različitih oblika delimičnog ili potpunog vertikalnog razdvajanja u železničkom sektoru u evropskom kontekstu.

Ovaj rad se bazira na ekonomskim efektima vertikalnog razdvajanja u železničkom sektoru u EU. Strukturu rada čine: Kvantitativni i kvalitativni nalazi istraživanja u kojima su opisani uticaji reformi na troškove, ekonometrijske procene troškova i uticaja reformi na učešće železnice na tržištu, interfejsi i krugovi koordinacije, konkurencija i nediskriminacija. Rad se odnosi i na potencijalne efekte reformi s obzirom na četvrti železnički paket kao i određene analitičke zaključke.

2. KVANTITATIVNI NALAZI ISTRAŽIVANJA

Prvi deo studije daje pregled kvantitativnih efekata reformi železničkog sektora u Evropi. To čini koristeći komplementarne pristupe u pokušaju da se stavi maksimalni akcenat na merljive efekte dosadašnjih reformi. Ova studija, postavljena da ispita zašto su se troškovi železnice u Britaniji povećali od reforme, došla je do zaključka, da bi se troškovi britanskog železničkog sistema mogli smanjiti za 30% do 2018/19, otkrila je da bi se od toga nekih 2% moglo postići smanjenjem transakcionih troškova, ali smanjenje troškova od 2 do 20% moglo bi se postići bolje usklađenim podsticajima. Iza ovoga, uočena skoro nemogućnost dizajniranja sistema za naknade pristupa infrastrukturi koji istovremeno omogućava nediskriminaciju, odgovarajuće podsticaje za efikasan razvoj mreže i odgovarajuće podsticaje za njegovu upotrebu ostaje glavna tačka pažnje.

2.1. Ekonometrijska procena troškova

Pregled akademske literature je korišćen za razvijanje i poboljšanje najnovijih metoda procene. Zbog toga je studija prikupila nove podatke i poboljšala kvalitet postojećih podataka. Tokom studije (EVES-Rail) ažurirana je i poboljšana studija Mizutani i Uranishi (2012) na više važnih načina: dodavanjem britanskih podataka u taj uzorak (izuzeće Britanije iz prethodnih studija bio je glavni nedostatak ranijih radova), ažuriranjem analize posle 2007. godine, do 2010. gde je to bilo moguće, članovi CER-a su proveravali i ispravljali, gde je to potrebno, podatke koji su prethodno prikupljeni i koji su se pretežno zasnivali na podacima UIC-a, korišćenje poboljšanih informacija o vremenu vertikalnog i horizontalnog razdvajanja i datumima i obimu otvaranja putničke i teretne konkurencije itd.

Svrha analize je da istraži uticaj organizacione strukture i konkurencije u industriji na troškove železničke industrije. U modelu se teži da se obuhvati niz promenljivih koji odražavaju istinske razlike između železnica, na primer: putnički km, teretni tona km i druge promenljive kao što su cene ulaznih podataka (npr. stope zarada radne snage). Ove promenljive omogućavaju, između ostalog, da model uzme u obzir bilo koju ekonomiju obima i / ili gustine. Model želi da obuhvati skup promenljivih koji beleže razlike između železnica i na taj način da modelira odnos između troškova i ovih promenljivih (kontrolne promenljive). Model se može napisati u obliku jednačine kao:

Ukupni troškovi železničke industrije = funkcija (kontrolne promenljive; test promenljive).

Kontrolne i test varijable, navedene u tabeli 2.

Tabela 2. Kontrolne i test promenjive

Kontrolne promenjive (ime varijable u zgradama)	Test promenljive
Ostvareni obim transporta putnika (putnički-km; QP)	Vertikalno razdvajanje veštačke promenljive (DVS)
Ostvareni obim transporta tereta (teretni tona-km; QF)	Vertikalno razdvajanje veštačke promenjive pomnožena sa obimom saobraćaja (DVS.V)
Dužina puta (km; N)	Vertikalno razdvajanje veštačke promenljive umanjeno za prihode od teretnih vozova kao procenat ukupnog prihoda (DVS.R)
Tehnološki indeks (procenat elektrificiranih pruga)	Veštačka promenljiva holding kompanije (DHC)
Stopa zarade (trošak rada po zaposlenom; W_L)	Veštačka promenljiva holding kompanije pomnožena sa obimom saobraćaja (DHC.V)

Cena energije (cena energije po 1000 TOE2; W_E)	Veštačka promenljiva holding kompanije pomnožena sa prihodom od transporta od dela ukupnog prihoda (DHC.R)
Cena materijala (troškovi materijala po vagonu; W_M)	Veštačka promenljiva horizontalnog razdvajanja (DHS)
Cena kapitala (kapitalni troškovi po dužini puta; W_k)	Mera konkurencije putnika (CMP)

Prvi zaključak je da, model vertikalnog razdvajanja nema mnogo uticaja na troškove kada je obim železničkog saobraćaja na prosečnom nivou, kada je visok nivo obima saobraćaja troškovi rastu, a na niskom nivou se smanjuju.

Drugi zaključak je da što je veći deo tereta koji saobraća na mreži manji je bilo kakav efekat smanjenja troškova usled vertikalnog razdvajanja (ili veći rast troškova). Stoga se čini da, za dati nivo obima saobraćaja, teretni saobraćaj uzrokuje više problema sa koordinacijom u odvojenom okruženju od putničkog. Čini se da bi ovo otkriće moglo proizaći iz činjenice da obično putničke usluge na nekoj trasi ili mreži pruža jedan operator, dok u teretnom saobraćaju može biti više operatora.

Treći zaključak bi bio da model holding kompanije proizvodi verovatno malo (oko 5%) smanjenje troškova u poređenju sa modelom vertikalnog pristupa (integrisani model), koji je takođe sa statističke perspektive slabo značajan. Čini se da se ovaj efekat ne menja ni sa obimom saobraćaja ni sa udelom u količini tereta.

2.2. Dobijena vrednost za novac iz državnog budžeta

U ovom poglavlju istraživači su primenili neekonometrijski pristup i koncentrisali se na jedno pitanje: „Koliko novca poreskih obveznika je potrebno za određeni obim transportnih usluga?“ Ova studija razvija jednostavno poređenje državne potrošnje i rezultata ostvarenih za niz odabranih zemalja (Velika Britanija, Nemačka, Francuska, Švajcarska i Holandija).

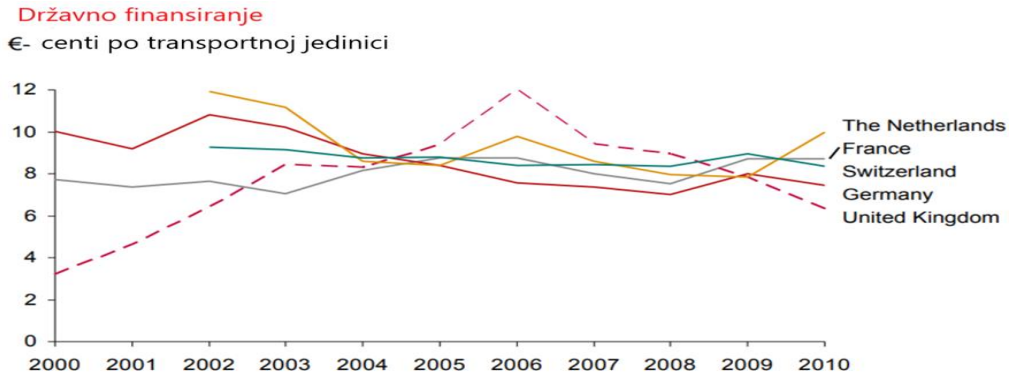
Kada se grafički prikaže evolucija obima putničkog saobraćaja (u apsolutnom iznosu i po stanovniku) i za robu, poglavlje pokazuje da su obim putničkog saobraćaja u Nemačkoj (model holding kompanije) i Holandiji (vertikalno razdvajanje) u prošlosti porastao za oko 10% tokom poslednjih 10 godina, dok su Britanija (vertikalno razdvajanje) i Švajcarska (vertikalna integracija) imale ukupan rast od 33% i 42%. Švajcarski stanovnici u proseku železnicu kao vid transporta putnika koriste najintenzivnije u poređenju sa ostalim zemljama u uzorku. Velika Britanija je znatno porasla, ali ostaje na približno polovini nivoa Švajcarske.

U pogledu državnog finansiranja (prikazano na slici 1), iz analize i definicije problema koji su povezani sa istorijskim dugovima u železnici nije vidljiv jasan sveukupni trend, što čini poređenje teškim. Čini se da je finansiranje u Francuskoj (vertikalno razdvajanje) i dalje na prilično konstantnom nivou, Velika Britanija (vertikalno razdvajanje) imalo je značajan porast do 2006. godine pa je onda ponovo opalo, u Holandiji (vertikalno razdvajanje) finansiranje oscilira između 8 i i 12 evrocenti po transportnoj jedinici (*transport unit*[3]) a nemački (model holding kompanije) broj pokazuje prilično konstantan trend pada.

Konačno, u obuhvaćenim zemljama prihodi od transporta putnika po putničkom kilometru variraju dva puta (prikazano na slici 2), uglavnom zbog različitih političkih odluka i politike cena, nivoa cena, vrste i kvaliteta ponuđenih usluga transporta itd.

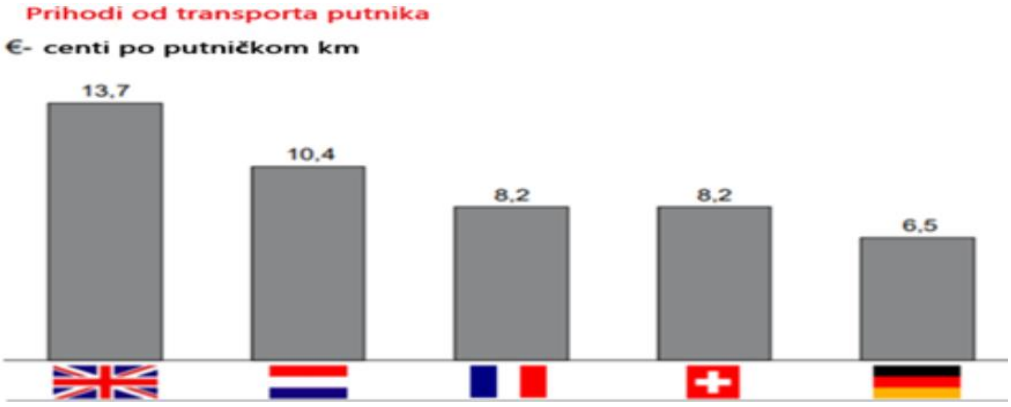
[2] TOE – Tonski ekvivalent nafte (Tonne of Oil Equivalent), svi izvori energije preračunati po „kaloričkoj moći” ili energetskim ekvivalentima na 1t.

[3] U izvornom radu nije dato objašnjenje šta transportna jedinica tačno podrazumeva i sama po sebi predstavlja opširan pojam. Međutim, prema vrednostima koje su prikazane može se zaključiti da pojam transportne jedinice predstavlja putnički kilometar, što se može pouzdano utvrditi ukoliko bi se raspolagalo podacima o ukupnim subvencijama i putničkim km za date godine.



Slika 1. Razvoj državnog finansiranja

Najveća razlika između godišnjeg državnog finansiranja i prihoda od putnika vidljiva je u Velikoj Britaniji, koja se više finansira od korisnika u odnosu na druge sisteme.



Slika 2. Prihodi od transporta putnika po putničkom kilometru

Izvedeni ekonometrijski rad nije doveo do zaključka da je potpuno vertikalno razdvajanje sistematski superiornije od modela holding kompanije ili vertikalne integracije po svom uticaju na troškove. Međutim, postoje dokazi da nedostaci troškova vertikalnog razdvajanja nastaju i rastu sa povećanjem obima železničkog saobraćaja na mreži i sa značajem teretnog saobraćaja.

3. KVALITATIVNI NALAZI ISTRAŽIVANJA

Ovaj deo istraživanja započinje pregledom neakademske literature o uticajima alternativnih železničkih struktura, kao dopuna akademskoj recenziji sprovedenoj u prvom delu studije. Literatura je vrlo raznolika, sastoji se uglavnom od vladinih izveštaja koje su sačinili konsultanski timovi. Najzanimljivija studija o posledicama razdvajanja nesumnjivo je zvanična britanska studija McNulti (2011). Studija posmatra trenutnu tržišnu organizaciju sa visokim nivoom fragmentacije kao važan razlog za neefikasnost, karakterišući sistem kao neefikasan i neusklađen, a pravni i ugovorni okvir industrije kao složen, što dovodi do negativnih efekata i dodatnih troškova. Studija preporučuje promene struktura i interfejsa i bliže usklađivanje podsticaja između menadžera infrastrukture (IM) i železničkog preduzeća (RU) na nivou trase, podelom troškova i prihoda (i zajedničkim ciljevima), zajedničkim ulaganjima ili savezima. U nekim okolnostima čak preporučuje punu vertikalnu integraciju kroz kombinovanu koncesiju IM i RU.

3.1. Analiza podsticaja usklađenosti između menadžera infrastrukture i železničkih preduzeća

U vertikalno integrisanom modelu, sve odluke koje se odnose na infrastrukturu i prevoz donose se u okviru jedne kompanije po jednoj liniji komandovanja i za svaku „novu ideju" se razvija biznis-model i svaka (ideja) se vrednuje u smislu njenog ukupnog doprinosa. Ovaj pristup je u središtu upravljačkih odluka mnogih privatizovanih japanskih vertikalno integrisanih železničkih kompanija. Ove kompanije za profit dugoročno maksimalizuju profit, podložne su snažnoj intermodalnoj konkurenciji, ponekad mrežnoj konkurenciji i raznim regulatornim ograničenjima, kao što je konkurencija, kako bi se sprečile prekomerne cene.

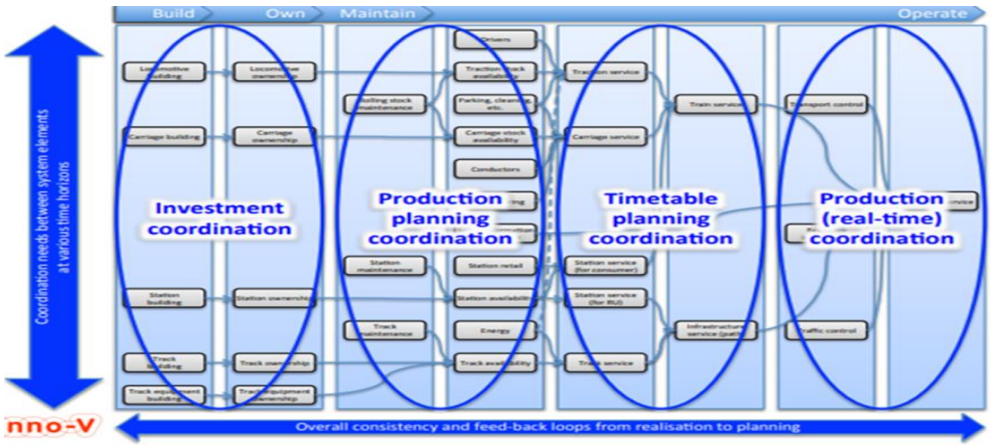
U evropskom železničkom sektoru, koji podleže obavezi računovodstvenog razdvajanja između upravljanja infrastrukturom i železničkih preduzeća, zakonom se obezbeđuje potreban mehanizam za usklađivanje koji zamenjuje unutrašnje kompromise vertikalno integrisanih kompanija. To je režim naknada za pristup i korišćenje infrastrukture. U idealnom slučaju, režim naknada treba da: pošalje prave signale menadžeru infrastrukture u vezi sa potrebom za ulaganjima, obnavljanjima i poboljšanjima infrastrukture kako bi se obezbedila mreža prilagođena potrebama, utiče na železnička preduzeća da na najbolji način iskoriste mrežu, osigurava da i menadžer infrastrukture i železnička preduzeća obezbeđuju sredstva i usluge za nivo performansi koje su tržišno orijentisane (npr. pouzdanost, tačnost) i navede i menadžera infrastrukture i železnička preduzeća da neprestano optimizuju svoje usluge.

Takav režim određivanja cena tada bi u idealnom slučaju doveo do sistemske optimizacije, pokrivajući sve aktivnosti u svim koordinacionim krugovima i vodeći ka optimalnoj raspodeli resursa. Međutim, čini se da je nemoguće dizajnirati sistem naknada za pristup infrastrukturi koji istovremeno obezbeđuje nediskriminaciju, odgovarajuće podsticaje za efikasan razvoj mreže i odgovarajuće podsticaje za njegovu upotrebu. Štaviše, većina evropskih IM-a je u javnom vlasništvu i delimično ih finansira država. Podsticaji za investiranje u ovom slučaju u velikoj meri će proizaći iz finansiranja koje proističu iz višegodišnjih ugovora sa vladom, kao i iz daljih propisa.

3.2. Interfejsi, neusklađenost i krugovi koordinacije

Studija se zatim fokusira na opisivanje neusklađenosti koje mogu postojati u svakom od četiri kruga ili terminima planiranja prikazanih na slici 3:

- za investicionu koordinaciju ovo uključuje neusklađenost koja se može pojaviti prilikom razmatranja proširenja delova mreže koji se ne koriste ili prilikom nadogradnje infrastructure,
- za koordinaciju planiranja usluga, ovo uključuje neusklađenosti koje se mogu pojaviti u odnosu na kvalitet korišćenih resursa i daje kao rezultat pouzdanost Sistema,
- takođe uključuje osnovno pitanje investicija „malih razmera“ koje se mogu pokazati odlučujućim u njihovom evolucionom uticaju na ukupne performanse sistema,
- za koordinaciju usluga u realnom vremenu, ovo uključuje pitanja vezana za rešavanje poremećaja, kao i važne povratne sprege od izmerenih problema u fazi realizacije do vremenskog rasporeda, planiranja resursa, rekonfiguracije sistema i velikih investicija



Slika 3. Krugovi koordinacije

Izgleda da su potencijalne posledice neusklađenosti različite i uključuju: zadržane mogućnosti ulaganja u različita tehnička sredstva, mreže koje nisu razvijene u skladu sa zahtevima tržišta i neoptimalne kombinacije imovine (vozna sredstva, infrastrukturu i osoblje). To dovodi do prekomernih troškova proizvodnje, eksternalija u smislu uštede efikasnosti od delovanja jedne strane koja dovodi u pitanje troškove i performanse druge strane i negativne uticaje na svakodnevno poslovanje. Potencijalni nedostaci mehanizama razdvajanja i preusmeravanja ne moraju nužno značiti da su povezani železnički sistemi sami po sebi garancija za optimalne performanse. Umesto toga, naša analiza pokazuje da združeni režim može omogućiti da se integralne odluke donose u korist sistema u celini, što dovodi do većih performansi na nivou sistema od onoga što bi proizašlo iz suprotstavljanja dve optimalne odluke na podsistemski nivo (RU i IM) koji bi bio nedovoljno preusmeren ka celokupnoj sistemskoj optimalnosti.

4. POTENCIJALNI EFEKTI REFORMI S OBZIROM NA 4. ŽELEZNIČKI PAKET

4.1. Poređenje potpune institucionalne odvojenosti sa modelom holding kompanije

Generalno, moglo bi se očekivati da će najsnažniji argument za potpunu institucionalnu odvojenost biti taj što pruža železničkim preduzećima sigurnost u nediskriminaciju i stoga privlači najveći stepen konkurencije. To bi zauzvrat moglo dovesti do poboljšanja usluga (donoseći koristi u obliku dodatnih prihoda, koristi za korisnike) i smanjenja troškova. Ostale moguće prednosti potpune institucionalne odvojenosti su u tome što pruža finansijsku transparentnost i omogućava specijalizaciju. S druge strane, kao što smo videli, potpuna institucionalna odvojenost pokreće pitanja transakcionih troškova, dupliranja i neusklađenosti podsticaja. Pregled literature pruža dokaze o svemu tome i sugeriše da su problemi koji nastaju usled neusklađenosti podsticaja možda najznačajniji. Mogući troškovi i koristi potpunog vertikalnog razdvajanja u poređenju sa holding modelom dati su na slici 4. Takva neusklađenost može uticati na planiranje proizvodnje, planiranja investicija, vremenski raspored i koordinaciju proizvodnje u realnom vremenu.

Mogući troškovi	Moguće koristi

• Povećani transakcioni troškovi
• Troškovi dupliranja osoblja
• Neusklađenost podsticaja što dovodi do povećanih troškova i loših usluga u:
  • Koordinacija investicija
  • Efikasnost planiranja proizvodnje
  • Optimalnost rasporeda
  • Koordinacija proizvodnje
	• Povećana konkurencija što dovodi do nižih troškova i poboljšanih usluga
	• Povećana specijalizacija koja dovodi do nižih troškova i poboljšanih usluga
	• Povećana transparentnost, poboljšanje efikasnosti regulacije i finansiranja, što dovodi do nižih troškova i poboljšanih usluga

Slika 4. Mogući troškovi i koristi potpunog vertikalnog razdvajanja u poređenju sa holding modelom

Međutim, već je primetno da nisu pronađeni dokazi da potpuno vertikalno razdvajanje obično dovodi do veće konkurencije od modela holding kompanije. Na putničkom tržištu čini se da je kombinacija dozvole za ulazak na tržište i vertikalne odvojenosti superiornija od vertikalne integracije, ali se ne može zaključiti da li je to bolje od kombinacije dozvole za ulazak na tržište sa holding kompanijom. Što se tiče troškova, postoje slabi ekonometrijski dokazi da model holding kompanije smanjuje troškove u poređenju sa potpunom integracijom, dok analiza snažno sugeriše da potpuno vertikalno razdvajanje smanjuje troškove za železnice manjeg obima, ali ih povećava za železnice većeg obima.

Na tipičnim nivoima obima čini se da model holding kompanije ima najniže troškove. Na bilo kom nivou obima saobraćaja, vertikalno razdvajanje je skuplje tamo gde visok deo prihoda dolazi od teretnog transporta. Objašnjenje za rezultat u pogledu železnica većeg obima, je da su transakcije i troškovi neusklađenosti koji nastaju vertikalnim razdvajanjem u značajnoj meri povezani sa redom vožnji i kontrolom saobraćaja u realnom vremenu, što je problematičnije tamo gde je velika „gužva".

4.2. Varijacije na modelu holding kompanije

Glavna zamerka modelu holding kompanije je da on daje menadžeru infrastrukture podsticaj da vrši diskriminaciju u korist sopstvenih „sestrinskih" kompanija, a samim tim otežava ulazak na tržište drugim preduzećima. Do danas je glavna odbrana od toga bilo imenovanje regulatora, koji će razmatrati i odlučivati o navodnim slučajevima diskriminacije. Štaviše, potpuno vertikalno razdvajanje neće ukloniti podsticaj za menadžera infrastrukture da favorizuje veće kupce u odnosu na manje. Treba ponoviti da nije pronađen sistematski obrazac po kome je novi ulazak, tamo gde je to dozvoljeno, manje verovatan kod holding kompanije nego potpuno razdvajanje, pa nije jasno da su potrebne dalje mere.

Tokom raznih istaživanja otkriveno je da se uloga holding kompanije izuzetno razlikuje od slučaja do slučaja i može se promeniti tokom vremena. Iako model holding kompanije uvek uključuje telo koje je odgovorno za odvojena zavisna preduzeća koja se bave infrastrukturom i operacijama, uloga tog tela varira. Na primer, u Poljskoj holding kompanija igra malu ulogu u pokušaju da integriše aktivnosti različitih zavisnih preduzeća, dok u Nemačkoj igra mnogo aktivniju ulogu, posebno u pogledu manje bitnih funkcija kao što su dugoročno planiranje i investicije.

4.3. Poređenje pune institucionalne razdvojenosti sa preuređenim odvojenim sistemom

Glavni dokaz o poređenju preuređenog odvojenog sistema sa potpunim vertikalnim razdvajanjem je primer Velike Britanije. Od vremena reformi 1994. godine, Britanija je više pažnje posvećivala usklađivanju podsticaja nego što je to činila većina zemalja. Tako je uveden sofisticirani sistem naknada za pristup infrastrukturi, diferenciran da odražava različito habanje koje nameće nekoliko stotina različitih vrsta vozila. Kasnije je dodata naknada za zagušenje koja odražava veći potencijal za pogoršanje performansi (kašnjenja itd). Postoji režim izvršavanja u kome se železničkim preduzećima nadoknađuju kašnjenja koja se pripisuju menadžeru infrastrukture ili drugim operatorima, a zauzvrat plaćaju za kašnjenja koja prouzrokuju. Takođe se plaća mala uplata menadžeru infrastrukture na osnovu pređenih kilometara da bi ih podstakla da preduzimaju male investicije kako bi poboljšali kvalitet ili kapacitet.

Dokazi ne sugerišu da je vertikalno razdvajanje nužno najbolje u smislu troškova i koristi. Ne nalaze se dokazi da vertikalno razdvajanje povećava konkurenciju u poređenju sa modelom holding kompanije, a takođe ne postoji ni slučaj da bi takva povećana konkurencija smanjila troškove. Takođe ne nalaze se nikakvi dokazi da vertikalno razdvajanje poboljšava modalni udeo železnice u poređenju sa modelom holding kompanije (iako poboljšava udeo na tržištu putnika u kombinaciji sa otvarenim tržištem u poređenju sa modelom vertikalne integracije). Za teretni transport nema dokaza da bi to povećalo tržišni udeo ako bi se povećala konkurencija.

5. ANALITIČKI ZAKLJUČCI

Nakon sveobuhvatne analize proizilaze neki opšti zaključci. Prvi zaključci će biti sa naznakama kvalitativnog rada, a zatim ekonometrijski i ukupni zaključci.

5.1. Potreba za koordinacijom razlikuje se u zavisnosti od situacije na železnici

Železnice kojima su potrebne promene (nadogradnja, poboljšanja, proširenja, smanjenje) verovatno će imati drugačije i više potrebe za koordinacijom od stacionarnih železnica (železnica koje imaju vrlo malu potrebu za prilagođavanjem infrastrukture). Železnice kojima su potrebne promene verovatnije će biti teže da rade u razdvojenom režimu od železnica u stabilnom stanju sa dovoljnim kapacitetom da prihvate sav obim saobraćaja. Iako je veći deo akademske literature o razdvajanju železnica gledao na uticaj različitih opcija razdvajanja na konkurenciju i efikasnost, implicitno pretpostavljajući stabilnu železnicu, primeri koje smo pregledali pokazuju da se pitanja neusklađenosti podsticaja javljaju naročito kada železnice nisu u stabilnom stanju ali moraju da evoluiraju. Iako ovo može biti tačno za velike investicije, kao što su nove „brze pruge", verovatno je to još presudnije za manje investicije i veće potrebe za poboljšanjem. Za buduća istraživanja je važno da mnogo više pažnje posvete procesima na interfejsu između upravljanja infrastrukturom i operatorima.

5.2. Različite strukture najbolje funkcionišu u različitim okolnostima

Tokom studije postoje dokazi koji ukazuju na to da različite strukture najbolje funkcionišu u različitim okolnostima, možda čak uključuju i različite delove iste zemlje u kojima se karakteristike saobraćaja i transporta razlikuju (različit obim saobraćaja, različita kombinacija putničkog i teretnog saobraćaja, mnogi mali operatori ili jedan glavni operator). Na primer, čini se da model holding kompanije najbolje funkcioniše tamo gde je saobraćaj relativno većeg obima i intenziteta i uključuje relativno visok deo teretnog transporta. Čini se da vertikalno razdvajanje funkcioniše bolje kada je saobraćaj manjeg obima, sa većim udelom putničkog transporta. Tamo gde postoji vertikalno razdvajanje, kombinacija regionalnih konkurentskih tendera i udruživanja (ili čak zakupa infrastrukture) radi preusmeravanja podsticaja između menadžera infrastrukture i železničkog preduzeća može predstavljati efikasno rešenje gde saobraćajem dominira jedan operator, kao što je to često slučaj sa režim franšize.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovoj studiji se razmatrao potencijalni uticaj različitih oblika vertikalne organizacije železničkih tržišta o troškovima i udelu u načinu rada. Razlikuju se tri opšta modela: Vertikalna integracija, holding kompanija i vertikalna separacija. Efekti vertikalnog razdvajanja u uslovima povećanja troškova koji nastaju usled neusklađenosti podsticaja će verovatno biti veći od povećanih transakcionih troškova. Naknade za pristup su veoma važne, ali same po sebi ne mogu dovesti do pravilnog usklađivanja podsticaja kako u pogledu efikasne upotrebe, tako i pogledu efikasnog razvoja železničke mreže. Iako prethodne studije uglavnom otkrivaju da

povećana konkurencija smanjuje troškove, one ne pokazuju dosledan obrazac o uticaju vertikalnog razdvajanja na troškove. Čini se da nema dokaza da je model vertikalnog razdvajanja superiorniji u odnosu na druge strukture. Novi ekonometrijski dokazi sugerišu da pri većem obimu saobraćaja vertikalno razdvajanje povećava troškove, dok se pri manjem obimu smanjuju. Kada je obim saobraćaja sa nekom srednjem nivou, vertikalno razdvajanje ne menja značajno troškove, dok ih model holding kompanije smanjuje u poređenju sa modelom vertikalne integracije. Čini se da velika zavisnost od prihoda od teretnog transporta povećava troškove vertikalnog razdvajanja. Za određeni nivo saobraćaja, teretni saobraćaj uzrokuje više problema sa koordinacijom u odvojenom okruženju nego putnički saobraćaj. Ne nalaze se dokazi da je vertikalno razdvajanje superiornije od modela holding kompanije u uticaju na udeo železnice u teretnom ili putničkom transportu.

Nije dokazano da je vertikalno razdvajanje neophodno kako bi se dobile koristi koje se očekuju od konkurencije. Najefikasniji model u pogledu uticaja na troškove razlikuje se u zavisnosti od okolnosti, generalno, različite strukture najbolje funkcionišu u različitim okolnostima.

7. LITERATURA

Didier van de Velde, C. Nash and A. Smith, F. Mizutani and S. Uranishi, M. Lijesen, F. Zschoche - Economic effects of Vertical Separation in the railway sector

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

THE CONCEPT OF EFFICIENCY IN ECONOMIC THEORY, EU RAILWAY REGULATION AND DEA METHOD

POJAM EFIKASNOSTI U EKONOMSKOJ TEORIJI, DOKUMENTIMA EU O ŽELEZNICI I DEA METODI

Marija Selaković[a], Mirjana Bugarinović[a], Branislav Bošković[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, marija.selakovic96@gmail.com, mirab@sf.bg.ac.rs, b.boskovic@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *Efficiency is the key word for understanding the reasons for restructuring European railways. Interpretations of the concept of efficiency and approach when it comes to European railways are given in EU documents on transport, and dedicated to railways, as well as in EU directives. On the other hand, measuring and improving the efficiency of a company's business is doing by the application of certain methods. The operations research DEA method is most often used for it. The DEA method has its own specifics in the efficiency measurement. The paper presents a comparative analysis of the mentioned approaches in the interpretation of the concept of efficiency and a discussion of the possibility to apply the DEA method for efficiency measurement on the railway.*

Keywords: *efficiency, railway, DEA method, restructuring EU*

Apstrakt*: Efikasnost je ključna reč za razumevanje razloga za restrukturiranje evropskih železnica. Pristup i tumačenja pojma efikasnosti kada su u pitanju evropske železnice dati su u programskim dokumentima EU o transportu, i železnici posebno, kao i u sistemskim direktivama EU. Sa druge strane, merenje i poboljšanje efikasnosti poslovanja kompanija prati primena određenih metoda. Najčešće se koristi metoda operacionih istraživanja DEA. DEA metoda ima svoje specifičnosti u tretiranju efikasnosti. U radu je data komparativna analiza navedenih pristupa u tumačenju pojma efikasnosti i diskusija o mogućnosti primene DEA metode za merenje efikasnosti na železnici.*

Ključne riječi: *efikasnost, železnica, DEA metoda, regulative EU*

1. UVOD

U današnje vreme koje karakteriše globalizovano tržište veoma je važno da se raspoloživim resursima upravlja na što efikasniji i efektivniji način. Ubrzani razvoj društva, tehnologije i otklanjanja barijera za slobodno tržište zahtevaju neprekidne promene unutar privrednih sektora odnosno preduzeća ukoliko žele da opstanu na tržištu. Shodno tome preduzeća treba da prate niz pokazatelja o sopstvenoj i konkurentskoj efikasnosti i efektivnosti.

Efikasnost i efektivnost su pojmovi čija je upotreba veoma rasprostranjena u različitim oblastima. Često se može čuti da se za neku osobu, preduzeće ili poseban segment preduzeća kaže da je efikasan ili efektivan prilikom obavljanja nekih aktivnosti. Definisanje ovih pojmova nije jednostavno i ne postoji univerzalna definicija koja važi za sve međutim, suština značenja ovih pojmova je ista u svim oblastima privređivanja i rada.

Pojam efikasnosti u najširem značenju označava delotvornost internih procesa preduzeća i izražava se veličinom rezultata koji se mogu ostvariti po jedinici resursa. Drugim rečima, efikasnost se izražava odnosom rezultata funkcionisanja preduzeća (output) i ulaganja (input) neophodnih da se ti rezultati ostvare. S druge strane efektivnost preduzeća se u najširem smislu može definisati kao sposobnost preduzeća da pribavi neophodne resurse i da ih što efikasnije iskoristi za ostvarenje svojih ciljeva, dok se uže shvatenje efektivnosti može definisati kao stepen ostvarenja zadatih ciljeva (Paunović, 2007).

Treba napomenuti da efikasnost nije samostalan koncept i da uvek zavisi od uporednog konteksta. Zbog toga je potrebno posmatrani učinak porediti sa učincima drugih, najboljim praksama ili sopstvenim prethodnim rezultatima.

Cilj ovog rada je da se u kontekstu železničkog sistema sagleda upotreba pojma efikasnosti, odnosno u dokumentima i legislativi EU kao i u DEA metodi. Pored toga, diskutuje se i daje odgovor na pitanje u kojoj meri DEA metoda odgovara potrebama merenja efikasnosti na železnici u odnosu na programske ciljeve EU o efikasnosti železnice.

Potpomognuto prikazom pojma efikasnosti iz ugla ekonomske teorije u poglavlju 2 dat je prikaz tumačenja efikasnosti u relevantnim dokumentima EU. U poglavlju 3 dato je na koji način se posmatra efikasnost u DEA metodi i DEA modelima. Na kraju je data komparativna analiza ovih pristupa i diskusija o mogućnosti primene DEA metode za merenje efikasnosti na železnici.

2. POJAM EFIKASNOSTI IZ RAZLIČITIH UGLOVA

Da bi razumeli pojam efikasnosti u strateškim dokumentima i direktivama EU, biće od koristi prvo da sagledamo ovaj pojam iz ugla ekonomske teorije.

2.1. Efikasnost kao osnovni pojam u ekonomiji

Osnovni problem kojim se bavi ekonomija jeste kako resurse, a posebno oskudne, kojima društvo raspolaže rasporediti (alocirati) na način da zadovolje potrebe svakog pojedinca, a da se pri tome proizvede najveća moguća količina dobara i usluga. Na osnovu toga se ekonomska efikasnost definiše kao stepen uspešnosti privrednih sistema da alociraju svoje resurse i zadovolje potrebe korisnika.

Mankju u opštem smislu definiše ekonomsku efikasnost kao svojstvo društva da dobije maksimum od svojih oskudnih resursa (Mankju, 2006). Još uže, ekonomska efikasnost se odnosi na maksimiziranje ukupnog i kolektivnog blagostanja članova zajednice i uglavnom se kaže da zahteva ispunjenje tehničke i alokativne efikasnosti (Productivity Commission, 2013).

Ekonomska efikasnost predstavlja sintetičku meru ili indikator uspešnosti rešavanja osnovnog ekonomskog problema: kako najracionalnije koristiti ograničene resurse/faktore proizvodnje sa kojima društvo, preduzeće ili pojedinačni potrošač raspolaže, odnosno kako ih na najbolji mogući način alocirati na međusobno konkurentne aktivnosti i proizvode (Radoičić, 2014). Drugim rečima, ekonomska efikasnost izražava delotvornost obavljanja ekonomskih procesa preduzeća ili nastojanje preduzeća da što bolje obavi izabrane poslove (Paunović, 2013).

Pored prikazanih definicija, u literaturi se može naći još niz različitih definicija ekonomske efikasnosti. Međutim, u svim definicijama suština je ista, a razlike se uglavnom javljaju u zavisnosti od toga sa kojeg se nivoa posmatra problem. Na primer, da li se efikasnost formuliše u odnosu na iskorišćenje, proizvodnju ili distribuciju (oskudnih) resursa.

Generalno, ekonomska teorija prepoznaje pet vrsta/faza (Investopedia) efikasnosti: tehničku/proizvodnu, alokativnu, dinamičku, socijalnu/Pareto i X-efikasnost. Prve dve vrste efikasnosti su tradicionalne/standardne tako da će se njihov pojam dalje razmatrati.

Tehnička efikasnost se odnosi na proizvodnju najveće moguće količine izlaza (proizvoda ili usluga) iz date količine ulaza (faktora proizvodnje), odnosno ukoliko nije moguće proizvesti dodatnu jedinicu nekog dobra ili usluge bez smanjenja proizvodnje nekog drugog dobra ili usluge. (Radoičić, 2014)

Alokativna efikasnost pojavljuje se kada vrednost koju potrošači dodeljuju nekom dobru bude jednaka troškovima resursa koji su upotrebljeni u proizvodnji tog dobra, odnosno izjednačavaju se cena i granični trošak (Radoičić, 2014). Drugim rečima, preduzeće je na najbolji mogući način rasporedilo i iskoristilo svoje oskudne resurse za proizvodnju dobra koje ispunjava želje i zahteve potrošača (proizvođač zadovoljava zahteve tržišta).

Od značaja je spomenuti još jednu podelu ili načine tumačenja efikasnosti. Tako razlikujemo apsolutnu i relativnu efikasnost (Baban, 1991). Apsolutna efikasnost se odnosi na posmatranje jednog preduzeća i ocenu njegove efikasnosti koja ne zavisi od drugih preduzeća. Nasuprot tome, relativna efikasnost podrazumeva posmatranje efikasnosti jednog preduzeća u odnosu na druga (ili više njih).

2.2. Pojam efikasnosti u dokumentima EU o železnici

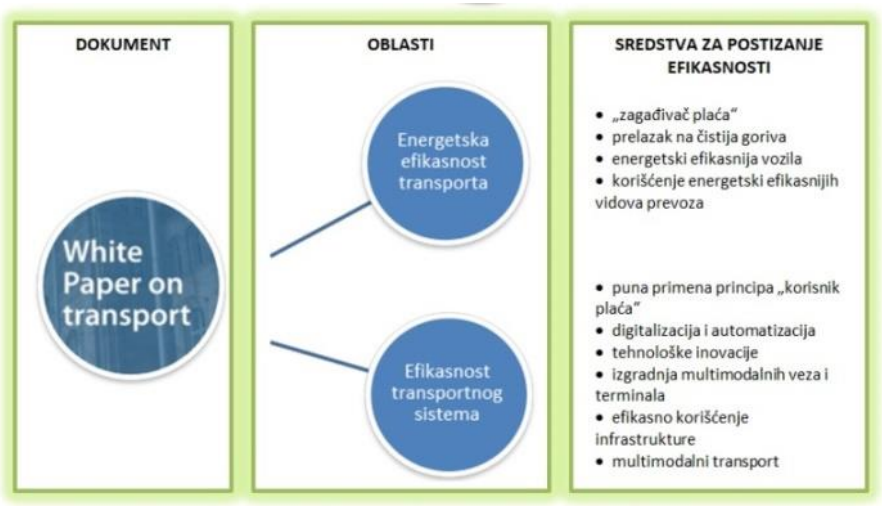
Da bi razumeli kako se tumači i koristi pojam efikasnosti danas na železnici neophodno je poznavati regulativu EU, odnosno razumeti strategije razvoja transporta kao i restrukturiranje železnica u Evropi. Strategije razvoja transporta se mogu pratiti kroz tzv. "bele knjige" transporta (*White papers on transport*). U njima se ukazuje na ciljeve razvoja transporta i trendove i sredstva kojima se oni postižu. Od 1991. godine, kada se donosi i regulativa EU bitna za novo uređenje železničkog sektora, objavljeno je pet belih knjiga i u poslednje tri posebno se ističu trendovi i sredstva za povećanje efikasnosti transportnog sistema i energetske efikasnosti (2001, 2011. i 2020. godine). U ovom radu prikaz sredstava kojima se deluje na povećanje efikasnosti

transportnih sistema i energetske efikasnosti su iz Bele knjige 2011. godine (slika 1) koja je fokusurina na povećanje efikasnosti transporta. Ista sredstva za povećanje efikasnosti se i dalje spominju u Beloj knjizi 2020. godine koja je fokusirana na mobilnost kao uslugu i zeleni transport. Energetska efikasnost kao poseban segment u transportnim strategijama EU nije analizirana u ovom radu, već je samo prikazano kojim sredstvima se deluje na njeno povećanje.

„Sprovođenje željenih ciljeva razvoja transporta zahteva efikasan okvir za korisnike prevoza i prevoznike, primenu novih tehnologija i razvoj odgovarajuće infrastrukture“ (tačka 34. White Paper on transport, 2011). Dakle da bi se postigli željeni rezultati potrebno je da se dese određene promene koje će omogućiti povećanje efikasnosti prevoznika i njihovih usluga, a time i celog transportnog sistema. Pod efikasnim okvirom podrazumeva se jedinstveno transportno tržište sa odlikama nesmetanog funkcionisanja transporta, unificiranim informacijama, odnosno uklonjenim barijerama između načina prevoza i nacionalnih sistema. Spomenute promene prepoznate su u primeni tehnoloških inovacija odnosno digitalizaciji i automatizaciji sistema železničkog transporta (utiču na povećanje bezbednosti, sigurnosti, pouzdanosti i globalne konkurentnosti).

Digitalizacija i automatizacija su trendovi koji se najčešće zajednički posmatraju. Uticaj digitalizacije i automatizacije na povećanje efikasnosti transportnih sistema, pa i železničkog, se prati u okviru poboljšanja performansi transportnih sistema (manje kvarova, efikasnije dispečiranje i planiranje kretanja transportnih jedinica), konkurentnosti (digitalna rešenja mogu značajno poboljšati vreme putovanja, pouzdanost, i koordinaciju sa drugim vidovima prevoza) i bezbednosti (detekciji prepreka na infrastrukturi, otkrivanju prekida u funkcionisanju glavnih sistema i brzo rešavanje različitih vrsta rizika). Primena digitalizacije i automatizacije prati primena tehnoloških inovacija, i obrnuto.

“U budućnosti je potrebno veće količine tereta i veći broj putnika prevoziti do odredišta najefikasnijim vidovima transporta odnosno njihovom kombinacijom” (tačka 19. White Paper on transport, 2011). Pod ovim se podrazumeva da se velike količine tereta i veliki broj putnika na duga rastojanja prevoze onim vidom transporta koji je pogodniji na osnovu svojih karakteristika što u konačnom vodi ka multimodalnom transportu. Transport na velikim udaljenostima treba „prebaciti“ na železnički (Shift to rail – S2R) i vodni transport, a poslednje kilometre u prevozu (last miles) obavljati drumskim transportom. Dodatno, izgradnjom infrastrukturnih multimodalnih konekcija koje nedostaju i stvarenjem mreže terminala ostvaruje se veća povezanost železnice sa drugim vidovima prevoza i time veće učešće železnice u ukupnom transportu. Za takvu ulogu železnice u lancu snabdevanja mora se povećati njena konkurentnost, odnosno njena efikasnost.



Slika 1. Efikasnost u Beloj knjizi o transportu iz 2011 godine

Zapravo, osnovni uzrok restrukturiranja evropskih železnica bila je njihova neefikasnost. Drugim rečima, uspostavljeni železnički sistem u Evropi, njegov razvoj i odluke koje su se donosile unutar njega, nisu bile u skladu sa razvojem evropskog društva, tržišta i tehnologije. Iz tog razloga izvršeno je restrukturiranje železničkog sistema kako u državama članicama EU tako i u onim koje još uvek nisu članice EU sa osnovnim ciljem: poboljšanje efikasnosti.

Smernice za restrukturiranje železnica EU prvi put se spominju u Direktivi 91/440/EEC, koje su kasnije dopunjene u Direktivi 2012/34/EU. Pored ovih direktiva veoma važnu ulogu u daljem razvoju železnice i pravca u kome treba da se ide imaju spomenute Bele knjige.

Pojam efikasnosti se u Direktivi 2012/34/EU spominje u više različitih oblasti koje se odnose na železnički sistem, železničko tržište, upravljača infrastrukture i prevoznike i železničku mrežu. U svakoj od ovih oblasti postoje različite celine koje su prikazane na slici 2, a koje tretiraju ili utiču na efikasnost.

Direktiva 2012/34/EU definiše više načina i faktora koji utiču na povećanje efikasnosti železničkog sistema sa osnovnim ciljem da se sa povećanjem efikasnosti železničkog sistema isti integriše u konkurentno tržište, uzimajući pri tome u obzir posebne karakteristike železnice (preambula tačka 3). Kao prvi način/faktor je označeno uvođenje tržišta na železničkoj infrastrukturi. Preduslov za to je razdvajanje delatnosti prevoza od delatnosti upravljanja infrastrukturom. Pored toga, za ostvarivanje efikasnog transporta i konkurencije, potrebno je obezbediti da železnički prevoznici imaju status nezavisnih prevoznika koji se prilagođavaju potrebama tržišta (preambula tačka 5).

Veoma je važno pratiti situaciju na železničkom tržištu i ulazak novih prevoznika. To je bitno kako bi kriterijumi za ulazak novih prevoznika na tržište bili isti za sve i kako bi se obezbedila poštena borba i efikasno pružanje usluga prevoza: "*Komisija donosi mere kojima se usvajaju detalji za definisanje jedinstvenih kriterijuma i procedura za dodelu licenci i ako je potrebno, za osiguranje poštene i efikasne borbe na transportnom tržištu*" (član 17, tačka 15).

Za upravljača infrastrukture i prevoznika je bitno da posluju efikasnije, odnosno da svoje resurse iskoriste na najbolji način za pružanje usluga. Njihovim razdvajanjem u velikoj meri se uticalo kako na njihovu pojedinačnu efikasnost korišćenja osnovnih resursa tako i na efikasnost celog železničkog sistema.

Iz svega navedenog se može rezimirati da EU na globalnom nivou pojam efikasnosti na železnici vidi kao efikasnost transportnog sistema i kao energetsku efikasnost transporta. U tom kontekstu železnica utiče na efikasnost celokupnog transportnog sistema i multimodalnost čime se ostvaruje efikasniji transport u celini. Ako efikasnost posmatramo samo unutar železničkog sistema onda EU razlikuje efikasnost u različitim oblastima kao što su železničko tržište, upravljač infrastrukture, železnički prevoznik i železnička mreža (slika 2).



Slika 2. Prikaz oblasti/tema efikasnosti zastupljenih u Direktivi 2012/34/EU

Cilj EU u konačnom je da ostvari jedinstveno evropsko železničko tržište i da uz pomoć strukturnih i organizacionih promena doprinese integrisanju železnice u konkurentno tržište. Veća regulacija, praćenje tržišta i novih prevoznika, kao i njihovo efikasno poslovanje samo su neki od koraka koji vode ka poboljšanju efikasnosti železnice. Treba napomenuti i to da je jedan od osnovnih ciljeva EU očuvanje životne sredine i smanjenje emisije štetnih gasova u čemu železnica ima prednost u odnosu na konkurentne vidove (energetski je efikasnija).

3. EFIKASNOST PREMA DEA METODI

Za ocenu efikasnosti kompanija ili njenih pojedinih celina koristi se veliki broj metoda. Ocena efikasnosti predstavlja jedan kompleksan proces u kome je neophodno odrediti odnos ostvarenih rezultata i uloženih resursa. U klasičnim ekonomskim teorijama efikasnost se meri kao odnos jednog izlaza i jednog ulaza. Problem se javlja kod merenja efikasnosti jedinica koje imaju više raznorodnih ulaza koje koriste za stvaranje više raznorodnih izlaza. To je slučaj kod onih ulaza/izlaza koji se ne mogu grupisati u jedan ulaz/ izlaz zbog prisutnosti različitih mernih jedinica. U ovakvom kontekstu jedna od najčešće korišćenih metoda za procenu efikasnosti je „analiza obavijanja podataka" (DEA - *Data Envelopement Analysis*).

DEA metoda pripada takozvanim metodama baziranim na granicama (*Frontier-based methods*). Ona je tehnika matematičkog programiranja koja omogućava da se utvrdi da li je entitet, na osnovu podataka o

njegovim ulazima i izlazima, efikasan ili nije, relativno prema drugim entitetima uključenim u analizu (Savić, 2016). Dakle, DEA metoda koristi meru relativne efikasnosti i ona zavisi od broja uključenih entiteta u analizu kao i od broja i strukture ulaza i izlaza.

Analiza obavijanja podataka meri relativnu efikasnost jedinica odlučivanja (DMU-*Decision Making Unit*). Prilikom odabira DMU koje su predmet analize mora se voditi računa o njenoj veličini. Potrebno je da budu slične po veličini, da bi se osetljivost na promenu veličine obima rada mogle jasno uočiti. Za ocenu efikasnosti jedinica odlučivanja koriste se različiti ulazi i izlazi. Specifičnost koja se javlja prilikom odabira ulaza i izlaza za analizu je ta što oni ne moraju da budu jednorodni. Dakle merne jedinice mogu biti različite (broj časova, novac, kilometraža, površina i slično.). Jedini uslov je da svaka DMU ima iste ulaze i izlaze. Prilikom odabira ulaza i izlaza, bitno je utvrditi da oni utiču na efikasno poslovanje posmatranih DMU i da su merljivi.

Zbog raznorodnih ulaza i izlaza koji se koriste za proračun efikasnosti, u DEA metodi efikasnost se računa kao odnos virtuelnog izlaza i virtuelnog ulaza. Vrši se objedinjavanje posmatranih ulaza (izlaza) u jedan virtuelni ulaz (izlaz) koji predstavljaju sumu proizvoda težinskih koeficijenata i vrednosti ulaza (izlaza) kome su dodeljeni. Težinski koeficijenti prikazuju stepen važnosti svakog od ulaza i izlaza i odraz su preferencija donosioca odluka svake DMU. Konačno, ono oko čega treba da se dogovore sve DMU jeste koje su najmanje dozvoljene vrednosti za težinske koeficijente.

Procenjeni rezultati mogu imati vrednosti između nule i jedinice i predstavljaju „stepen efikasnosti“ (*degree of efficiency*) date DMU. Pored ovih rezultata, DEA takođe identifikuje izvore neefikasnosti za svaki ulaz i izlaz za svaku DMU odnosno može se zaključiti koliko je potrebno da se smanje određeni ulazi i/ili poveća određeni izlaz da bi ove jedinice bile efikasne. (Savić, 2016). Takođe identifikuje DMU koje su pozicionirane na „granici efikasnosti“ (efficiency frontier). Ove DMU su efikasne jedinice i stoga mogu služiti kao reperi.

Po svojoj suštini DEA metoda razlikuje tri mere efikasnosti: tehničku, alokativnu i ukupnu efikasnost. Prilikom proračuna tehničke efikasnosti za ulaze se najčešće koriste rad, kapital ili mašine, ne uzimajući u obzir cenu i troškove proizvodnje. Na tehničku efikasnost utiče način upravljanja i nivo poslovanja (strateški, taktički ili operativni) posmatranog DMU. Za razliku od toga alokativna efikasnost teži da minimizira cenu proizvodnje određene količine izlaza koristeći odgovarajuću kombinaciju ulaza, pod pretpostavkom da je ispunjena tehnička efikasnost (Savić, 2016). Kombinacija tehničke i alokativne efikasnosti predstavlja ukupnu efikasnost. Kompanija je ukupno efikasna ako su ispunjene i tehnička i alokativna efikasnost.

Kod DEA metode je bitno razumeti da ona meri relativnu efikasnost koja u zavisnosti od usvojenih ulaza i izlaza može biti ukupna ili tehnička. Kada su u analizu uključene ekonomske veličine kao što su cene, prihod, operativni troškovi, budžet, tada govorimo o relativnoj ukupnoj efikasnosti, a u suprotnom o relativnoj tehničkoj efikasnosti.

Složenost kompanija, odnosno korišćenje velikog broja različitih resursa za proizvodnju različitih proizvoda ili usluga, dovelo je do velike primene DEA metode. Takođe, mogućnost DEA metode da prikaže gde se nalazimo u odnosu na konkurenciju na tržištu, najbolje prakse u posmatranoj oblasti kao i da li su organizacione ili strukturne promene kompanije uticale na povećanje efikasnosti je značajno za dalji razvoj i napredak kompanija. Ovo su najznačajniji razlozi zbog kojih je DEA metoda našla veliku primenu u praksi.

Kada je železnica u pitanju, pregled literature primene DEA u transportu (Mahmoudi et al, 2019), pokazao je da je 60% radova primene DEA u železničkom saobraćaju objavljeno u poslednjih 8 godina. Analiza radova je pokazala da se većina radova može grupisti u pet glavnih problema: analiza performansi prevoznika u putničkom i teretnom saobraćaju, ocena perfomansi segmenata infrastrukture imajući u vidu faktore životne sredine i bezbednosti, ocena lokacije železničkih stanica i usluga u njima, ispitivanje uticaja učešća privatnog sektora, strukture upravljanja, novih investicija i infrastrukture na performanse i efikasnost, i proučavanje trenda promene efikasnosti tokom vremena. Takođe, DEA se može primeniti za analizu različitih upravljačkih i operativnih strategija i njihovih efekata na železnički sistem.

Zbog karakteristika i velikog broja raznorodnih ulaza (broj zaposlenih, dužina mreže, broj trasa, broj raspoloživih voznih sredstava) i izlaza (broj vozova, vozni kilometri, tonski kilometri) na osnovu kojih se meri efikasnost, ova metoda je pogodna za proračun tehničke efikasnosti železničkog sistema. Pored toga u analizu efikasnosti je moguće uključiti ekonomske faktore koji su bitna stavka uspešnog poslovanja upravljača infrastrukture i prevoznika, pa se može koristiti i za određivanje ukupne efikasnosti, ali do sada je jako malo korišćeno. Razlog za to je što podaci o operativnim troškovima, prihodima i cenama na železnici nisu detaljno praćeni a i u većini slučajeva nisu javni (Holvad, 2020).

Može se zaključiti da zbog svojih specifičnosti DEA metoda je našla primenu na železnici u svim oblastima. Jedino otežavajuće za primenu ove metode je, pored poznavanja metode, i dobro poznavanje železničkog sistema da bi se jasno definisali ulazi i izlazi kojima će se analizirati /meriti postavljeni rezultati/strategije.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U prethodnim poglavljima data je analiza pristupa pojmu efikasnosti u kontekstu železničkog sistema i transporta u pogledu ekonomske teorije, dokumenata EU i DEA metodi za proračun efikasnosti. U strateškim dokumentima EU o razvoju transporta efikasnost predstavlja cilj koji treba ostvariti primenom savremenih trendova i tehnologija. Posmatra se uticaj železnice na efikasnost celokupnog transportnog sistema i mogućnost saradnje između različitih vidova transporta (multimodalnost) u fukciji ostvarenja efikasnijeg transporta i povećanog učešća železnice na transportnom tržištu kao energetski efikasnijeg vida kopnenog transporta. Istovremeno, povećanje efikasnosti železnice je sredstvo za povećanje učešća železnice u ukupnom kopnenom transportu.

Kada se posmatra legislativa, odnosno sistemske direktive za železnicu, pristup koji ima EU prema efikasnosti se zasniva na smernicama koje će doprineti povećanju efikasnosti pojedinih celina železničkog sistema sa ciljem stvaranja jedinstvenog železničkog tržišta i povećanja konkurentnosti na železničkom tržištu. Pri tome EU ide i dublje i razlikuje i efikasnost u različitim oblastima kao što su železničko tržište, upravljač infrastrukture, železnički prevoznik i železnička mreža.

DEA metoda meri relativnu efikasnost, odnosno prikazuje koliko je posmatrana jedinica efikasna ili nije u odnosu na druge jedinice uključene u analizu. Zbog svoje suštine, da meri relativnu efikasnost, DEA metode je prikladna za upoređivanje efikasnosti konkurentnih prevoznika na železničkom tržištu, ocenu efikasnosti poslovanja upravljača infrastrukture, ocenu koliko su neke promene uticale na odnos izmedju upravljača infrastrukture i prevoznika odnosno efikasnost kroz vreme, itd.

Da li DEA može da se primeni za ocenu efikasnosti na železnici u svim oblastima u kojima se predviđa prema direktivama EU i transportnim strategija? Odgovor je da. Najuspešnije se do sada koristila za ocenu i benčmarking efikasnosti prevoznika, upravljača infrastrukture i železničkog sektora a sve više se koristi za ocenu veze između regulatornih reformi i efikasnosti železničkog sektora.

5. LITERATURA

Baban, Lj. (1991). Merenje efikasnosti privređivanja, preduvjet za njeno povećanje. Ekonomski vjesnik. 1(4), 15-23

COM (2011) 144 final, "White Paper – Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system".

COM (2020) 789 final, "White Paper – Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future".

Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 establishing a single European railway area. Preuzeto sa http://data.europa.eu/eli/dir/2012/34/oj

Holvud, T. (2020). Efficiency analyses for the railway sector: An overview of key issues. Research in Transportation Economics, Volume 82, article 100877, 2020.

Investopedia. Economic Efficiency. Preuzeto 30, jula 2021, sa https://www.investopedia.com/terms/e/economic_efficiency.asp

Mahmoudi, R., Emrouznejad, A., Shetab-Boushehri, S-N., Hejazi, SR. (2019). The origins, development and future directions of Data Envelopment Analysis approach in transportation systems. Socio-Economic Planning Sciences, doi: https://doi.org/10.1016/j.seps.2018.11.009.

Menkju, N. G. (2006). Principi ekonomije. Beograd: Centar za izdavačku delatnost Ekonomski fakultet u Beogradu.

Paunović, B. (2007). Ekonomika preduzeća. Beograd: Centar za izdavačku delatnost Ekonomski fakultet u Beogradu.

Paunović, B. (2013). Ekonomika preduzeća: preduzeće, okruženje i ulaganja. Beograd: Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta u Beogradu.

Productivity Commission. (2013). On efficiency and effectiveness: some definitions, Staff Research Note, Canberra. Preuzeto 30.jula 2021, sa https://www.pc.gov.au/research/supporting/efficiency-effectiveness/efficiency-effectiveness.pdf

Radoičić, J. (2014). Ekonomska efikasnost. Preuzeto 30. jula 2021, sa https://www.scribd.com/doc/250556502/Ekonomska-efikasnost

Savić, S. (2016). Merenje performansi poslovnih sistema. Preuzeto 30. jula 2021, sa http://pa.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2016/02/Merenje-perofrmansi-i-DEA-Osnove.pdf

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

TRENDS IN THE RAILWAY TRANSPORT OF GOODS BY CONTINENTS

TRENDOVI U TRANSPORTU ROBE ŽELEZNICOM PO KONTINENTIMANA

Ivana Matović[a], Branislav Bošković[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, imatovic121@gmail.com, b.boskovic@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *The main topic of this paper is overview trends in railway transport of goods in a long period by continents and what characteristics these trends have. Does these trends have the same or similar shape and if so, have these trends shifted in time and how much? The answer on this question is the subject of research in this paper. The trends in the transport of goods by rail across continents and comparative analysis are performed as well. Whether based on this shape can be predicted future trends by regions and countries which are late in development and reforms of railwasy is a matter of discussion in this paper.*

Key words: *transport of goods, trend, railway, time series*

Apstrakt: *Posmatrajući u dužem vremenskom periodu, trendovi u transportu robe železnicom na različitim kontinentima imaju neki od oblika zakonitosti. Da li te zakonitosti imaju isti ili sličan oblik i ako imaju da li je on vremenski pomeren i koliko je pomeren predmet je istraživanja ovog rada. U radu su predstavljeni trendovi transporta robe železnicom po kontinentima, izvršena komparativna analiza i data diskusija u odgovoru na pitanje da li se na osnovu ovih zakonitosti mogu predvideti trendovi za pojedine regione ili države koje vremenski kasne u razvoju i reformama železnica.*

Ključne riječi: *transport robe, trend, železnica, vremenska serija*

1. UVOD

Svaka država nastoji da u meri u kojoj joj dozvoljavaju (trenutne) mogućnosti optimizuje svoj transportni sistem u odnosu na zahteve njenih građana i privrede, kao i u odnosu na zahteve njenog okruženja. Optimizacija jednog transportnog sistema se može posmatrati iz više uglova. U ovom radu se misli prvenstveno na učešće svakog od vida transporta shodno njihovim osnovnim karakteristikama uzimajući u obzir prirodno okruženje i njegove zahteve. Koliki će biti udeo železnice na transportnom tržištu jedne zemlje zavisi od velikog broj faktora: potražnje za transportom, alokaciji proizvođačkih i potrošačkih centara, konkurentnosti železničkih usluga i konkurenciji na transportnom tržištu, kvaliteta železničke usluge i dr. Na neke od ovih faktora železnica može da utiče (konkurentnost i kvalitet usluge) dok na druge ne može.

Gotovo sve železnice sveta se već više decenija nalaze u sistemskoj krizi koja je svoj vrhunac doživela osamdesetih godina prošlog veka. Železničke kompanije, kao i njeni vlasnici, godinama su odbijali da prihvate činjenicu da se svet oko njih menjao, tj. da se promenila struktura privrede i društva, da je glavni konkrent - drumski transport imao eksplozivan razvoj, kao i da je došlo do promene zahteva za transportom. Sve ovo je doprinelo značajnom smanjenju učešća železnice na tržištu transportnih usluga. Pri tome je i sama železnica prolazila kroz različite reforme i faze razvoja. Kako se to odražavalo na železnicu i koliko je bilo uspešno najbolji pokazatelj i meru rečenog predstavljaju trendovi u transportu robe železnicom i njenog učešća na transportnom tržištu. Može se reći da trendovi u transportu robe železnicom pored toga što oslikavaju sam razvoj železnice istovremeno oslikavaju i razvoj okruženja u kome se ona nalazi.

Cilj rada je da se predstave i analiziraju trendovi u transportu robe železnicom po kontinentima kao i da se istovremeno prikaže trend njenog učešća na transportnom tržištu sa posebnim fokusom na evropske železnice. Zbog obimnosti podataka pojedini kontinenti su zastupljeni sa onim državama i njihovim železnicama koje najbolje ilustruju razvoj železnica na konkretnom kontinentu. Prema ovom kriterijumu izabrane su železnice SAD (kao reprezent severnoameričkog kontinenta), železnice Kine (kao reprezent azijskog kontinenta), železnice Rusije kao praktično jedine železnice koje se prostiru na dva kontinenta, železnice Australije, kao i

železnice Evropske unije. EU je data kao jedna celina s obzirom na jednistvenost tržišta koje prati i jedinstveno transportno i železničko tržište. Nisu obrađene južnoameričke železnice i afričke železnice zbog specifičnosti razvoja i manje povezanosti sa razvojem evropskih železnica. U tabeli 1 su date osnovne karakteristike posmatranih država.

Tabela 1. Uporedan prikaz nekih od parametara za posmatrane države[*]

	EU-28	SAD	KINA	RUSIJA	AUSTRALIJA
Površina (*1.000 km*^{2})	4.381	9.834	9.597	17.130	7.692
Broj stanovnika (*milion*)	512	327	1.395	147	25
BDP po glavi stanovnika (*1.000 USD*)	34,5	63,0	9,7	11,3	57,4
Dužina železničke mreže (*1.000 km*)	217,2	220,0	131,7	87,0	34,5
Ostvareni TKM železnicom (*milijarda*)	423,3	2.783,7	2.882,1	2.598,0	441,6
Udeo železnice na transportnom tržištu (*%*)	19%	41%	20%	89%	57%

* podaci se odnose na 2018. godinu

Rad je stuktuiran u dva dela. U prvom delu predstavljeni su trendovi kretanja transporta robe železnicom za izabrane zemlje, kao i oblik zakonitosti. U drugom delu rada prikazani su trendovi učešća železnice na tržištu transportnih usluga. U okviru drugog dela dati su i trendovi železnica EU u poređenju sa trendovima železnica SAD, Kine, Rusije i Australije.

2. TRENDOVI U TRANSPORTU ROBE ŽELEZNICOM

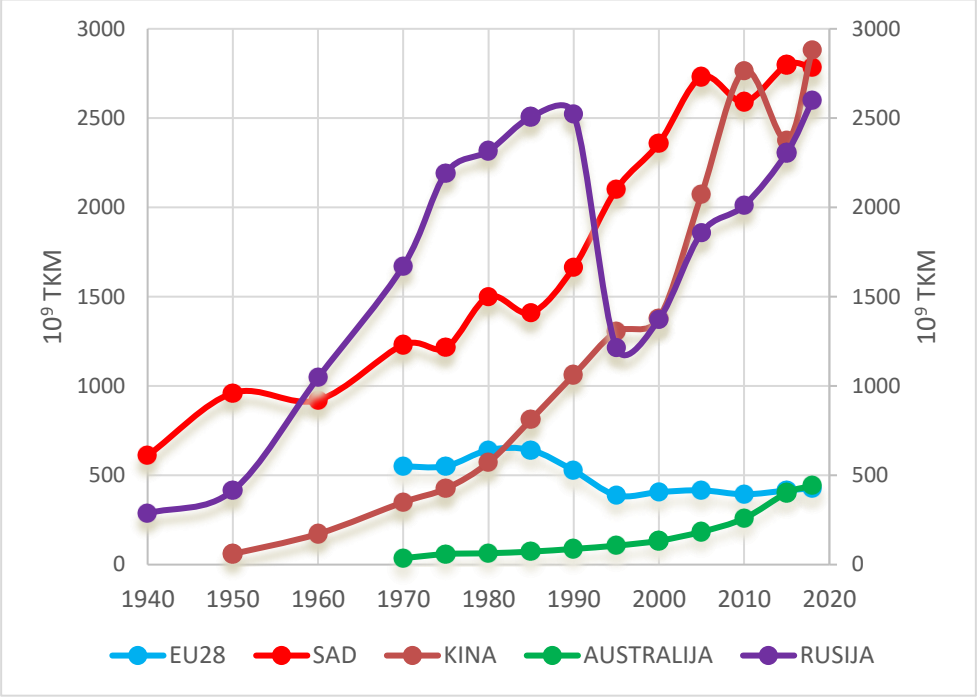
2.1. Ključni elementi istorijskog razvoja železnica u funkciji analize trendova

U svakom sistemu mogu se uočiti određene relacije. Da bi bile pravilno protumačene neophodno ih je sagledati kroz istorijski kontekst razvoja sistema koji je doveo do takvih relacija. To važi i za železnicu kao sistem koje traje već dve stotine godina. Bez obzira na vreme nastanka po državama sve železnice su u svom razvoju prošle određene faze. Generalno posmatrano, može se reći da su sve železnice krenule od faze u kojoj su imale monopolsku poziciju na kopnenom tržištu transportnih usluga do današnje faze koja se može definisati kao funkcionisanje "dvostrukog tržišta": transportnog tržišta i železničkog tržišta posebno. Ovo uređenje transportnog u celini i železničkog sektora posebno karakteriše gotovo sve države sveta danas.

Početni deo razvoja železnice karakteriše slaba konkurencija i struktura privrede u kojoj je bila dominantna teška industrija sa jakim tokovima koje je kapacitetima mogla da opsluži samo železnica. Sa promenom strukture privrede, a naročito sa njenom disperzijom, pred transportnim uslugama su se postavili drugi zahtevi. Osim toga, sa jačanjem sektora male privrede i usluga došlo je do porasta broja finalnih proizvoda i do porasta vrednosti pošiljaka. To je proizvelo veće zahteve za kvalitetom transportne usluge u odnosu na rasute robe ili proizvode metalurgije koji su do tada imali dominantno učešće u transportnim zahtevima. Istovremeno je došlo do smanjenja veličine pošiljke, povećanja frekvencije dostave, porasta broja relacija izvornih i ciljnih tačaka transporta. Karakteristike železnice kao vida transporta nisu odgovarale spomenutim trendovima ne ulazeći dodatno u unutrašnje slabosti železničkog sektora (Bošković, 2020). U kombinaciji sa istovremenom ekspanzijom drumskog transporta, bila je neizbežna faza sistemske krize na železnici kao i pad učešća na transportnom tržištu. Tako su države, koje su u međuvremenu postale i vlasnici železničkih kompanija, jedna za drugom ulazile u proces reformisanja železničkog sektora. Iako se modeli reformisanja razlikuju po državama, u suštini su sve reforme bile bazirane na tržišnom uređenju železničkog sektora i uvođenju konkurencije na železničku mrežu.

2.2. Trendovi obima transporta

Prolazak železnica kroz različite faze i reforme imao je odraz i na trendove u transportu robe. I to pre svega na fizički obim prevoza robe (prevezene tone robe i ostvareni tonski kilometri), na vrstu robe koja se pojavljuje u samom procesu prevoza, kao i na učešće železnice na transportnom tržištu. Na slici 1 dat je uporedan prikaz trendova u transportu robe železnicom za izabrane kontinente, odnosno za izabrane države kao reprezente, za vremenski period od 1940. do 2018. godine. Sa slike se jasno uočava da su SAD, Kina i Rusija, zemlje sa najvećim ostvarenim obimima transporta robe železnicom na svetu.

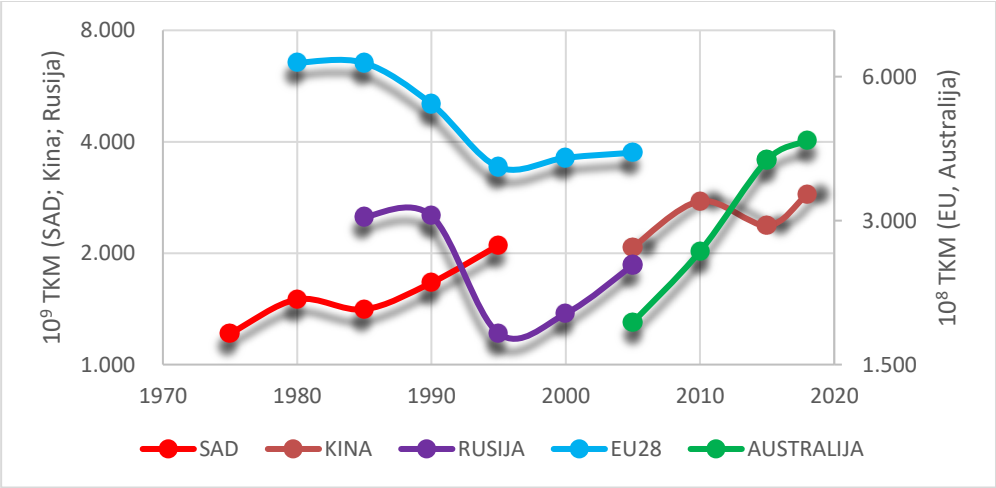


Izvori podataka: (EUROSTAT, 2020); (BTS, 2018); (NBS, 2018); (ROSSTAT, 2018); (BITRE, 2020)

Slika 1. Trendovi u transportu robe železnicom u izabranim zemljama od 1940. do 2018. godine

2.3. Zakonitosti u trendovima transporta robe železnicom

Posmatrajući u dužem vremenskom periodu, trendovi u transportu robe železnicom na različitim kontinentima, regijama ili po državama imaju neki oblik zakonitosti iako je svaki kontinent, regija ili država slučaj za sebe. Na slici 1 može se zapaziti postojanje određenog "obrasca" kretanja transporta robe železnicom. Ovaj obrazac karakteriše prvo uspon, zatim pad pa ponovni uspon ukupnog obima prevoza izraženog u tonskim kilometrima za sve države osim za evropski kontinent. Ovaj oblik zakonitosti trendova u transportu robe železnicom za izabrane zemlje (EU, SAD, Kina, Rusija, Australija) dat je na slici 2. Kako je svaka država/kontinent u analizi imala određene specifičnosti koje su uticale na tok njihovog razvoja (istorijskog, ekonomskog i privrednog) tako su veličine uspona, kao i padova, međusobno različite i vremenski pomerene. To predstavlja posledicu razvoja društava koja imaju zajedničke imenitelje bez obzira na geografske prostore i vremenske pomerenosti u razvoju.



Izvori podataka: (EUROSTAT, 2020); (BTS, 2018); (NBS, 2018); (ROSSTAT, 2018); (BITRE, 2020)

Slika 2. Oblik zakonitosti trendova obima transporta robe železnicom za izabrane države i kontinente

Železnica kao sistem nije izolovana od okruženja (društvo, politika, tehnološki razvoj, privreda). Zapravo, okruženje je to koje diktira faze u razvoju i tempo razvoja železnice. Železnica u najvećoj meri zavisi od obima i

strukture privrede jedne zemlje. Trendovi u transportu odslikavaju opšte stanje u privredi i privrednom razvoju jedne države pa i kontinenata.

Trend promene strukture privrede je išao od zapada ka istoku, odnosno odražavao se u stalnom potiskivanju bazične industrije ka istoku i disperziju industrijske proizvodnje na zapadu. Ovo se jasno vidi na slici 2, tj. EU i SAD su prve imale pad obima železničkog transporta robe usled izmenjene strukture privrede. Do promene strukture privrede u EU, kao i SAD, je došlo već 60-ih godina prošlog veka. Osim privrede, na fizički obim železničkog prevoza utiču i ukupne ekonomske performanse jedne zemlje što se jasno vidi na primeru Rusije i Kine. Železnički transport u Rusiji je bio u usponu sve do 1990. godine (do raspada SSSR – Saveza Sovjetskih Socijalističkih Republika) zahvaljujući planskoj ekonomiji u kojoj je dominirala industrijska proizvodnja za čiji je transport bila najpogodnija železnica. Privredni slom država nastalih raspadom SSSR uzrokovao je propadanje velikog broja državnih preduzeća koja su gotovo isključivo bila usmerena na železnicu kao prevoznika. Ovo objašnjava pad obima prevoza železnicom u Rusiji koji je bio dramatično veći nego na drugim železnicama.

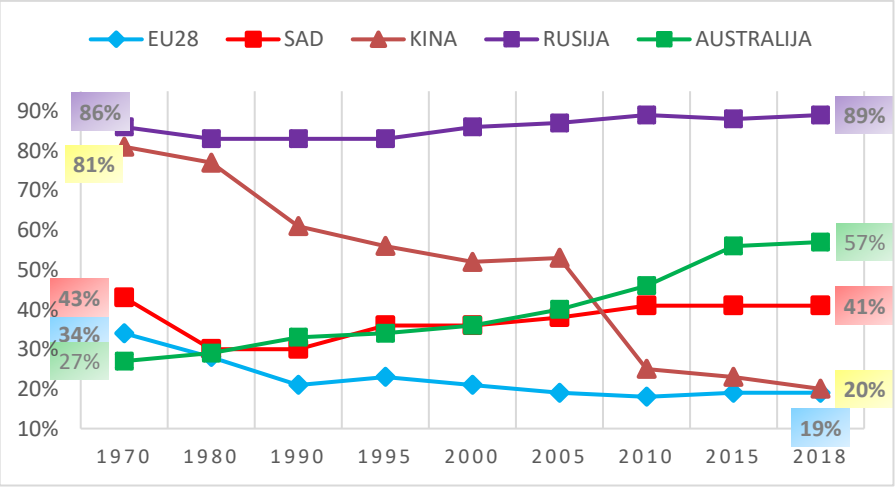
U Kini brz rast ekonomije traje već 30 poslednjih godina. Izuzetak je period od 2012. do 2015. godine kada je stopa rasta BDP-a bila niža, što se odrazilo i na obim železničkog prevoza i objašnjava njegov pad (YanHong i dr., 2018). Sa druge strane, železnice Australije se još uvek nalaze u usponu (rast fizičkog obima prevoza kao i rast učešća na transportnom tržištu). Australija je poznata kao zemlja izvoza sirovina, pre svega uglja i ruda gvožđa, za čiji je prevoz najpogodnija železnica. Praktično snažna pozicija železnice na transportnom tržištu Australije zasnovana je na prevozu uglja i ruda gvožđa od rudnika do luka za izvoz. Prevoz ove dve vrste robe čini preko 80% ostvarenih tonskih kilometara železnicom (BITRE, 2015).

Železnice SAD su u krizu upale 80-ih godina, železnice EU i Rusije deset godina kasnije, kineske železnice posle 2010. godine dok se železnice Australije još uvek nalaze u usponu. Železnice SAD, Rusije i Kine su posle pada fizičkog obima transporta robe, usled izmenjene strukture privrede i opšteg privrednog stanja zemlje, zabeležile rast obima prevoza. Veličina rasta obima železničkog prevoza zavisi od mnogih faktora koji se razlikuju od zemlje do zemlje. Danas, svaka od spomenutih železnica, kada je u pitanju obim železničkog prevoza, ima veći obim rada od onog pre krize za razliku od železnica EU. Ono što je karakteristično za železnice EU jeste stagnacija fizičkog obima transporta robe železnicom, koji je danas gotovo na istom nivou kao za vreme 90-ih godina prošlog veka.

3. TRENDOVI UČEŠĆA ŽELEZNICA NA TRANSPORTNOM TRŽIŠTU

U kontekstu sagledavanja trenda učešća železnice na transportnom tržištu, relevantno je sagledavanje učešća železnice na kopnenom transportnom tržištu, odnosno poređenje sa drumskim i rečnim transportom tj. sa direktnim konkurentima isključujući iz analize pomorski i cevni transport. Stoga je na slici 3 dat uporedan trend učešća železnice na transportnom tržištu za izabrane države (kontinente) u vremenskom periodu od 1970. do 2018. godine. U slučaju Australije, koja nema razvijen rečni saobraćaj tj. prirodne predispozcije za isti, u analizu je uključen obalski transport koji je bio i ostao značajan učesnik unutrašnjeg transporta na ovom kontinentu-državi.

Izvori podataka: (EUROSTAT, 2020); (BTS, 2018); (NBS, 2018); (ROSSTAT, 2018); (BITRE, 2020)



Izvori podataka: (EUROSTAT, 2020); (BTS, 2018); (NBS, 2018); (ROSSTAT, 2018); (BITRE, 2020)

Slika 3. Trend kretanja učešća železnice na transportnom tržištu u izabranim zemljama od 1970. do 2018. godine,

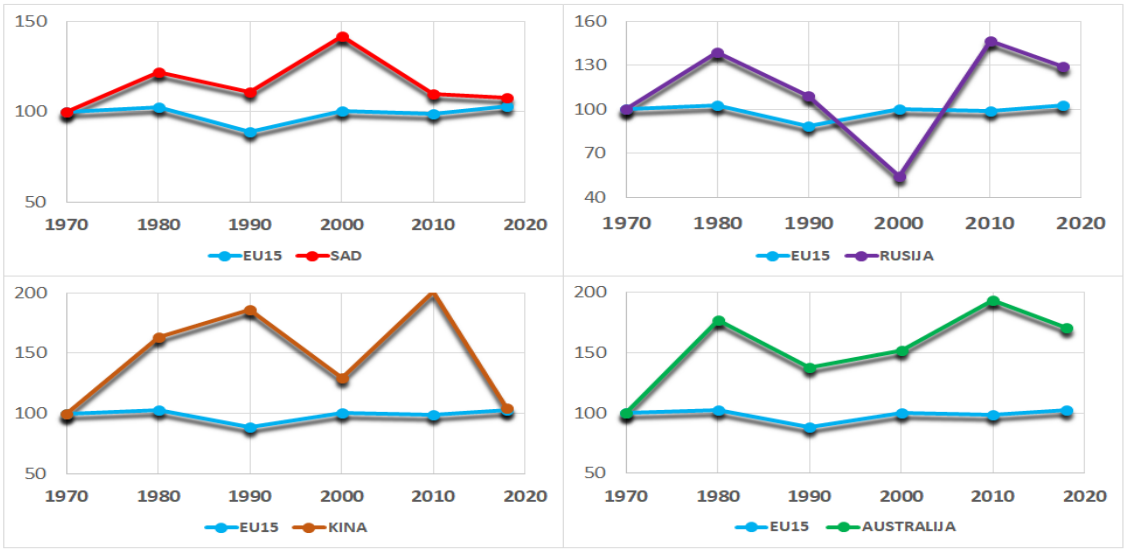
SAD, Kina i Rusija, iako su zemlje sa najvećim ostvarenim obimima transporta robe železnicom na svetu i pozitivnim trendovima u tom smislu, kada je u pitanju učešće železnice na transportnom tržištu imaju obrnut trend. Učešće železnice na transportnom tržištu Rusije je neuporedivo veće u odnosu na učešće svih drugih svetskih železnica. Udeo ruskih železnica na transportnom tržištu nikada nije bio ispod 80% (prema ostvarenim tonskim km). Sa druge strane, učešće železnica SAD na transportnom tržištu je počelo da opada posle Drugog svetskog rata. Izmenjena struktura privrede i konkurencija drumskog transporta su za vreme 80-ih godina prošlog veka doveli američke železnice do istorijski najnižeg učešća železnice na transportnom tržištu. Tada je udeo američkih železnica iznosio oko 30% što je znatno manje nego u periodu do 1960-ih godina, kada je učešće železnice na transportnom tržištu iznosilo oko 60% (BTS, 2018). Danas učešće železnice na transportnom tržištu SAD iznosi oko 40%.

Da železnica u najvećoj meri zavisi od strukture privrede jasno se vidi na primeru učešća kineskih železnica na njihovom nacionalnom transportnom tržištu. Kako je kineska ekonomija sve do 80-ih godina prošlog veka, praktično zavisila samo od teške industrije i poljoprivrede koji su bili većinski korisnici železnice, tako je železnica imala vodeću poziciju na transportnom tržištu (učešće železnice do tada je iznosilo oko 80%). Međutim, sa kineskim ekonomskim reformama koje su otpočete 1978. godine, došlo je do promene strukture privrede, razvoja drumskog transporta i širenja drumske infrastrukture što je drastično promenilo strukturu transportnog tržišta (Fengjun i dr., 2012). Danas udeo železnice na transportnom tržištu Kine iznosi oko 20%. Kod železnica EU, kao i kod železnica Kine primetan je opadajući trend kada je u pitanju učešće železnice na transportnom tržištu. Ali za razliku od kineskih železnica koje beleže rast fizičkog obima prevoza (prosečna stopa rasta u poslednjih deset godina iznosi oko 2% gledano u tonskim km, odnosno 2,5% kada se radi o prevezenim tonama robe) železnice EU karakteriše stagnacija fizičkog obima transporta robe. Udeo železnice na transportnom tržištu EU danas iznosi oko 19%.

Železnice Australije karakteriše stalni rast kako učešća na transportnom tržištu tako i fizičkog obima prevoza. Australija, kao i Rusija, je zemlja sa izuzetno velikim prostranstvom i rudnim bogatstvom što predstavlja pravi ambijent za železnicu i objašnjava veliko učešće železnice na transportnom tržištu. Danas udeo železnice na transportnom tržištu Australije iznosi oko 57%. U periodu od 1970. do 2018. godine, prosečna stopa rasta kada su u pitanju ostvareni tonski km na australijskim železnicama iznosi oko 29%. Dok za isti vremenski period, železnice EU-15 beleže prosečnu stopu pada za oko 1,4%.

3.1. Trendovi u transportu robe železnicom u EU

U poređenju sa železnicama drugih zemalja (SAD, Kina, Rusija, Australija), železnice EU imaju obrnute trendove i kretenja kada je u pitanju železnički transport. Na slici 4 dato je kretanje transporta robe železnicom u EU-15 u poređenju sa železnicama SAD, Rusije, Australije i Kine. Sa slike se jasno uočava stagnacija fizičkog obima železničkog prevoza u EU za razliku od železnica drugih zemalja. Stope rasta (pada) obima železničkog prevoza u SAD, Rusiji, Australiji i Kini su daleko veće nego one zabeležene u EU. Obim železničkog prevoza (tonski km) u EU-15 je u periodu od 1970. do 2018. godine opao za 7,4% (EUROSTAT, 2020), dok je sa druge strane u Rusiji, SAD, Kini i Australiji porastao za 1,5 (ROSSTAT, 2018), 2,3 (BTS, 2018); 8 (NBS, 2018) i 12 (BITRE, 2020) puta, respektivno.



Slika 4. Kretanje stope rasta/pada obima transporta robe železnice u EU-15 u poređenju sa železnicama SAD, Rusije, Australije i Kine od 1970. do 2018. godine (1970. godina predstavlja nultu godinu – indeks 100)

Specifičnost tržišta EU, za razliku od tržišta u SAD i Aziji, jeste koncentracija tokova robe u velikim lukama (Roterdam, Hamburg, Antverpen i dr.) gde se pored pretovara obavljaja i niz pratećih usluga dodatne vrednosti. Pomorskim transportom je obavljeno 70,1% ukupne mase i 46,7% ukupne vrednosti uvoza i izvoza EU u 2018. godini. Dok je železničkim transportom, iste godine, obavljeno 4% ukupne mase i 1,6% ukupne vrednosti uvoza i izvoza EU, ovaj procenat kada je u pitanju drumski transport iznosi 2,9% ukupne mase i 20,4% ukupne vrednosti uvoza i izvoza (EUROSTAT, 2020).

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Obimi rada kao i veličina učešća železnice na transportnom tržištu, za izabrane zemlje (tj. reprezente kontinenata) se međusobno razlikuju. Železnice SAD, Kine, Rusije i Australije, za razliku od železnica EU, beleže pozitivne trendove kada je u pitanju transport robe. Danas, učešće železnice u SAD iznosi oko 40%, u Rusiji gotovo 90%, u Australiji približno 60%, u Kini 20%, a u EU 19%. Ono što je zajedničko za njihove trendove jeste postojanje istih oblika trendova koji u posmatranom periodu 1970-2018 imaju uvek ciklus rast-pad-rast sa različitim vrednostima. To se jedino ne odnosi na evropski kontinent koji ima neprestani pad u istom periodu.

Različiti procenti učešća železnice na transportnom tržištu u najvećoj meri su odraz veličine države (površina, broj stanovnika), njenih fizičko-geografskih karakteristika, prirodnih bogatstava i s tim u vezi strukture privrede. U državama koje imaju veliku površinu i u kojima su velika rastojanja između lokacija izvorišta i ciljnih odredišta robe, železnica ima konkurentske prednosti u odnosu na drumski transport, što za posledicu ima i njeno veće učešće na transportnom tržištu. U EU i državama Evropske unije rastojanja na kojima se obavlja prevoz robe su kraća nego u SAD, Kini ili Rusiji, što, s obzirom na karakteristike vidova transporta više pogoduje drumskom transportu.

Kada ne govorimo o EU kao celini postoje značajne razlike u učešću železnica na transportnom tržištu po pojedinim državama Evropske unije. U zemljama poput Litvanije i Letonije učešće železnice je izrazito visoko 75%, odnosno 68% (2018. god). Sa druge strane učešće železnice na transportnom tržištu Španije, Grčke i Irske je ispod 5% za 2018. godinu (EUROSTAT, 2020). Ovakve razllike su posledica velikog broja faktora, gde pored već spomenutih osnovnih od uticaja su i dodatni faktori kao što su veličina mreže (države) sa dužinama rastojanja na kojima se prevoz obavlja, obima privrednih aktivnosti i BDP, transportne politike i načina upravljanja železničkom infrastrukturom i dr.

5. LITERATURA

BITRE (2020). Australian Infrastructure Statistics Yearbook, Canberra: Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics.

BITRE (2015). Trainline 3 Statistical Report. Canberra: Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics and Australasian Railway Association.

Bošković B. (2020). Regulatorni sistem železničkog transporta. Beograd: Saobraćajni fakultet, 70-74.

BTS (2018). Bureau of Transportation Statistics U.S. Department of Transportation, U.S. Ton-Miles of Freight. Washington.

Eurostat (2020). Statistical Pocketbook - EU Transport in figures 2020. Brussels.

Fengjun J, Jinxue D, Jiao'e W, Dong L, Chengjin W. (2012). Transportation development transition in China. Chinese Geographical Science.

NBS (2018). National Bureau of Statistics of China, China Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press.

ROSSTAT (2018). National Bureau of Statistics of Russia, Russia Statistics Press. Moscow.

Yan Hong L, Xian Guang W, Dong Y. (2018). The Characteristics and Trends of the development of Chinese Freight Transport at the Background of New Normal. MEEAH.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

NEW APPROACH TO RAILWAY VEHICLE MAINTENANCE MANAGEMENT

NOVI PRISTUP UPRAVLJANJU ODRŽAVANJEM ŽELJEZNIČKIH VOZILA

Nermin Čabrić[a], Nedžad Branković[b], Ratko Đuričić[c]

[a] *Regulatory Board of Railways of BIH, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, cabric.nermin@gmail.com*

[b] *PIN.B C&I CONSULTING&INVESTMENT, Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina, nedzad.brankovic@pin-b.ba*

[c] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, ratkomdjuricic@gmail.com*

Abstract: *The maintenance of rail vehicles is an important part of the railway safety system. A new concept in the maintenance system is the introduction of the term "Safety Critical Components", which is built into the IV railway package.* ***The objectives*** *are to show that the introduction of the ECM clearly defines and more efficiently manages and controls the maintenance system of railway vehicles. The establishment of harmonized maintenance rules encourage competition in the market and in international freight transport.* ***The approach*** *used in writing this work is the experiences and analyzes conducted by the EU Railway Agency and UIC - International Union of Railways after the introduction of the obligation that no one may put into use or use a railway vehicle on the railway, unless it is assigned an ECM and if the body in charge of maintenance as such is recorded in the NVR.* ***The result*** *of the application of the ECM certificate through the system of the register of safety-critical elements helps railway companies and infrastructure managers to more easily operationally manage mobile capacities.* ***The significance*** *of the work is that it shows the role and responsibilities of all participants in railway transport in the maintenance system as a new approach managed by the maintenance of railway vehicles. The method of application of FMECA methods and fault tree in risk management arising from safety critical railway vehicle components are presented.*

Key words: *ECM, Safety Critical Components, FMECA, Tree of error or malfunction...*

Sažetak: *Održavanje šinskih vozila važan je dio željezničkog sigurnosnog sistema. Novi koncept u sistemu održavanja je uvođenje pojma „Komponente kritične za bezbjednost" a što je ugrađeno u IV železnički paket.* ***Cilj*** *je pokazati da uvođenjem ECM-a jasno se definiše i efikasnije se upravlja i kontroliše sistem održavanja železničkih vozila. Uspostavljanje usklađenih pravila održavanja postiče konkurenciju na tržištu i u međunarodnom teretnom saobraćaju.* ***Pristup*** *koji je korišten prilikom pisanja rada su iskustva i analize koje je sprovela EU Agencja za željeznice i UIC - International union of railways nakon uvođenja obaveze da niko ne smije staviti u upotrebu ili koristiti železničko vozilo na železničkoj pruzi, osim ako mu nije dodijeljen ECM i da je tijelo zaduženo za održavanje kao takvo evidentirano u NVR-u.* ***Rezultat*** *primjene ECM sertifikata kroz sistem registra elemenata kritičnih za bezbjednost pomaže železničkim preduzećima i upraviteljima infrastrukture da lakše operativno upravljaju mobilnim kapacitetima.* ***Značaj rada*** *je u tome što pokazuje ulogu i odgovornosti svih učesnika u železničkom prevozu u sistemu održavanja kao novi pristup upravljanu održavanjem železničkih vozila. Dat je prikaz načina primjene metoda FMECA i stabla kvara u upravljanju rizikom koji proizilazi od komponenti železničkih vozila kritičnih za bezbjednost.*

Ključne riječi: *ECM, komponente kritične za bezbjednost, FMECA, stablo greške ili kvara...*

1. UVOD

Održavanje ima namjenu da se željezničkim vozilima ponovo da značajan tehnički potencijal koji im omogućava da saobraćaju bez većeg održavanja do sljedećeg servisa. Da li da se radi o režimu održavanja na osnovu pređenih kilometara ili na osnovu vremenskih intervala veoma bitnu ulogu u praćenju izvršenja opravke ima tijelo zaduženo za održavanje (ECM - Entity in Charge of Maintenance).ECM igra veoma značajnu ulogu u oblasti bezbjednosti željezničkog sistema prateći kroz sistem održavanja da su vozila za koje je on nadležan bezbjedna za saobraćaj. Niko nemože staviti u upotrebu ili koristiti željeznička vozila na željezničkoj mreži a da im se nije dodjelio ECM i da to tijelo zaduženo za održavanje kao takvo nije registrovano u nacionalnom registru vozila (NVR - National Vehicle Register). Uzmimo na primjer željezničku kompaniju koja ima svoju vuču a iznajmljuje putnička kola, prije nego što započne pružanje usluge prevoza, mora se uvjeriti da za ta željeznička vozila postoji ECM registrovan u NVR-u. Svaki ECM mora osigurati, zahvaljujući sistemu održavanja, da vozilo za koje je on odgovoran može bezbjedno saobraćati na željezničkoj mreži. Sistem održavanja je održavanje vozila u skladu sa: dosjeom o održavanju vozila; primjenjivim pravilima održavanja; primjenjivim specifikacijama tehničke interoperabilnosti.

Osnovni motiv da se napiše ovaj rad je postojeća potreba jačanja međusobne informisanosti svih učesnika u pružanju usluge željezničkog transporta (željezničko preduzeće, upravitelj infrastrukture, radionica, konstruktor/proizvođač vagona, NSA - National Safety Authority, imalac, korisnik transportne usluge...) a koji su ujedno direktno i indirektno uključeni u sistem održavanja željezničkih vozila. Rad doprinosi, bez umanjenja značaja standardizovanog načina održavanja željezničkih vozila, transparentnom pristupu uslugama održavanja kao i mogućnosti boljeg operativnog upravljanja kolima.

2. POVEZANI RADOVI

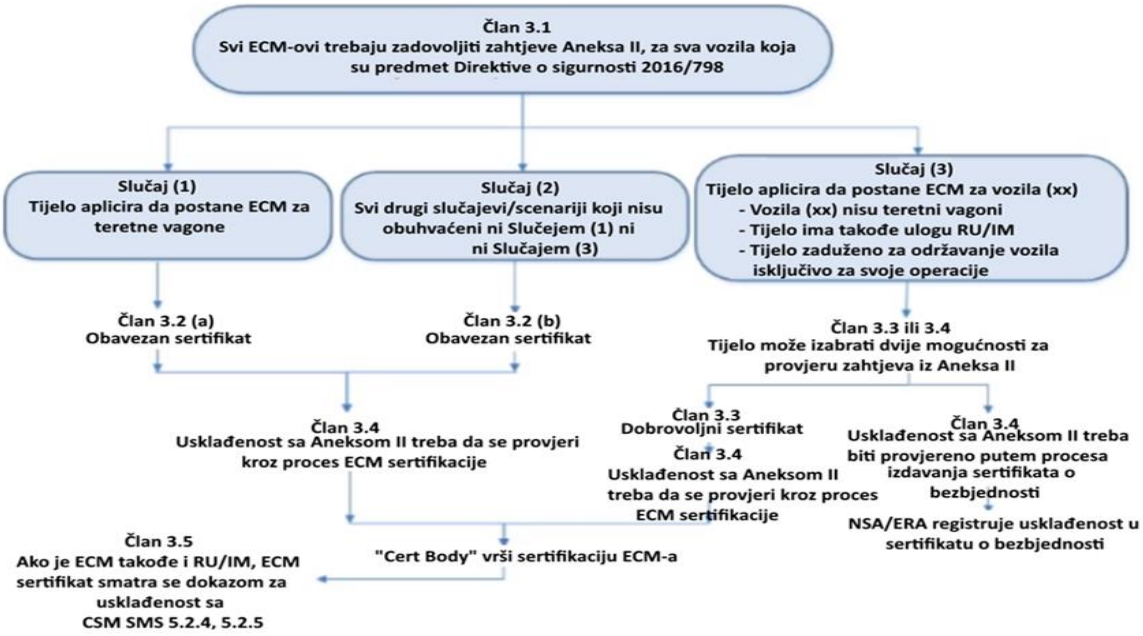
U ovom radu korišteni su rezultate analiza koje su rađene od strane Agencije za željeznice EU (ERA - European Railway Agency) na osnovu preliminarnog izvještaja, rezultata razgovora i diskusija vođenih sa nacionalnim tijelima za bezbjednost. Opseg izvještaja uključuje razmatranja i prijedloge koji se odnose na: definisanje bezbjedonosno kritičnih komponenti na osnovu efekta pojedinačnog kvara („približavanje opasnosti“); principi održavanja koji se odnose na ulozi konstruktora/proizvođača;izvodljivost posebne sertifikacije; zajednička EU lista „komponenti kritičnih za bezbjednost“; sljedivost i označavanje „komponenti kritičnih za bezbjednost“. Što se tiče mobilnih željezničkih sredstava održavanje postavlja bezbjedno funkcionisanje željezničkog sistema kao svoj primarni cilj. Ukratko, održavanje mora osigurati potrebnu pouzdanost, raspoloživost i efikasnost željezničkog sistema. Produženje vijeka trajanja mobilnih sredstava ostvarit će se njegovim čuvanjem u dobrom stanju putem sistema održavanja. U svom radu No-Geon Jung i dr., 2017. analizirani su pokazatelji pouzdanosti željezničkih vozila preko indeksa pouzdanosti za Koreju sa jedne strane i Italiju i Grčku sa druge strane. Što se tiče indeksa pouzdanosti, korejska operativna agencija primjenjuje koncept izmjenjivog elementa voza da ne smije biti manji od 40000 [voznih-km] ili poznatije kao nivo MKBSF-Mean Kilometer Between Service Failurea. Italija i Grčka primjenjuju pokazatelj pouzdanosti koji definiše ukupnu radnu kilometraža koju je dostigla ukupna populacija identičnih elemenata podijeljena s brojem značajnih događaja kvara koji su se dogodili u ovoj populaciji ili kao nivo MDBCF - Mean Distance Between Component Failures i nivo MDBF - Mean Distance Between Failuresconcept gdje pređena kilometraža izmjenjivog elementa voza ne smije biti manja od 160000 [voznih-km]. Nakon detaljnog pregleda dostupnih metoda (Talebberrouane i dr., 2016) identifikova su dva različita formalizma odnosno dva metodološka načina odnosno postupka za analizu scenarija kvara i dostupnosti sistema: generalizirane stohastičke Petrijeve mreže (GSPN - Generalized Stochastic Petri Nets) i Markovljevi procesi vođeni stablom kvarova (FTDMP - Fault Tree Driven Markov Processes).

Kako je jednom rečeno (Monchy i Vernier, 2010) “održavanje nije cilj nego je to putovanje” tako možemo reći da kroz ECM upravo je akcenat postavljen na sistem upravljanja održavanjem gdje je konačni cilj željezničko vozilo kojemu je produžen vijek eksploatacije i koje je bezbjedno za saobraćaj.

3. ECM - TIJELO ZADUŽENO ZA ODRŽAVANJE

Za svako vozilo prije puštanja u rad ili upotrebu na mreži mora biti dodijeljeno tijelo zaduženo za održavanje (ECM - Entities in Charge of Maintenance) koje se treba upisati u nacionalni registar vozila. Tijelo zaduženo za održavanje (ECM) igra važnu ulogu u bezbjednosti željezničkog sistema vodeći računa da željeznička vozila, za koje je on nadležan, da su bezbjedna za saobraćaj kroz process njihovog održavanja. Evropski sistem sertifikacije ECM-a uspostavljen Uredbom 2019/779 najavljuje: kriterije koji se primjenjuju za

akreditaciju ili za priznavanje tijela za sertifikaciju ECM-a i funkcije održavanja; zahtjeve i kriterije procjene koji se primjenjuju za sertifikaciju ECM-a i sertifikaciju funkcije održavanja; sistem sertifikacije koji postavlja dokaze o odgovornosti i utvrđivanja istorijata izvršenog održavanja na vozilu. Ukupni cilj sertifikacije je da pruži povjerenje svim stranama da ECM putem sistema upravljanja održavanjem garantuje železničkim preduzećima da održavanje vozila obavljaju stručna lica zadužena za održavanje. Vrijednost sertifikacije je u stepenu javnog povjerenja i vjerovanja da je ona obavljena preko nepristrasnog i kompetentnog ocjenjivanja. Kada se radi o teretnim vagonima svako tijelo zaduženo za održavanje mora biti sertifikovano od strane ECM sertifikacionog tijela (Slika 1).



Slika 1. Uredba (EU) 2019/779 i sistem sertifikacije ECM (https://www.era.europa.eu)

3.1. Funkcije sistema održavanja

Sistem održavanja sastoji se od sljedećih funkcija:

a) ***ECM–F1 (funkcija upravljanja)*** koja podrazumjeva nadzor i koordinaciju funkcija održavanja navedenih u tačkama od (b) do (d) i garanciju da su teretna kola koja se koriste u željezničkom sistemu u bezbjednom stanju;
b) ***ECM–F2 (funkcija razvoja održavanja)*** koja služi za upravljanje dokumentacijom vezanom za održavanje, uključujući i upravljanje njenom strukturom, na osnovu projektnih i eksploatacionih podataka, kao i na osnovu radnih karakteristika i iskustva;
c) ***ECM–F3 (funkcija upravljanja održavanjem)*** kolskog parka koja se sastoji od upravljanja povlačenjem teretnih kola radi održavanja i njihovim vraćanjem u eksploataciju nakon obavljenog održavanja;
d) ***ECM–F4 (funkcija izvršenja održavanja)*** koja podrazumjeva obavljanje zahtjevanih radova na tehničkom održavanju teretnih kola ili njihovih dijelova, uključujući izradu dokumentacije za povratak iz radionice.

Sertifikat tijela zaduženog za održavanje prihvata se kao dokaz sposobnosti željezničkog preduzeća da odgovori na zahtjeve Regulative 2019/779 čija je svrha da sistem za izdavanje ovlaštenja osigura okvir za usklađivanje zahtjeva i metoda za ocjenjivanje sposobnosti subjekata nadležnih za održavanje. Zahtjevi i kriteriji ocjenjivanja za organizacije koje podnose zahtjev za ovlaštenje subjekta nadležnog za održavanje ili za ovlaštenje u pogledu funkcija održavanja koje subjekt nadležan za održavanje podugovara s vanjskim izvođačima definisani su u Prilogu II Regulative 2019/779 (identična OTIF pravila u Prilogu II ATMF -Aneks A).

3.2. Puštanje u rad i povratak vozila u eksploataciju

"Puštanje u rad" (RTS-Release to Service) potvrda je ECM-F4 prema ECM-F3, da su svi naloženi radovi na održavanju obavljeni u skladu s dokumentacijom za održavanje. Ova se potvrda može poslati kao informacija dokumentovana na papiru ili informacija poslana definisanim elektronskim informacijonim kanalom.



Slika 2. Kanal veze između ECM-F4 i ECM-F3 (https://www.era.europa.eu, 7.8.2021)

ECM-F3 definiše koji su zapisi o održavanju potrebni za dovršetak zadatka. ECM-F4 izvršava naručene radove, dovršava evidenciju o održavanju i izvještaje o otkrivenim, ali neriješenim nedostacima na vozilu a koji su vezani za bezbjednost. ECM-F4 dostavlja dokument putem dogovorenog kanala u ECM-F3.Izvještaj će uključivati sve informacije vezane za ograničenja zbog aktivnosti održavanja koja utječu na stanje rada vozila, kako bi se željezničkim prijevoznicima omogućilo donošenje odluka o uvođenju operativnih ograničenja za korištenje kako bi se osigurao siguran rad vozila. Kada se to završi, vozilo je spremno za napuštanje radionice i fizički povratak u komercijalni rad, međutim za to ECM-F3 traži „obavijest o povratku u eksploataciju“. Povratak vozila u eksploataciju smatra se osjetljivom temom. To je formalno potvrda ECM -a da je vozilo u sigurnom stanju za rad. Željezničko preduzeće može koristiti vozilo na mreži samo s valjanom obavijesti o povratku vozila iz radionice i njegovom stavljanju u eksploataciju. Formalni pristup bi sugerirao da ECM vozilo prenese na imaoca vozila. Nadalje, vozilo se prenosi sa imaoca na željezničko preduzeće, koje je odgovorno za ispravnu upotrebu vozila.

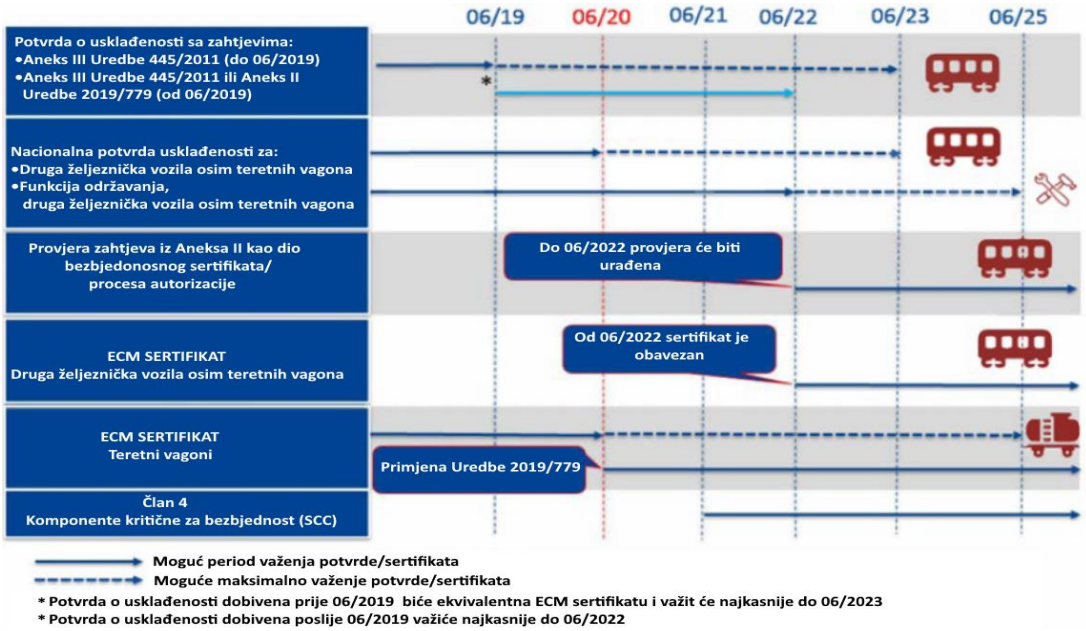


Slika 3. Proces povrata vozila u eksploataciju (https://www.era.europa.eu, 8.8.2021)

ECM-F 3 uspostavlja obavijest o povratku vozila u eksploataciju na osnovu dokumentacije za puštanje u rad iz ECM-F4. Dužnost je provjeriti kompletnost dokumentacije i razjasniti jesu li navedeni sigurnosno relevantni nedostaci koji bi mogli uzrokovati ograničenje za upotrebu vozila.

3.3. Primjena ECM sertifikacije

Cilj ECM sertifikacije je da garantuje željezničkim preduzećima da održavanje vozila obavljaju stručna lica zadužena za održavanje. Direktiva o bezbjednosti željezničkog sistema (Direktiva 2016/798) postavlja obavezu željezničkim preduzećima da kontrolišu rizike vezane za održavanje vozila pomoću sopstvenog sistema upravljanja bezbjednošću (SMS). ECM putem svog sistema upravljanja održavanjem treba da kontrolišu rizike vezane za održavanje vozila. ECM pravila primjenjuju se za države članice Evropske unije kao i na druge države koje nisu članice Evropske unije a potpisnice su COTIF-a.



Slika 4. Period tranzicije primjene Uredbe 2019/779 (https://www.era.europa.eu, 8.8.2021)

Kada železničko preduzeće nije deklarirano kao ECM u NVR-u a želi postati ECM i održavati vozila isključivo za vlastite operacije, ili mora imati ECM certifikat (dobrovoljan) ili će to biti učinjeno putem obavještenja o tome od strane NSA/ERA koja izdaje potvrdu o sigurnosti dio A. Znači da NSA najkasnije 16. 06. 2022. u procesu izdavanja sertifikata o bezbjednosti vrši provjeru da li železnička preduzeća mogu vršiti ulogu ECM za vagone koje oni koriste.ECM sertifikati izdat za teretne vagone prije 16. juna 2020. prema Uredbi 445/2011 važiće maksimalno do juna 2025. godine.

4. KOMPONENTE KRITIČNE ZA BEZBJEDNOST

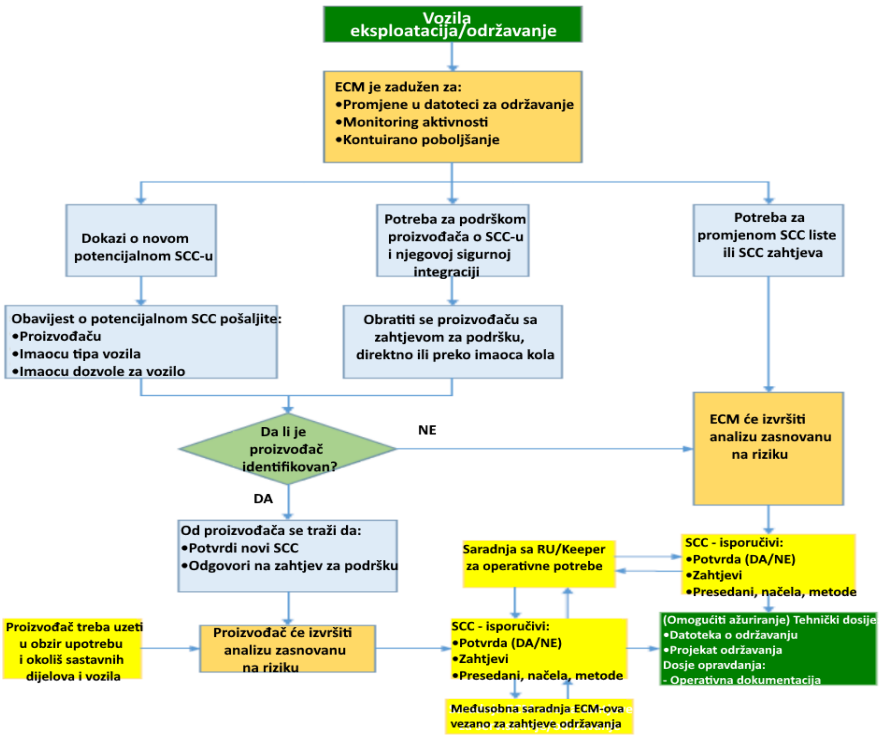
Novi koncept koji se odnosi na „komponente kritične za bezbjednost“ uveden je u novo železničko zakonodavstvo odnosno u IV železnički paket (Direktiva 2016/797 i 2016/798). Ovo je slijedilo nakon rasprava koje su vođene od nesreće u Viareggiu 2009. godine kada je voz sa 14 natovarenih vagon cisterni iskočio iz šina a 32 osobe su smrtno stradale a 27 osoba je teže povređeno. Nakon istrage utvrđeno je da je vjerovatni uzrok iskakanja lom osovine prvog, u kompoziciji, vagona cisterne. Novo zakonodavstvo uvodi novi koncept, ali bez jasnog definisanja, bez ikakve zabune, šta je bezbjedonosna kritična komponenta. Ovaj koncept se koristi u definisanju zahtjeva za ECM sistem održavanja navedenih u Aneksu III Direktive o bezbjednosti (Direktiva 2016/798). Prvi prioritet je predložiti jedinstvenu definiciju za „komponente kritične za bezbjednost“ ili barem postići zajedničko razumijevanje šta je to sigurnosno kritična komponenta.

Komponente kritične za bezbjednost su komponente za koje jedan kvar ima vjerodostojan potencijal da direktno dovede do ozbiljne nesreće, kao što su:

- svaki sudar ili iskliznuće voza koji za posljedicu ima smrt najmanje jedne osobe ili pet i više teško ozljeđenih osoba ili veliko oštećenje voznog parka, infrastrukture ili okoliša, i
- svaku drugu nesreću sa istim posljedicama koja ima očigledan uticaj na propise o bezbjednosti željeznice ili upravljanje bezbjednošću;
- „velika šteta“ znači štetu za koju istražno tijelo može odmah procijeniti da ukupno iznosi najmanje 2 miliona eura.

U posebnoj tabeli vodi se lista nesreća koje su povezane sa definicijom SCC - Safety-critical components a koje se odnose na komponente vozila. Dokumentacija o održavanju dio je tehničkog dosjea. Za nova vozila podnosioc zahtjeva za njegovo odobrenje (proizvođač, vlasnik, imalac vozila) daje ECM-u tehnički dosije kako bi on bio u mogućnosti upravljati i provoditi održavanje vozila. ECM je odgovoran za upravljanje prvom „datotekom o održavanju“ prilagođavanjem dokumentacije o održavanju stvarnim radnim uslovima, potrebnim performansama i povratu iskustva te za ažuriranje dosjea održavanja tokom cijelog životnog ciklusa vozila.U slučaju već postojećeg vozila, ECM je odgovoran za upravljanje dokumentacijom o održavanju (čl. 14 (3) b direktiva o bezbjednosti) i njeno ažuriranje tokom cijelog životnog vijeka vozila. Tehnički dosije i dosje o održavanju igraju temeljnu ulogu u ispunjavanju SCC zahtjeva. Identifikacija i upravljanje komponentama železničkog vozila kritičnim za sigurnost počinje kao dio faze projektovanja pod odgovornošću

dizajnera/proizvođača vozila, a kada je vozilo u fazi rada/održavanja, kroz saradnju i razmjenu informacija između ECM-a, željezničkog preduzeća i imaoca.



Slika 5. Upravljanje elementima kritičnim za bezbjednost (https://www.era.europa.eu, 7.8.2021)

Prikazani dijagrami toka prikazuju proizvođačev i ECM-ov procesa upravljanja elementima kritičnim za bezbjednost.

4.1. Metode za identifikaciju SCC

Jedan od načina identifikacije komponenti na vozilu koje su kritične za bezbjednost je korištenje induktivne metode "odozdo prema gore" koja ima karakteristiku da započne od komponente i analizom prolazi se kroz različite nivoe do glavnog efekta kvara komponente. Korištenje metode odozdo prema gore podrazumijeva dva koraka koja treba izvesti: Korak 1 - Identifikacija komponenti vozila; Korak 2 - Analiza i identifikacija kritičnosti komponente. Jedna od najčešće korištenih metoda odozdo prema gore je FMECA proces (FMECA - failure mode, effects, and criticality analysis).

Drugi način za identifikaciju kritičnih komponenti je korištenje silazeće deduktivne metode "odozgo prema dolje". Metoda "odozgo prema dolje" ne polazi od pogleda komponente kao u metodi "odozdo prema gore", već polazi od glavnog efekta „odozgo" i, analizom, prolazi kroz različite nivoe do elementarnog događaja koji izaziva glavni događaj. Jedna od najčešće korištenih metoda "odozgo prema dolje" je analiza stabla greške ili kvara. Kvalitativne metode analize rizika namjenjene za identifikaciju opasnosti i rizika, povezanih za neku kritičnu komponetu željezničkog vozila, sistematski koristi dvije vrste rasuđivanja: indukcijom ili dedukcijom.

4.2. FMECA metoda

FME(C)A metoda analize rizika bavi se analizom vrste propusta, njihovog uticaja i kritičnosti i to je jedan od alata za definisanje sigurnog funkcionisanja i upravljanja kvalitetom. Ova metoda nastala je četrdesetih godina prošlog vijeka od strane američke vojske a njen postupak definisan je kroz standard EN 60812.

FMECA metoda se razlikuje od FMEA dodavanjem pojma kritičnosti - C. Kritičnost nekog propusta koji bi mogao da vodi u opasne situacije uopšteno se određuje kao proizvod (indeksa frekvencije pojavljivanja) x (indeksa ozbiljnosti) x (indeksa otkrivanja). Primjena ove metode zahtjeva učešće eksperata iz različitih oblasti i faza razvoja sistema (koncepcija, proizvodnja, eksploatacija,...) i oni imaju odlučujuću ulogu za potrebu uključivanja korektivnih mjera. Grupa koja je određena za sprovođenje metode FMEA prvo: definiše sistem koji je predmet analize, njegove granice i različite komponente koje ga čine; izrađuje tabelu koja omogućava analizu sistema na strukturan i jasan način: definiše granice vrijednosti za učestalost javljanja (frekvenciju); težinu posljedica i ne otkrivanje opasnih situacija koje će se koristiti za računanje kritičnosti.

Tabela 1. Tabela za FMEA metodu

N⁰	**Funkcija**	**Vrsta kvara**	**Uzrok**	**Uticaj na system i/ili podsistem**	**F**	**G**	**D**	**C**	**Zapažanje**

Svaka kritičnost može biti ocjenjena od 1 do 4 ili od 5 do 10 ili druge ocjene. Vrijednost ocjena je definisana od strane radne grupe na početku rada grupe. Za procjenu kritičnosti koristi se tabela procjene koja je prilagođena problemu (Tabela 2).

Tabela 2. Primjer ocjenjivanja od 1 do 4

Ocjena za F	Frekvencija ili vjerovatnoća pojavljivanja (F)	Ocjena za G	Težina posljedica (G)	Ocjena za D	Vjerovatnoća ne otkrivanja događaja (D)
1	Veoma rijedak događaj	1	Događaj koji nema uticaja	1	Sigurna detekcija događaja
2	Moguć događaj	2	Kritičan događaj	2	Događaj koji je moguće otkriti
3	Čest događaj	3	Događaj koji ima katastrofalne posljedice	3	Događaj koji je teško otkriti
4	Događaj veoma čest	4	Događaj koji ima za posljedicu smrtno stradale	4	Događaj koji nije moguće otkriti

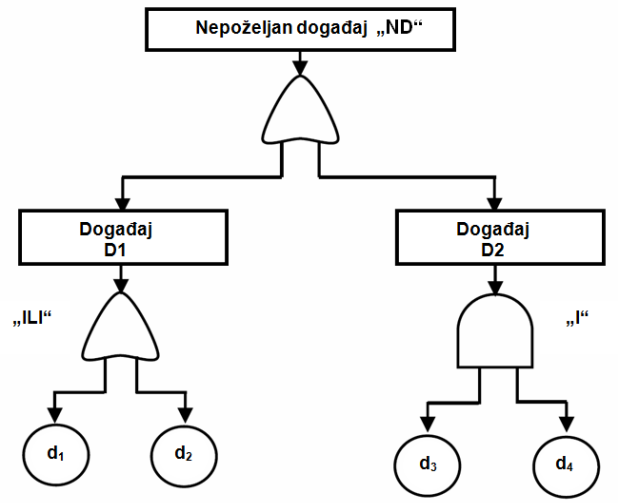
Procjena kritičnosti „C“ se vrši na osnovu sljedećeg obrasca:

$$C = F \times G \times D \tag{1}$$

gdje su vrijednost za F, G, D uzete iz tabele 2. Što je vrijednost „C“ veća to je vrsta opasnosti kritičnija.

4.3. Stablo greške ili kvara

Metoda „Stablo greške“, nazvana još i metoda „Stabla uzroka“ ili metoda „Stabla kvara“ je silazeća grafička metoda koja omogućava da se kombinuju događaji i funkcionisanje sistema. Ova deduktivna metoda (od posljedica prema uzroku) ima za cilj da se istraži sva moguća kombinacija greške ili kvara koja bi mogla da dovede do nepoželjnog događaja (ND) koji je često identifikovan FMEA metodom analize rizika. Krenuvši od tog krajnjeg događaja kojeg često zovemo „vršni lil krajnji događaj“ koristeći simbole Bulove algebre konstruišemo grafičku šemu u formi okrenutog stabla. Ta grafička šema predstavlja logičku strukturu koja povezuje nepoželjan događaj (ND) preko „međudogađaja“ (D) do uzroka ili tkz. „elementarnih događaja“ (d) odnosno kvara elemenata sistema (Slika 6). Takođe je moguće identifikovanje svih osnovnih kvarova ili grešaka koji mogu da vode do nepoželjnog događaja a zatim kvantifikovati stopu ukupnog kvara na osnovu stope kvara svakog elementa sistema koji je uzrok tog kvara.



Slika 6. Primjer stabla greške ili stabla kvara

Nepoželjan događaj može se napisati kao:

$$ND = D1 \text{ ILI } D2 = (d_1 \text{ ILI } d_2) \text{ ILI } (d_3 \text{ I } d_4) \quad (2)$$

Koristeći zakone Bulove algebre možemo izraz za nepoželjni događaj iz formule 2 prikazati na sljedeći način:

$$ND = D1 + D2 = (d_1 + d_2) + (d_3 \text{ x } d_4) \quad (3)$$

Analiza rizika pomoću stabla greške ili kvara je bazirana na sljedećim principima:događaj je kombinacija osnovnih (baznih) nerastavljivih događaja; bazni događaji su nezavisni; može se procjeniti vjerovatnoća pojavljivanja baznih događaja.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Sistem održavanja željezničkih vozila prikazan u radu a baziran na jasno definisanim procedurama sertificiranja ECM-a i utvrđivanja komponenti kritičnih za bezbjednost omogućava željezničkim preduzećima da: budu efikasniji u određivanju dostupnosti vagona; imaju tačne i na vrijeme informacije o predviđenom vremenu dolaska vagona sa opravke; procjene kvalitet izvršene usluge održavanja na bazi definisanih parametara.

Zajedničke metode za prepoznavanje i upravljanje rizicima među svima onima koji su uključeni u razvijanje i funkcionisanje željezničkog sistema kao i metode kojima se dokazuje da željeznički sistem odgovara sigurnosnim zahtjevima uklanja prepreke liberalizaciji tržišta željezničkih usluga. Kako bi se olakšalo otvaranje tržišta metode koje se upotrebljavaju za identificiranje i upravljanje rizicima trebaju biti usklađene između sudionika uključenih u razvoj i rad željezničkog sistema. Prije svega potrebno je kroz tehničku dokumentaciju i dokumentaciju o održavanju jasno definisati željezniko vozilo kao podsistem u okviru željezničkog sistema. Identifikovati elemente željezničkog vozila kritične za bezbjednost kroz liste nesreća koje se povezuju sa opasnostima koje može da prouzrokuje kvar tih elemenata. Identifikuju se operativne mjere koje imaju ulogu barijere odnosno koje preventivno djeluju ili sprečavaju razvoj situacije koja može da dovede do nesreće. Te operativne mjere mogu biti kraći vremenski/pređeni kilometri pregledi elemenata vozila koji su kritični za bezbjednost. Postavljanjem novih operativnih mjera po pitanju održavanja kao barijera za sprečavanje stvaranja opasnih situacija može se smanjiti, eliminisati javljanje nesreća ili smanjiti posljedice tih nesreća. Željeznička preduzeća trebaju u praksi voditi registar elemenata kritičnih za bezbjednost i praktično primjenjivati jednu od predložene metode za analizu rizika u svom sistemu održavanja željezničkih vozila.

6. LITERATURA

Čabrić N., Blagojević A. „Interoperabilnost i bezbjednost - glavni pokretači otvaranja tržišta" Internatopnal Symposium Rail Transport in The Modern World (1; 2019 ; Beograd), ISBN 978-86-81101-33-9, Proceedings p. 102-107

Čabrić N., Đuričić R. „Metode analize i procjene rizika", Treći BiH kongres o željeznicama Sarajevo, 15.-16. oktobar 2015. godine, ISSN 2233-0100, 9 772233 010002 Zbornik radova strana 315-327.

Čabrić N., Đuričić R. „Upravljanje rizicima u željezničkom sistemu", TIT - Transportna Infrastruktura i Transport, broj 7, godina 6, Sarajevo, decembar 2016, ISSN 2232-9676, strana 36

Hayashi, Yusuke & Tsunashima, Hitoshi & Marumo, Yoshitaka. (2008). Fault Detection of Railway Vehicle Suspension Systems Using Multiple-Model Approach. Journal of Mechanical Systems for Transportation and Logistics. 1. 88-99. 10.1299/jmtl.1.88.

Kumar, U., Aditya, P., Gatar, D., & Stenström, C. (2013). Maintenance performance metrics: A state-of-the-art review Article in Journal of Quality in Maintenance Engineering · August 2013, DOI: 10.1108/JQME-05-2013-0029

Monchy, F., & Vernier, J. P. (2010). MAINTENANCE - Méthodes et organisations, Dunod, Paris, 3e édition ISBN 978-2-10-055061-6.

No-Geon Jung, Kye-Seung Lee, Wan-il Kim, Chin-Young Chang & Jae-Moon Kim (2017). Analysis of Reliability and Availability Indicators in Railway Vehicle Ordering Specifications of the Operating Agencies of Various Countries. IJISET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 4 Issue 4, April 2017.

Talebberrouane, M., Khan, F., & Lounis, Z. (2016). Availability analysis of safety critical systems using advanced fault tree and stochastic Petri net formalisms. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 44, 193–203. https://doi.org/10.1016/J.JLP.2016.09.007

Uredba (EU) No 402/2013 od 30 aprila 2013. o zajedničkim bezbjedonosnim metodama procjene i ocjene rizika i ukidanju Uredbe 352/2009, Službeni list L 121, 3.5.2013. str.8.

Uredba (EU) 2019/779 od 16. maja 2019. o utvrđivanju detaljnih odredbi o sistemu izdavanja ovlaštenja subjektima nadležnima za održavanje vozila na temelju Direktive (EU) 2016/798 Evropskog parlamenta i Vijeća te o stavljanju izvan snage Uredbe Komisije (EU) br. 445/2011, Službeni list L 139I , 27.5.2019, str. 360–389.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

SIMULATION OF HIGHER CURRENT HARMONICS FROM NONLINEAR LOADING WITH SMALL POWER

SIMULACIJA HARMONIJSKIH IZOBLIČENJA PRI NAPAJANJU NELINEARNIH POTROŠAČA MALIH SNAGA

Aleksandar Lazić[a], Branislav Gavrilović[a]

[a] *Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Dpt. School of Railway Studies, Zdravka Celara 14, Belgrade, 11000, Serbia, gavrilovicbranislav5@gmail.com*

Abstract: *The problem of generating higher harmonics comes to the fore due to the growing presence of nonlinear consumers in the low voltage distribution network, such as computers and computer equipment, air conditioners, fluorescent lighting, etc. They are sources of higher harmonics whose large number and simultaneous operation can cause significant problems in terms of lowering the quality of electricity.The paper analyzes the influence of higher current harmonics, which are a consequence of nonlinear loading, on the characteristics of an alternating source (the place of Section ETP Belgrade. The research results obtained on the basis of the formed simulation model in the Matlab software package are given*

Key words: *simulation, nonlinear consumers, higher harmonics*

Apstrakt: *Prisustvo viših harmonika, odnosno nesinusoidalnost (izobličenje ili distorzija) napona predstavlja jedan od najznačajnijih parametara kvaliteta napona iz razloga što su viši harmonici trajno prisutni u mreži i vrlo teško se mogu eliminisati. Njihov rastući nivo, kao i negativne posledice po sistem napajanja i priključene potrošače učinili su izučavanje ove problematike veoma aktuelnom i izuzetno značajnom. Izučavanju te problematike posvećena su istraživanja sprovedena u ovom radu, u okviru kojeg se posebno analizira uticaj strukture opterećenja na karakter i pokazatelje harmonijskih izobličenja u u administrativnom objektu Sekcije za ETP Beograd.*

Ključne riječi: *Simulacija, nelinearni potrošač, harmonijsko izobličenje*

1. UVOD

Simulacioni proračuni imaju značajnu ulogu u analizama kvaliteta električne energije u distributivnim mrežama, prvenstveno u fazi njihovog planiranja. Osnov tih proračuna je primena adekvatnog simulacionog modela. Pri tome, u simulacionim proračunima kvaliteta električne energije karakteristike i struktura simulacionog modela zavise prvenstveno od odabranog programskog paketa i analiziranog parametra kvaliteta električne energije, a zatim i od niza drugih uticajnih faktora: karakteristika mreže, karakteristika i struktura opterećenja, razmatranog radnog režima i dr.

Jedan od osnovnih naučno istraživačkih ciljeva postavljenih u ovom radu je formiranje simulacionog modela za proračun harmonijskih izobličenja u sistemu napajanja grupisanih nelinearnih potrošača malih snaga . Zadatak je da simulacioni model može biti primenjiv za realne distributivne mreže i sa promenljivim opterećenjem, koje pored linearnog opterećenja čini sa značajnim učešćem i nelinearno opterećenje formirano od raznovrsnih nelinearnih potrošača malih snaga.

Najznačajniji aspekt pri formiranju simulacionog modela za analizu harmonijskih izobličenja u posmatranoj tački distributivne mreže je izbor modela nelinearnog opterećenja. U formiranju tog modela polazi se od pojedinačnih nelinearnih potrošača (uređaja) i njihovog učešća u grupnom opterećenju. Takođe, neophodno je uvažiti uticaj odnosno ućešće linearnog opterećenja, kao i karakteristike sistema napajanja posmatrane tačke distributivne mreže.

Kako su nelinearni potrošači osnovni uzrok izobličenja napona mrežnog napajanja, izbor modela nelinearnog opterećenja ima najveći uticaj na tačnost simulacionih proračuna. Uporedna analiza simulacionih proračuna po formiranom simulacionom modelu i rezultata merenja u realnim distributivnim mrežama najbolja je verifikacija odabranog modela nelinearnog opterećenja, odnosno formiranog simulacionog modela za proračun harmonijskih izobličenja u distributivnim mrežama.

Najznačajna karakteristika nelinearnih potrošača sa aspekta njihovog uticaja na harmonijska izobličenja u zajedničkoj tački priključenja je njihov radni režim, odnosno jednovremenost uključenja i rada u grupnom opterećenju. Neki uređaji imaju visok faktor jednovremenosti, dok se neki uključuju i rade u sasvim različitim vremenskim periodima. U našem primeru Sekcije za ETP Beograd u kategoriji administrativne potrošnje su osvetljenje, klima uređaji i računari najčešće uključeni u istom periodu dana za vreme osmočasovnog radnog vremena, dok je u toku noći i vikendom zabeležena izuzetno mala potrošnja električne energije. Sve ovo čini opterećenje grupisanih nelinearnih potrošača približno konstantnim, i po veličini i po strukturi. Samim tim, konstantan je i njihov uticaj na harmonijska izobličenja mrežnog napajanja u tački priključka grupisanog nelinearnog opterećenja što je lakši slučaj.

U suštini, za određivanje nivoa viših harmonika u mrežnom napajanju najznačajnije je definisati režim opterećenja pri kojem se pojavljuje maksimalno naponsko izobličenje (režim opterećenja pri $THDU_{max}$), odnosno proceniti strukturu nelinearnog opterećenja u tom režimu. Takođe je značajan i režim opterećenja u kojem grupisani nelinearni potrošači generišu maksimalno strujno izobličenje (režim opterećenja pri $THDI_{max}$).

Ovde je struktura nelinearnog opterećenja u razmatranom režimu određena popisom instalirane opreme u samom administrativnom objektu Sekcije za ETP Beograd.

2. UTICAJ GRUPISANJA NELINEARNIH POTROŠAČA MALIH SNAGA NA REDUKOVANJE HARMONIJSKOG SPEKTRA STRUJE

Praktično, pojedinačni nelinearni potrošači malih snaga ne mogu uzrokovati značajnija izobličenja mrežnog napona. Međutim, grupe istih ili sličnih nelinearnih potrošača koji rade jednovremeno mogu uzrokovati veoma značajna nedozvoljena izobličenja što je predmet izučavanja u ovom radu.Osnovne karakteristike grupisanih nelinearnih potrošača sa aspekta nivoa injektiranih harmonika su:

- karakteristike strujnih opterećenja nelinearnih potrošača koji formiraju grupno opterećenje i
- faktor jednovremenosti delovanja na nivo viših harmonika.

Sa aspekta uticaja jednovremenosti rada nelinearnih potrošača na nivo injektiranih harmonika značajna je činjenica da prilikom jednovremenog rada nelinearnih potrošača dolazi do međusobnog poništenja faznih uglova pojedinih harmonika što za rezultat daje njihovo smanjenje u rezultantnoj struji. Ovaj slučaj međusobnog poništenja faznih uglova pojedinih harmonika kvantifikuje se faktorima *attenuation factor*(AF) i *diversity factor*(DF).

Faktori AF i DF su vrlo važni za analize kvaliteta električne energije, jer ukoliko bi oni bili zanemareni prilikom analiza, pokazatelji harmonijske distorzije bi bili veliki i precenjeni, i tom prilikom bi se dobila lošija slika o generisanju harmonika koja bi dovela do zaključka da su potrebna velika materijalna ulaganja za smanjenje harmonika. Međusobno poništenje pojedinih harmonika naročito je izraženo kod struja 11, 13, 15 i 17 harmonika. Takođe, na nivo generisanih harmonika u rezultantnoj struji utiče i homogenost (nehomogenost) nelinearnog opterećenja, zatim krutost mreže, nivo opterećenja, kao i impedanse vodova koji napajaju potrošače.

Prilikom analize redukcije nivoa harmonika u harmonijskom spektru ukupne struje priključenog nelinearnog opterećenja javljaju se dva slučaja: prvi koji se dešava u slučaju kada se sa zajedničkih sabirnica napajaju potrošači koji su približno istih snaga, a drugi koji se dešava u slučaju kada se sa zajedničkih sabirnica napajaju potrošači različitih snaga. Za analizu prvog slučaja koristi se faktor *AF*, a za analizu drugog slučaja faktor *DF*.

Za analizu uticaja *AF* faktora na redukciju pojedinačnih harmonika i ukupne distorzije struje za *N* nelinearnih potrošača koriste se sledeći izrazi:

$$HDI_h^N = \mathrm{AF}_h \cdot HDI_h^1 \tag{1}$$

$$THDI_h^N = \mathrm{AF}_h \cdot THDI_h^1 \tag{2}$$

Iz prethodnih definicija proizilazi definicija faktora *AF* koja je data sledećim izrazom:

$$\mathrm{AF_h} = \frac{\left|I_h^N\right|}{N \cdot \left|I_h^1\right|} \tag{3}$$

Definicija faktora *DF* koja je data sledećim izrazom:

$$DF_h = \frac{\left|\sum_{i=1}^{n} I_h^i\right|}{\sum_{i=1}^{n}\left|I_h^i\right|} \quad (4)$$

gde je:
N - broj potrošača
I_h^i - struja h-tog harmonika injektirana od i-tog potrošača

Bitno je naglasiti da vrednost faktora *AF* opada sa porastom broja priključenih nelinearnih potrošača, pogotovo za treći harmonik, dok je za deveti i jedanaesti blago uvećana, a vrednost faktora *DF* je skoro konstantna, naročito za treći i peti harmonik, dok je opadajuća za trinaesti i petnaesti harmonik .

2.1. Simulacioni model za analizu harmonijskih izobličenja u mrežnom napajanju Sekcije za elektrotehničke poslove (ETP) Beograd

Za formiranje simulacionog modela za analizu harmonijskih izobličenja u sistemu napajanja grupisanih nelinearnih potrošača malih snaga, u ovom radu korišćenje programski paket Matlab/Simulinkver. R2016a.

Osnova simulacionog modela je model opterećenja, prvenstveno deo koji se odnosi na nelinearno opterećenje koje je i osnovni uzrok pojave izobličenja. Prilikom modelovanja tog opterećenja neophodno je razraditi različite varijante učešća i jednovremenog rada, odnosno uključenja nelinearnih potrošača (uređaja) koji čine grupno nelinearno opterećenje. Polazi se od najpesimističnijeg scenarija sa aspekta uticaja grupisanih nelinearnih potrošača na strujna i naponska izobličenja u mrežu, a to je jednovremeno uključenje i rad svih nelinearnih potrošača priključenih u posmatranoj tački distributivne mreže.

Za administrativno opterećenje, kakvo je mrežno napajanje Sekcije za ETP Beograd, realno to je opterećenje u prepodnevnim satima tokom radnog dana. Za formiranje simulacionih modela tih opterećenja neophodno je detaljno poznavati vrstu, karakteristike i broj priključenih nelinearnih potrošača kao i njihovo učešće u ukupnom opterećenju. U našem slučaju opterećenja nemamo promenu strukture, odnosno učešća kako pojedinih nelinearnih potrošača malih snaga u grupnom nelinearnom opterećenju, tako i učešća grupnog nelinearnog opterećena u ukupnom opterećenju u posmatranoj tački distributivne mreže.

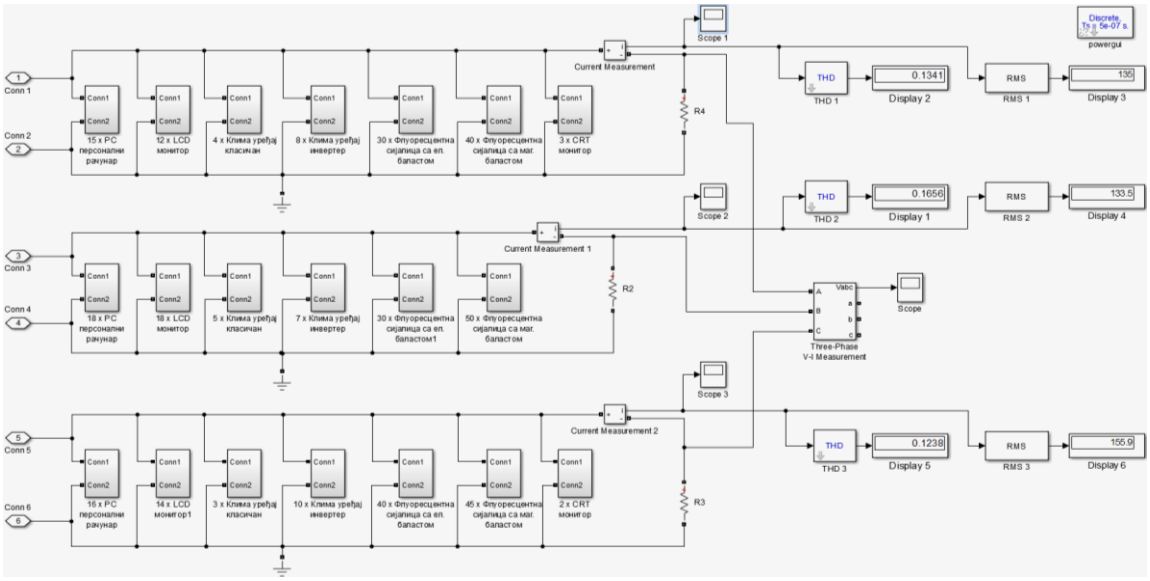
Simulacioni proračuni strujnih harmonijskih izobličenja u sistemu napajanja Sekcije za ETP Beograd izvršeni su za režim opterećenja u kojem se javlja maksimalno strujno izobličenje – režim opterećenja pri $THDI_{max}$, a koji se obično beleži u ranim jutarnjim i prepodnevnim satima tokom radnih dana.

Podaci o strukturi i broju uključenih nelinearnih potrošača u Sekciji za ETP Beograd po fazama u režimu opterećenja pri $THDI_{max}$ prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Struktura i broj uključenih nelinearnih potrošača u Sekciji za ETP Beograd

Nelinearan potrošač	Faza L1	Faza L2	Faza L3
Flourescentna sijalica sa magnetnim balastom	40	50	45
Flourescentna sijalica sa elektronskim balastom	30	30	40
Personalni računar	15	18	16
Monitor LCD	12	18	14
Monitor CRT	3	/	2
Klima uređaj klasičan	4	5	3
Klima uređaj inverter	8	7	10

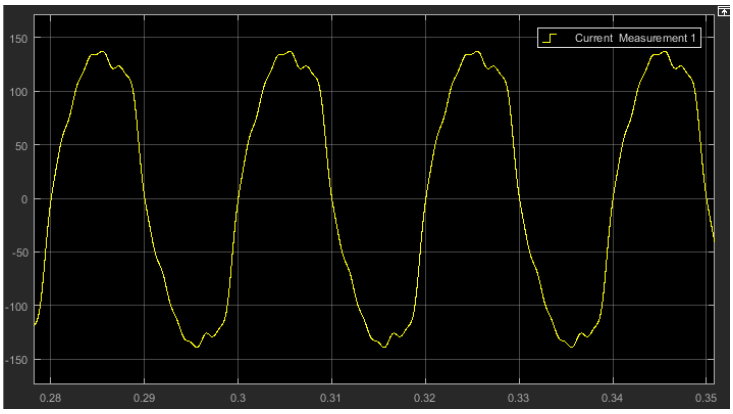
Trofazni simulacioni model za analizu harmonijskih izobličenja u mrežnom napajanju Sekcije za ETP Beograd predstavljn je na slici 1. Model je urađen tako da se u svakoj fazi ponaosob očitavaju vremenski dijagrami struje, vrednosti ukupne harmonijske distorzije (očitana vrednost na displeju za THD se množi sa 100%) i efektivna vrednost struje u amperima (A). Na kraju sva tri vremenska signala dovedena su radi upoređivanja na sumarni osciloskop kako bi imali vizuelnu predstavu signala sve tri faze.



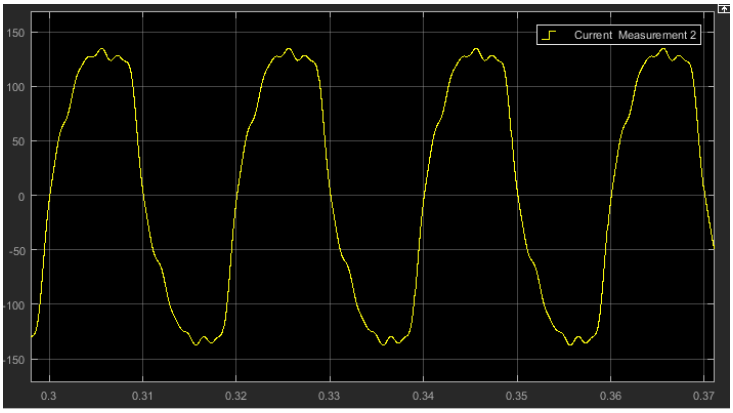
Slika 1. Trofazni simulacioni model za analizu harmonijskih izobličenja u mrežnom napajanju Sekcije za ETP Beograd

3. HARMONIJSKA ANALIZA SIGNALA

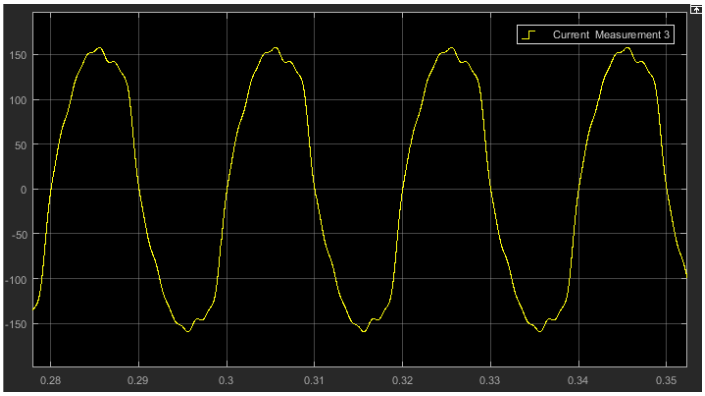
Na osnovu opisanog trofaznog simulacionog model za analizu harmonijskih izobličenja u mrežnom napajanju Sekcije za ETP došlo se do sledećeg vremenski dijagram struje faze L1, L2 i L3 (slika 2, 3 i 4) i spektralna strujna analiza faze L1, L2 i L3 (slika 5, 6 i 7)



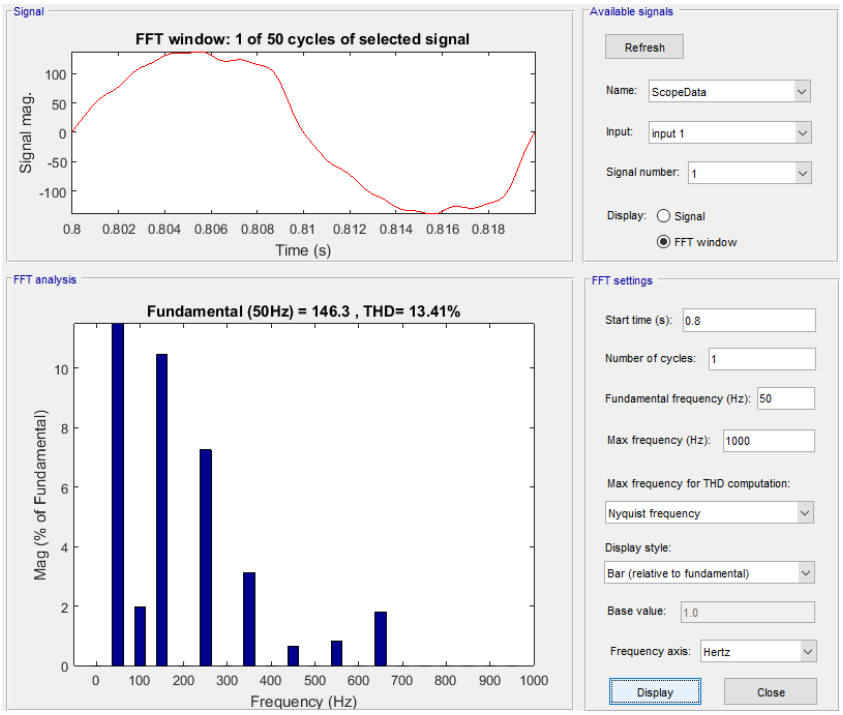
Slika 2. Vremenski dijagram struje faze L1



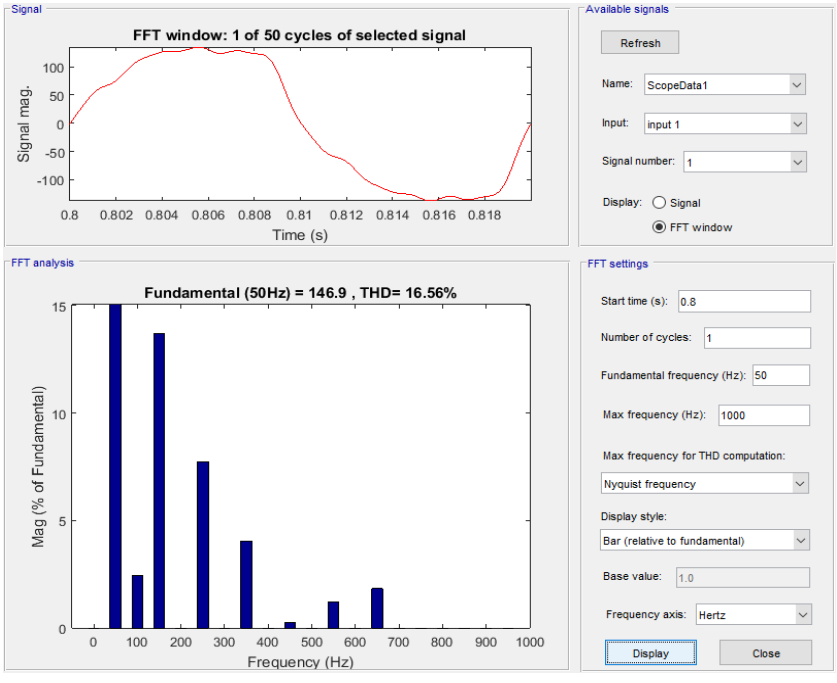
Slika 3. Vremenski dijagram struje faze L2



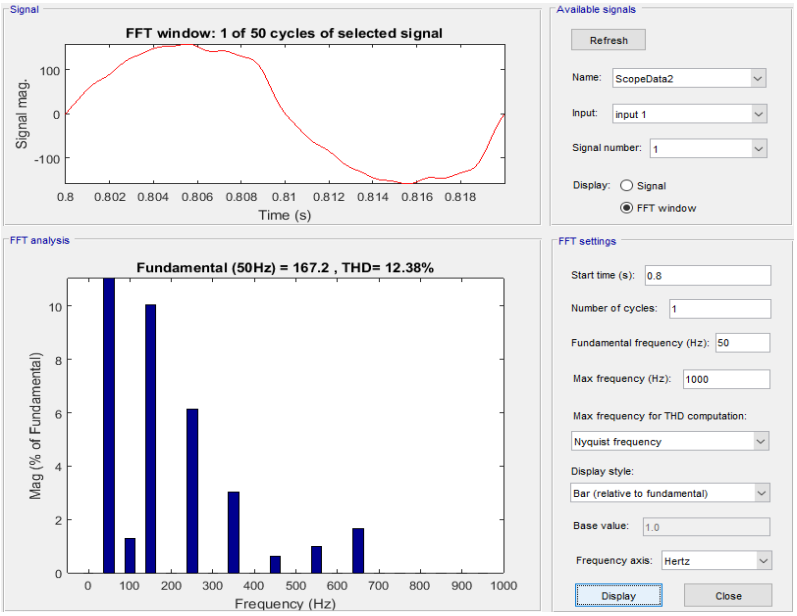
Slika 4. Vremenski dijagram struje faze L3



Slika 5. Harmonijska analiza (spektar) struje faze L1

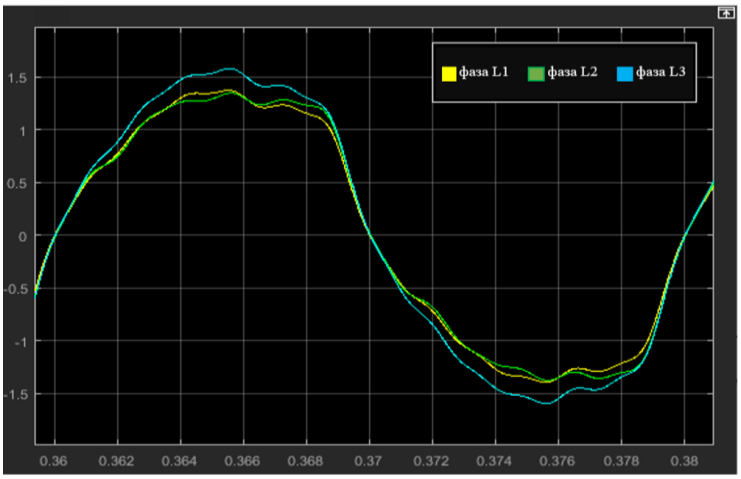


Slika 6. Harmonijska analiza (spektar) struje faze L2



Slika 7. Harmonijska analiza (spektar) struje faze L3

Na slici 8 prikazana uporedna analiza vremenskog dijagrama struja sve tri faze. Najviše je izobličena struja faze L2 (THDI=16,56%),zatim struja faze L1(THDI=13,41%) i na kraju struja faze L3(THDI=12,38%).



Slika 8. Vremenski dijagrami struje faze L1,L2 i L3

Uočene su određene razlike u vrednostima faktora *THDI* po fazama što je u skladu sa promenom veličine opterećenja, njegove strukture i učešća nelinearnih potrošača malih snaga u tom opterećenju.

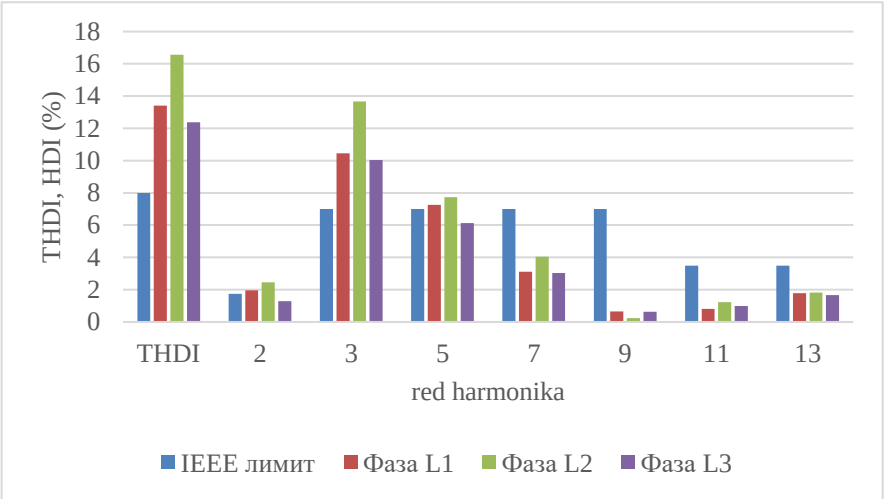
U tabeli 2 su prikazani harmonijski spektar struja i vrednosti faktora $THDI_{max}$ za sve tri faze, dobijeni na osnovu simulacionog modela (slika 1) u kojem je nelinearno opterećenje modelovano u skladu sa strukturom grupisanih nelinearnih potrošača datom u tabeli 1.

Tabela13. Vrednosti HDIi THDI za sve tri faze simulacionog modela

Red harmonika	**Harmonijski spektar struje (%)**			
	IEEE limit*	Faza L1	Faza L2	Faza L3
THD I_{max}	8,00	13,41	16,56	12,38
2.	1,75	1,97	2,45	1,29
3.	7,00	10,45	13,67	10,03
5.	7,00	7,25	7,73	6,13
7.	7,00	3,12	4,05	3,03
9.	7,00	0,66	0,24	0,64
11.	3,50	0,81	1,23	1,00
13.	3,50	1,79	1,83	1,66

*granične vrednosti IEEE 519

Na slici 9 data je grafička ilustracija vrednosti *HDIi THDI* za sve tri faze simulacionog modela iz tabele 1.



Slika 9. Grafička ilustracijavrednosti HDIi THDI za sve tri faze simulacionog modela

Grafičke prikaze prati legenda pokazatelja. Stubci pokazuju procentualnu vrednost izobličenja i to prva grupa stubaca vrednost totalne harmonijske distorzije za sve tri faze i graničnu vrednost prema standardu IEEE 519. Ostale grupe stubaca pokazuju vrenosti harmonijske distorzije za pojedinačne harmonike i njihove limite prema pomenutom standardu za sve tri faze.Visina ovih stubaca ukazuje da su vrednosti *THDIi* vrednosti za 2, 3 i 5 harmonika iznad dozvoljenih vrednosti.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U skladu sa postavljenim naučno istraživačkim ciljevima, formiran simulacioni model grupisanih nelinearnih potrošača malih snaga u programskom paketu Matlab Simulink za proračun harmonijskih izobličenja u sistemu napajanja Sekcije za ETP Beograd. Sprovedene analize,prezentovani grafički prikazi strujnih spektara i vrednosti faktora THDI faza, kao i navedene brojne vrednosti faktora THDI potvrđuju zadovoljavajuću tačnost simulacionog modela i verifikuju ga za primenu u proračunima i analizama harmonijskihizobličenja u sistemima napajanja objekata sa grupisanim nelinearnim potrošačimamalih snaga.

Kao kritični režim opterećenja izdvojen režim opterećenja pri $THDI_{max}$. Na osnovu datih uporednih grafičkih prikaza, vrednosti *THDI* faza premašuje dozvoljeni iznos prema navedenim standardima (IEEE 519), još jednom se ističe da sa aspekta dozvoljenog nivoa strujnih harmonijskih izobličenja u sistemu napajanja Sekcije za ETP Beograd postoje problemi. Njihova identifikacija upućuje na neophodnost blagovremenog planiranja i preduzimanja odgovarajućih mera za održavanje potrebnog nivoa kvaliteta električne energije.

Kod nas se još striktno ne sprovode zahtevi standarda prema distributivnoj mreži, za očekivati je da se jednog dana taj problem aktuelizuje te će biti potrebno preduzeti mere kako je dato u radu da se obezbede zahtevi navedenih standarda po pitanjima kvaliteta električne energije.

5. LITERATURA

Derikučka M. Ilija i drugi (2016), Analiza viših harmonika u sistemu napajanja administrativnog objekta sa grupisanim nelinearnim potrošačima malih snaga, Trebinje.

Despotović V. Zeljko (2017), Uticaj nelinearnih potrošača male snage na kvalitetelektrične energije,Beograd.

Ilija Derikučka (2017)„ Analiza uticaja strukture potrošnje na distributivnim mrežama- , magistarski rad, Podgorica

Katić Vladimir i drugi (2009)„ Uticaj malih nelinearnih potrošača na kvalitet napona u distributivnim mrežama, I Savjetovanje CG KO CIGRE, Budva, Crna Gora., Referat C4-08, 12-16.

Katić Vladimir (2002), Kvalitet elektricne energije - viši harmonici, Edicija: Monografije, Br.6, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad.

IEEE Standard 519-1992 (1993), IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems", IEEE, New York.

SIMULINK (1999), Dynamic System Simulation For MATLAB – Using Simulink, Version 3, The MATH WORKS, inc.1999.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

NEW CONCEPT OF LOCAL PASSENGER TRAFFIC ON THE RAILWAYS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA WITH SPECIAL REFERENCE TO RAILWAY STATIONS

NOVI KONCEPT LOKALNOG PUTNIČKOG SAOBRAĆAJA NA ŽELJEZNICAMA REPUBLIKE SRPSKE SA POSEBNIM OSVRTOM NA ŽELJEZNIČKE STANICE

Miroslav Đurić[a], Mirnes Požegić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, miicodjuriic@hotmail.com, mirnes.pozegic.96@gmail.com*

Abstract: *Local passenger traffic on the Railways of Republika Srpska has been facing the problem of survival and sustainability on the modern transport market for a long time. The reasons for this are numerous, and one of the main ones is the non-competitive infrastructure. The paper examines certain problems faced by local passenger traffic, and focuses on railway stations, the two largest, Banja Luka and Doboj. In addition, possible directions for overcoming these problems have been defined, which is one of the main goals of this paper. The results were obtained by researching and observing the current situation over a longer period, and we came up with results that can solve the current problem of local passenger traffic, which has been present for a long time on the Railways of Republika Srpska.*

Key words: *railway, passenger traffic, sustainability, railway stations*

Apstrakt*: Lokalni putnički saobraćaj na Željeznicama Republike Srpske se već duže vremena suočava sa problemom opstanka i održivosti na savremenom transportnom tržištu. Razlozi za to su mnogobrojni, a jedan od glavnih je nekonkurentna infrastruktura. U radu su sagledani određeni problemi sa kojima se suočava lokalni putnički saobraćaj, a fokus je stavljen na železničke stanice, i to dvije najveće, Banja Luku i Doboj. Uz to definisani su i mogući pravci za prevazilaženje tih problema, što je i jedan od glavnih ciljeva ovog rada. Rezultati su dobijeni istraživanjem i posmatranjem trenutnog stanja kroz jedan duži period, te se došlo do rezultata koji mogu riješiti trenutni problem lokalnog putničkog saobraćaja koji je prisutan već duže vrijeme na Željeznicama Republike Srpske.*

Ključne riječi: *željeznica, putnički saobraćaj, održivost, železničke stanice*

1. UVOD

Putnički saobraćaj na željeznici posebno je zahtjevan za organizaciju i ostvarivanje zbog razlike u potrebi i potražnji usluga od strane putnika u određenim vremenima tokom dana. U vršnim satima jako je teško osigurati potreban kapacitet, tj. broj vozova jer je baš u tim satima najveća potražnja korisnika za uslugom. Zato je u takvim uslovima posebno bitno osigurati siguran i brz saobraćaj kroz železnička čvorišta kako ne bi došlo do saobraćajnog zagušenja i kašnjenja vozova. Uz to, treba osigurati i potrebnu uslugu prevoza korisnicima te siguran i udoban prevoz od polazne tačke do željenog odredišta.

Počelo je u velikim evropskim gradovima, prešlo na glavne gradove pojedinih zemalja, a danas najveći dio većih gradova Evrope ima dobro organizovan putnički saobraćaj koji omogućava prevoz zaposlenima od kuće direktno do radnog mjesta, đacima do škole, korisnicima zdravstvenih usluga do mjesta liječenja, i sve to u veoma kratkom vremenskom periodu. Za sve je to zaslužno uvođenje novih koncepata putničkog saobraćaja i osavremenjavanje železničkih stanica.

Železnički saobraćaj koji je ovako definisan odvija se u određenim gravitacionim područjima, u krugu od 50 kilometara do 100 kilometara. Sve to, naravno, zavisi i od površine regije kao i od dužine i gustine železničke mreže, kao i brzini vozova. Putnički saobraćaj na ŽRS ima značajnu ulogu u kompletnom radu ovog preduzeća, te je on interes i za kompletnu Republiku Srpsku. Dobroj organizaciji putničkog saobraćaja prethodi

detaljno ispitivanje tržišta, potrebe za putničkim tokovima te određivanje broja i strukture vozova na određenim relacijama.

Naravno, putnički saobraćaj se mora tako definisati da obezbjeđuje neophodnu bezbjednost putnika i sigurnost kretanja vozova, te uz to brz, komforan i prevoz putnika bez nepotrebnih čekanja i presjedanja od početne do krajnje tačke kretanja voza. Jedna bitna stvar je koja se mora uvesti kako bi putnički saobraćaj bio konkuretan je saradnja sa drugim vidovima saobraćaja, prije svega sa drumskim saobraćajem, o čemu će više biti riječi u narednim poglavljima rada.

2. METODE

Predmet ovog rada je analiza trenutnog stanje najvećih željezničkih stanica u Republici Srpskoj jer su stanice, jedno od mjesta na kome se gubi najviše vremena u jednom kompletnom transportu putnika od tačke A do tačke B (sa početno završnim operacijama), te iznijeti ideje koje bi popravile trenutno stanje istih i digle željeznički putnički saobraćaj na viši nivo od onog na kom je sad i privukle nove putnike da koriste željeznicu kao sredstvo prevoza. ŽRS praktično ima samo dvije veće stanice na području svoje mreže, to su stanice Doboj i Banja Luka. Ujedno, te dvije stanice čine i dva glavna čvorišta ove mreže, te posmatrajući putnički saobraćaj ove dvije stanice bi trebale da imaju najviše sadržaja koji bi privlačio putnike na mrežu pruga. Međutim, da li je to baš tako biće prikazano u nastavku rada.

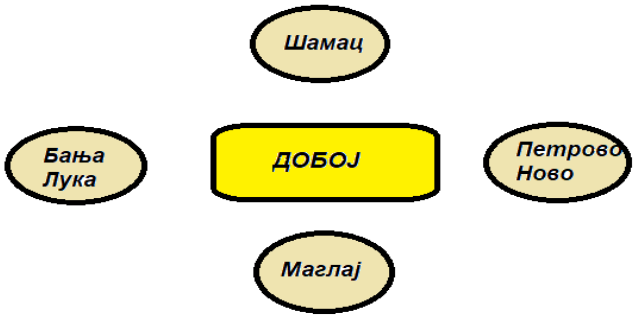
U cilju opstanka željeznica, novi koncepti putničkog saobraćaja nastoje da pronađu optimalan odnos između uloženih resursa i ostvarenih ciljeva. Efikasan željeznički transport veoma je bitna komponenta ekonomskog razvoja na globalnom i nacionalnom nivou. Zato je od posebne važnosti racionalno restrukturisati kompletan željeznički sistem, od čega jednu od glavnih riječi imaju željeznička čvorišta odnosno željezničke stanice.

Novi koncept željezničkog putničkog saobraćaja je izuzetno širok, od kojih treba posebno izdvojiti sljedeća tri:

- Kvalitet usluga (pouzdanost, taktnost reda vožnje, frkventnost, bezbjednost, brzina, organizacija reda vožnje, konkurentnost cijene);
- Interoperabilnost sa drugim vidovima saobraćaja (ponajprije drumski);
- Zaposleni kadar i upravitelji sektora.

Glavni problemi putničkog saobraćaja na području ŽRS, a koji se ne tiče stanica, ogleda kroz nepostojanje brzih pruga. Ako uzmemo u obzir da je samo jedan dio pruga opremljen za brzine do 120 km/h, a evropski sistem brzih pruga ogleda se prugama brzine do 250km/h, vrlo lako se dolazi do zaključka da pruge ne isupunjavaju osnovne uslove za novi koncept putničkog saobraćaja.

Elem, da se vratimo na stanice. Počevši od stanice Doboj koja predstavlja najveći željeznički čvor u BiH i sjedište Željeznica Republike Srpske. U pogledu vršenja saobraćajne službe stanica Doboj je ranžirna, rasporedna, početna, krajnja, spojna i odvojna. U stanici se stiču pruge iz četiri pravca i to iz pravca Šamac, iz pravca Petrovo Novo, iz pravca Banja Luka, iz pravca Maglaj. Grafički bi se to moglo pokazati na sljedeći način, kao što je to na slici 1.



Slika 1. Položaj stanice Doboj u odnosu na stanice okruženja

2006. godine rekonstrukcija stanice Doboj bio jedan veliki projekat, ali evo, nekih 15 godina od tog projekta, željeznička stanica je ponovo sazrela za jednu ozbiljnu rekonstrukciju. Šta je to što je problem na stanici? Pa krenimo redom.

Sam ulaz i prilaz stanici je nešto što treba da privuče svakog posjetioca i putnika, da ga privuče da poželi ponovo da dođe i koristi usluge željeznice. Sve je nekako monotono, sivo, staro (iako uopšte nije tako) jednoobrazno, te ne daje nikakvu želju da se tu zadržimo nego eto, čisto da prođemo i obavimo to što smo došli. Treba napomenuti da noću, ukoliko ne znamo gdje se nalazi željeznička stanica, te ukoliko ne čujemo vozove

koji ulaze i izlaze u stanicu, nikako ne bi mogli ni naslutiti da je to stanica, jer nema nijednog svjetlećeg natpisa da se tu nalazi željeznička stanica, u svojoj prestonici, u Doboju. Kako to izgleda noću, vidljivo je na slici 2.



Slika 2. Željeznička stanica Doboj noću

Uz to, pri prilazu stanici, sa lijeve strane parkinga imamo niz neiskorištenih i slobodno mogu reći napuštenih malih objekata koji su pretvoreni u svojevrsna smetlišta, umjesto da se lijepo srede, i komercijalizuju (o čemu će biti priče naknadno). Uz to, pored njih je prolaz ka pasareli koja spaja grad sa prigradskim mjestom Lipac, te veoma mnogo ljudi prolazi tu, što daje jedan plus komercijalizaciji cijelog tog dijela, koji u trenutnom ruhu samo narušava i ovako lošu sliku željezničke stanice Doboj.

Mjesto na kome bi se putnici trebali zadržavati ne posjeduje nijedan moderni komercijalni sadržaj. Sve pomalo liči na onu prvu sliku sa ulaza u stanicu. Međutim, ono što je činjenica je to da i ovdje postoji mnogo neiskorištenog prostora, te daje prostora za uvođenje nekih novih mjera kako bi se digao nivo kvaliteta na ovom mjestu. O tome kako bi se mogao poboljšati ovaj dio u narednom djelu.

Najbolji dio željezničke stanice Doboj je praktično peronski dio, dio gdje putnici ulaze i izlaze iz vozova. Ovo je dio na kome nije potrebno nekih novih ulaganja, osim, morao bih reći, neminovna je rekonstrukcija krovnog djela nastrešnica. Pri iole jačoj kiši, na mnogo mjesta prokišnjavaju, te to svakako nije dobro. Uz to, dodavanje par novih klupa ne bi bila loša ideja, jer u vršnom periodu, kada je vrijeme ljepše i vozovi se čekaju napolju, veoma malo putnika ima mjesto za odmor i sjedanje.

Željeznička stanica Banja Luka nalazi se na relaciji pruge Doboj - Novi Grad u kilometru 92 + 538. Po intenzitetetu, odnosno obimu putničkog saobraćaja, a u zavisnosti od broja putnika koji se jednovremeno mogu naći u staničnoj zgradi u najopterećenijem periodu u toku dana maksimalnog saobraćaja željeznička stanica Banja Luka spada u klasu srednjih stanica To su stanice kod kojih je u vrijeme najopterećenijeg perioda dana prisutno od 200 do 500. putnika u staničnoj zgradi i koje imaju kubaturu stanične zgrade od 5.000 – 13.000 m³. U poslednje vrijeme navedeni broj putnika je u padu.

Što se tiče željezničke stanice Banja Luka i njene bliže okoline mora se reći da je situacija i u ovom pogledu znatno bolja nego je to stvar u Doboju. Mnogo, prije svega ugostiteljskog sadržaja može se naći u neposrednoj blizini stanice, prije svega mislim na potrebne trgovine, kisoke te bifee koji služe i hranu. Sve je to na lokalitetu ispred samog ulaza u stanicu, te na dohvat ruke kako radnicima, tako i putnicima. U samoj stanici situacija je nešto drugačije. Postoji mnogo prostora koji bi se mogao komercijalizovati, privući dodatne posjetioce te ostvariti dodatne prihode. Prije svega misli se na na restoran koji nije u funkciji, a koji zauzima previše prostora koji je trenutno neiskorišten. Shodno tome da ima sasvim dovoljno ugostiteljskih objekata ispred stanice, ovaj prostor bi se veoma lako a efikasno mogao preurediti u neke druge svrhe. Tu se misli na mogućnost, usluga banke ili pošte, ili nekih sličnih aktivnosti.



Slika 3. Komercijalni prostor ispred stanice Banja Luka

3. REZULTATI

Rezultati ovih analiza govore da su željezničke stanice u Republici Srpskoj veoma neiskorištene, ali da imaju kapaciteta da jedenom dobrom organizacijom i uvođenjem novih koncepata željezničkog putničkog saobraćaja zažive i postanu centralno mjesto sakupljanja putnika i mjesto koje će doprinijeti većem broju putnika koji koriste usluge željeznice. Koji su to subjekti novog koncepta putničkog saobraćaja koji će doprinijeti rastu putničkog saobraćaja na ŽRS, a koji su opet s druge strane realni sa finansijskog aspekta i ne zahtjevaju enormne svote novca pri uvođenju, objašnjeni su u nastavku rada.

- Komercijalizacija prostora;

Željeznička stanica treba da predstavlja mjesto na kome se sastaju ljudi, te u današnje vrijeme treba da ima karakteristike, svakako mogu reći jednog manjeg tržnog centra. To je neophodno kako bi doprli do korisnika i naveli ih da posjećuju stanicu. A samim tim i učili ih da dolaze tu, a uz to i stiču naviku za putovanje željeznicom. Željeznica posjeduje takav prostor. Kod stanice u Doboju ono što je navedeno u prethodnom dijelu, a nije prikazano je niz objekata koji se nalaze pored parkinga i pored puta koji vodi preko pasarele u prigradsko naselje Lipac. Prikazano na slici ispod. Takođe slična je situacija i u stanici Banja Luka. Bitno je naglasiti da bi fokus osim na vanjski dio, trebalo staviti in a unutrašnjost same stanice, te da obije stanice imaju zaista mnogo neiskorištenog prostora koji bi se trebao komercijalizovati i sigurno da bi takav jedan potez predstavljao "pun pogodak" pri nakani da se ljudi privuku ka željeznici.



Slika 4. Prikaz prostora za komercijalizaciju

- Način prodaje voznih karata;

Neposredna prodaja karata na šalterima željezničkih stanica, bez obzira na stepen uvedenih novih tehnologija, još uvijek predstavlja dominantan način distribucije karata svuda u svijetu. U slučaju željeznica RS to je praktično i jedini način. Uvođenje novih tehnologija za prodaju karata kod nas je neminovno. Značajno je naglasiti da Željeznice Republike Srpske ne vrše prodaju karata preko ovlaštenih agencija, što je veliki problem. Dovoljno je pogledati kako to rade zemlje okruženja i Evrope, gdje se karte u najvećem broju prodaju elektronski, te je takav nečin nešto što je neminovno uvesti in a ŽRS.

Uz to, u željezničkoj stanici Doboj postoji više prilaza peronima, tj. kroz stanični zgradu kao i obilaznim stazama oko zgrade, a nigdje, pa čak ni na izlazu iz pothodnika, nema automata za provjeru posjedovanja peronske karte. To je jedan od razloga što veliki broj putnika ne koristi usluge šalterske službe i putuje bez voznih isprava.

- Park and Ride, Rent a car, Rent a bike sistem u željezničkim stanicama Doboj i Banja Luka;

Za objekte sistema Park And Ride može se reći da su to objekti predviđeni za intermodalni transport putnika. To su objekti na kojima dolazi do promjene vida saobraćaja. Često se za sistem koji povezuje drumski i željeznički saobraćaj koristi termin Park And Rail. Što se tiče Doboja i Banja Luke, ova stvar bi bila veoma dobro osvježenje. Banja Luka je najbveći grad u Republici Srpskoj, te ima kapacitete za jedan ovakav novi koncept. Takođe, uz malu rekonstrukciju postojećeg parkinga, mogli bi se naći kapaciteti kako za Rent a car tako i za Rent a bike sistem, koji vjerujem da bi donio neophodnu svježinu i naveo putnike na putovanje željeznicom. Svakako da to ne bi trebalo da bude park sa desetinama automobila, neko nekoliko automobila i bicikala za ovu službu bi svakako bili korisni.

Slična je stvar i sa Dobojem. Iako je manja sredina, vjerujem da ne bi bilo loše pristupiti ovakvom problemu na ovaj način, ali ipak pružio bih prednost Banja Luci, te tamo prvo pokušati sa ovakvim načinom rada, a ako bi bilo pozitivno, pokušati i u Doboju.

- Uvođenje kombinacije drumsko-željeznički saobraćaj u gradskim zonama;

U posljednje vrijeme došlo je do velikog razvoja saobraćaja, te je tako zagušenje saobraćaja evidentno. Shodno tome, željeznički saobraćaj postaje mnogo konkurentniji i veoma je bitno da željeznica iskoristi svoje mjesto u cijelom tom sistemu, te svojim prednostima koje su svima dobro poznate vrati se na mjesto koje joj pripada i vrati primat u prevozu.

Ovakav vid saradnje bi bio moguć kako u Doboju tako i u Banja Luci, da se organizuje prevoz u vršnom periodu putnika koji dođu vozom do željezničke stanice, te se dalje u gradska središta (radnicima do posla, đacima i studentima do škole i fakulteta) odvoze gradskim autobusima. Željeznička stanica Doboj posjeduje dovoljan kapacitet parkinga, te bi se jedan dio mogao preurediti za parkiralište i stajalište upravo za autobuse, te vjerujem, da bi ovaj potez donio mnogo toga dobrog svima.

Nešto slično je već duži vremenski period upravo u Banja Luci, gdje je autobuska stanica odmah do željezničke te pruža putnicima upravo ono što im treba – kada dođu vozom iz prigradskih i lokalnih mjesta, da mogu preći u autobus i odvesti se to tačno onog mjesta u gradu koje im treba. Prikaz autobuske stanice i željezničke stanice u Banja Luci, daje uvid kako oba vida saobreaćaju mogu bez konkurentno sarađivati.



Slika 5. Blizina željezničke stanice (lijevo) i autobuske stanice (desno)

4. DISKUSIJA

- Veoma je Veoma teško je, poslije istraživanja i praćenja rada svjetskih giganata u željezničkom saobraćaju, vratiti se na naše željeznice i naše stanje. Kod nas je zaista željeznički saobraćaj u veoma lošem stanju za razliku od svjetskog nivoa.
- Ipak, neophodno je da svi zajedno radimo na unapređenju stanju. Ali je isto tako bitno i da predložimo realna rješenja, koja se mogu implementirati kod nas, a da isto tako vodimo računa i o finansijama koja su glavni kamen spoticanja u napretku željeznica.
- U prethodnom dijelu rada, navedene su mogućnosti koje bi podigle kvalitet glavnih dvaju željezničkih stanica na području ŽRS. Sva navedena rješenja ne zahtjevaju velika finansijska ulaganja, ali zahtjevaju veliki doprinos republičkih, gradskih ali i željezničkih ruovodioca, te svakako da zajedničkim djelovanjem mogu dostići potreban nivo.
- Primjena navedenih dostignuća značila bi prije svega za ugled samih željezničkih stanica, stanica koje i sad predstavljaju glavna željeznička čvorišta ali su dizajnerski bukvalno zastarjeli.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

- Da bi se analiziralo kako će dostignuća koja su navedena u prethodnom dijelu odraziti na organizaciju saobraćaja, treba se poslužiti primjerom drugih koji su već implementirali neko od navedenih rješenja. Primjer je Park and Ride princip koji se primjenjuje na mnogim željeznicama i koji provjereno daje rezultate. Kako to Park and Ride pomaže unapređenju željezničkog saobraćaja?
- Parkinzi na željezničkim stanicama bi bili besplatni za određene grupe ljudi, i to:
  - korisnike željezničkih usluga,
  - zaposlene na željeznicama,
  - studenti koji putuju na fakultete,

    - druge osobe koji kupe dnevnu ili mjesečnu kartu.
- Cijena karte će iznositi prosječnu cijenu karte u drugoj gradskoj zoni, s obzirom na dnevni i mjesečni nivo.
- Rezultati govore da će se parking više koristit radnim danima nego vikendom zbog veće potrebe za putovanjem, odlascima na posao, odlascima do većih centara radi završavanja različitih obaveza, odlascima na fakultet i slično, i to po sljedećim vršnim periodima:
    - od 06 časova do 09 časova = najveći intenzitet punjenja parkinga,
    - od 15 časova do 19 časova = najveći intenzitet pražnjenja parkinga.
- Neophodnost je nova i bolja organizacija. Smanjenjem kašnjenja vozova i uvođenjem novih linija za potrebe putnika osnovni su i glavni cilj da se putnici privuku i ponovo vrate na željeznicu, no osim toga, vrijeme je takvo da se mora posvetiti apsolutno ista pažnja i drugim stvarima koji bi mogli doprinijeti većem intenzitetu putnika. Također, još uvijek postoje neslaganja koja treba ukloniti ne samo u organizaciji željezničkog saobraćaja, nego i u radu željezničkih radnika.
- Međutim, jedna stvar se postavlja kao neophodnost, a to je modernizacija. Modernizacija u svakom smislu te riječi, modernizacija koja bi željeznicu dovela do svakodnevnog pominjanja, do svakodnevnog korištenja, te dala sve pobrojane potrebe putnika. Rekonstrukcija stanica, uvođenje novih stvari (gdje su neke od njih opisane u ovom radu) dala bi novu dozu modernosti željeznici i privukla nove putnike sasvim sigurno.

6. LITERATURA

Blagojević, A., Vesković, S. & Stojić, G. (2017). DEA model za ocjenu efikasnosti željezničkih putničkih operatera, Naučno-stručni časopis Železnice Srbije, Beograd

Milinković, S. & Vesković, S. (2007). Tendencije razvoja novih tehnologija i koncepata željezničkog putničkog saobraćaja, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Beograd, 2007.

Rajilić, S. (2016). Razvoj modela železničkog prevoza putnika u integrisanim transportnim sistemima, FTN Novi Sad.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

SOLUTION OF THE RADIO NETWORK FOR TRAFFIC MANAGEMENT ON THE SIDE RAILWAYS OF THE SERBIAN RAILWAYS

REŠENJE RADIO MREŽE ZA VOĐENJE SAOBRAĆAJA NA SPOREDNIM PRUGAMA ŽELEZNICE SRBIJE

Damir Zaborski[a], Vesna Vićić[b]

[a] *Academy of Technical and Art applied studies Belgrade, Department of Railroad transpor, Zdravka Celara 14, 11000 Belgrade, Serbia, damir.zaborski@gmail.com*

[b] *Serbian Railway Infrastructure, Sector for Electrical Engineering Belgrade, Nemanjina 6, 11000 Belgrade, Serbia, vvicic.vvesna@gmail.com*

Abstract: *The complete digitalization of the communication platform of the Serbian Railways is one of the basic preconditions for entering ERTMS (European Rail Traffic Management System) and this process has started with the modernization of highways by constructing optical infrastructure and implementing GSM-R (Global System for Mobile Communications-Railway) network. On the side lines in remote regions of the Serbian Railways, the construction of optical infrastructure is neither technically nor economically feasible in one step, but it will have been performing partially according to the established priorities in a longer period of time.*

The paper presents a technical solution of the digital radio network for traffic management on the side lines the Serbian Railways, that would ensure continuous communication within the staff on the official positions, in order to conduct railway traffic safely and to automate entire business processes. The proposed solution integrates radio network and radio relay links and guarantes a high degree of reliability and safety in work process. The simulation of the radio network is performed based on topographic data of the radio stations' broadcast locations and using the Radio Mobile software based on the digital terrain model. The digital integrated radio network contains a number of new advanced functions that enable digital mode, the possibility of further expansion, remote control and diagnostics, which reduces troubleshooting time and maintenance and operation costs.

The proposed digital radio network solution is applicable to all critical infrastructural parts of the Serbian Railways.

Key words: *railways, digitalization, radio network*

Abstract: *Potpuna digitalizacija komunikacione mreže Železnice Srbije jedan je od osnovnih preduslova za ulazak u ERTMS (European Rail Traffic Management System), a ovaj proces započet je modernizacijom magistralnih pruga, izgradnjom optičke infrastrukture i implementacijom GSM-R (Global System for Mobile Communications-Railway) mreže. Na sporednim prugama Železnice Srbije izgradnja optičke infrastrukture nije tehnički ni ekonomski izvodljiva u jednom koraku, već će se realizovati parcijalno po utvrđenim prioritetima u dužem vremenskom periodu.*

U radu je dat predlog rešenja digitalne radio mreže za vođenje saobraćaja na sporednim prugama Železnice Srbije kojim bi se obezbedilo kontinuirano sporazumevanje između osoblja posednutih službenih mesta u cilju bezbednog odvijanja železničkog saobraćaja i automatizacije poslovnih procesa. Predloženo rešenje integriše radio mrežu i radio relejne linkove i garantuje visok stepen pouzdanosti i sigurnosti u radu. Simulacija radio mreže je izvršena na osnovu topografskih podataka i emisionih lokacija radio stanica korišćenjem softvera Radio Mobile u čijoj je osnovi digitalni model terena. Digitalna integrisana radio mreža sadrži niz novih naprednih funkcija koje omogućavaju digitalni mod rada, eventualna dalja proširenja, daljinsku kontrolu i dijagnostiku, čime se smanjuje vreme otklanjanja kvarova i troškova održavanja i ekspoloatacije.

Predloženo rešenje digitalne radio mreže je primenjivo na svim kritičnim infrastrukturnim delovima Železnice Srbije.

Key words*: železnica, digitalizacija, radio mreža*

1. UVOD

Istraživački i razvojni progres telekomunikacionih tehnologija usmeren je ka inovacijama, kojima se transformišu postojeće telekomunikacione mreže u mreže novih generacije NGN *(engl.Next Generation Network).* Različite komunikacione tehnologije da bi bile konkurentne na tržištu moraju podržavati potpunu digitalizaciju, širokopojasnu komunikaciju i zahtevane usluge od strane korisnika.

Bežična tehnologije svrstavaju se u red tehnologija koje su duboko prodrle u svakodnevni život. Može se reći da je dinamičan razvoj ovih tehnologija imao civilizacijski upliv u razvoj savremenog čovečanstva i trenutno se nalaze usred evolucije koja podrazumeva značajna poboljšanje u brzini i sigurnosti prenosa podataka, kompatibilnosti sa Ethernet tehnologijom i ekonomskoj isplativosti.

Savremene svetske i evropske železničke transportne kompanije čija je primarna delatnost pružanje usluga prevoza u velikoj meri za svoje komunikacione potrebe koriste različite bežične mreže i vide ih kao novi izvor prihoda i marketinški pogodak u svom poslovanju. Sva buduća inovativna usmerenja u razvoju železničkih sistema kao i drugih vidova saobraćaja usmerena su ka stvaranju intiligentnih transportnih sistema prilagodljivih okolini i mobilnosti, zasnovanih na bežičnoj i Ethernet tehnologiji.

Železnice Srbije (ŽS) su na osnovu plana namene frekvencijskog opsega dobile dozvolu da mogu graditi radio-komunikacione sisteme za svoje potrebe, pa su se tako intezivirala istraživanja, uložili napori i sredstva da se postojeći radio sistemi integrišu u jednu univerzalnu radio strukturu nezavisno od njene primene i u potpunosti digitalizuju.

2. RADIO MREŽE ZASTUPLJENE NA ŽELEZNICI SRBIJE

Usled dugogodišnjeg neulaganja i nesprovođenja investicionih projekata, izazvanih nedostatkom finansijskih sredstava, danas ŽS koriste zastarele telekomunikacione tehnologije koje ni tehnički ni tehnološki ne možu da odgovore potrebama i zahtevima koje pred njih postavlja železnički saobraćaj. Kako bi povratile ugled i pristupile evropskom železničkom tržištu ŽS su započele restruktuiranje i ulaganja u svim svojim segmentima. Kritičan problem za normalno funkcionisanje mreža predstavlja telekomunikaciona infrastruktura zbog čega je dalji razvojni koncept usmeren ka procesu digitalizacije u okviru integrisanog telekomunikacionog sistema. Međutim potpuna digitalizacija nije moguća u jednom koraku, pošto bi to iziskivalo velika materijalna sredstva.

Rešenje je u parcijalnoj implementaciji digitalnih sistema, obezbeđenju efikasnog funkcionisanja postojećih železničkih telekomunikacionih sistema u takozvanom prelaznom periodu i primarnom preduslovu digitalizacije telekomunikacione mreže a to je obezbeđenje optičke kablovske infrastrukture. Kad je reč o radio sistemima na ŽS u primeni su analogni sistemi namenjeni isključivo za prenos govora u cilju regulisanja železničkog saobraćaja i vršenja poslova stanične tehnologije rada. U zavisnosti od namene procesa rada konfigurišu se i različite arhitekture mreža. Analogne mreže su podložne atmosferskim uticajima i raznim vidovima smetnji ali su ekonomična rešenja zbog brze rekonfigiracije. Za sada kao ekonomski isplativo rešenje u odsustvu adekvatne kablovske infrastrukture na sporednim (neelektrificiranim) prugama gde je potrebano obezbeđenje kontinuiteta telekomunikacionih veza u primeni su radio mreže za potrebe vođenja saobraćaja. Koriste se kao rešenje nastalo usled čestih otuđenja i oštećenja vazdušnih vodova i kablova a samim tim i onemogućavanja sporazumevanja osoblja koji upravljaju saobraćajem.

Mreže za potrebe vođenja saobraćaja mogu se relativno brzo realizovati postavljanjem fiksnih radio stanica kod otpravnika vozova i repetitora u pogodne objekte železničke infrastrukture. Pruge koje su opremljene ovim rešenjem su Pančevo Glavna - Vršac, Novi Sad - Šajkaš - Orlovat, Ruma - Šabac, Beočin - Petrovaradin, Šabac - Loznica – Zvornik. Radio relejne mreže kao integralni deo daljinskih telekomunikacionih snopova železničkih telekomunikacija odlikuju se visokom elastičnošću i mobilnošću. U okviru ŽS radio relejne veze su korištene za prenos viskofrekfretnih telefonskih i telegrafskih kanala. Moguć je i prenos pružnih i dispečerskih veza, kao i informacija signalno sigurnosne zavisnosti.

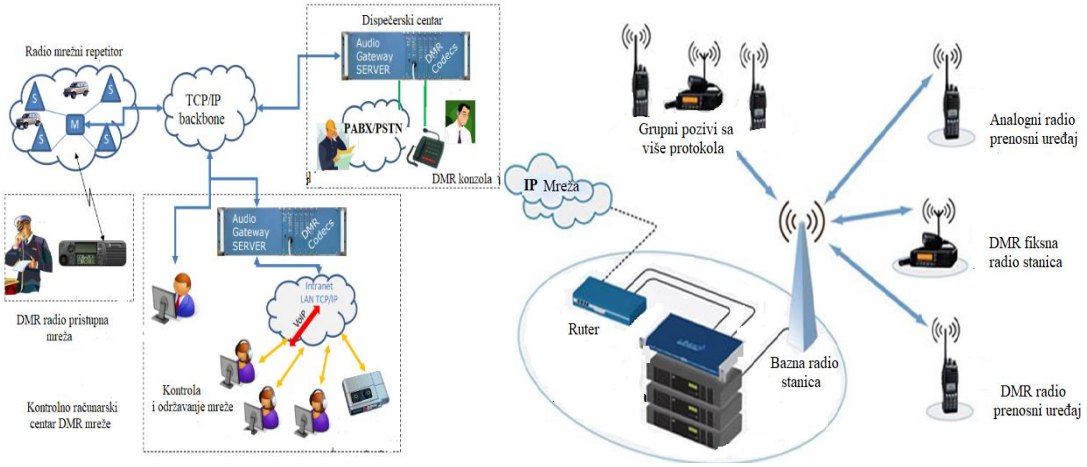
Plan razvoja ŽS podrazumeva postepeno uvođenje digitalnih radio mreža i to prvenstveno mreža čija je namena vođenje saobraćaja(na sporednim prugama) u prvoj fazi digitalizacije, jer direktno utiču na bezbednost saobraćaja. Pored zamene postojećih analognih mreža za vođenje saobraćaja digitalnim, potrebno je projektovati i izgraditi nove radio mreže jer su isplativa i fleksibilna rešenja. Budućom izgradnja digitalnih radio relejnih veza iskazana je potreba obezbeđenja zaštitnih prstenova za magistralne telekomunikacione pravce i povezivanje telefonskih centrala, gde nije moguće obezbediti fiksnu telekomunikacionu infrastrukturu. Za prvu fazu ugradnje predviđa se opremanje prioritetnih regiona koji su telekomunikaciono potpuno odsečeni, a to su banatski, zaječarski i podrinjski region. Na magistralnim pravcima Generalnim projektom integrisanog telekomunikacionog sistema predviđene su savremene tehnologije i rešenja koja će takođe integrisati UKT radio mreže.

3. DIGITALNE RADIO MREŽE

Digitalne radio mreže DMR (*eng.Digital Mobile Radio)* koriste digitalni prenos i omogućavaju pored glasovne komunikacije i širi spektar usluga. Savremeni železnički sistemi su prešli na digitalne standarde koji su proces automatizacije poslova i usluga podigli na visok nivo stepena bezbednosti i sigurnosti. Pri tom su se razvili mnogi standardi za praćenje i pozicioniranje vozova u domenu procesa vođenja saobraćaja. Podrškom radio relejni linkova moguće je povezivanje više mreža na velikim udaljenostima. Jedan od razloga za korišćenje digitalne opreme je smanjenje i postepeno gašenje proizvodnje analognih uređaja. U odnosu na do sada zastupljene analogne radio mreže, DMR pružaju efikasniji rad i nove funkcije koje podrazumevaju sledeće:

- daljinski nadzor i upravljanje repetitorskih i krajnjih radio stanica sa dispečerskih konzola,
- ravnomerno korišćenje radio kanala,
- prenos tekstualnih poruka,
- daljinsko praćenje baterija,
- povezivanje radio-mreže sa telefonskom centralom,
- povezivanje pametnih telefona na radio-mrežu,
- snimanje razgovora,
- praćenje lokacija krajnjih radio stanica preko GPS-a i dr.

Na slici 1. a. ilustrovana je arhitektura DMR i mogući servisi a na slici 1. b. arhitektura radio pristupne mreže. Novi DMR standard, razvio je ETSI pod oznakom ETSI TS 102 361.



Slika 1. a. Arhitektura i servisi DMR mreže b. Arhitektura radio pristupne mreže

DMR sistem se bazira na TDMA tehnologiji radio prenosa sa dva vremenska slota po jednom radio-kanalu, čime se povećava spektralna efikasnost postojećih PMR radio kanala širine 12.5 kHz, a samim tim i saobraćajni kapacitet sistema. DMR radio mreže imaju mogućnost komuniciranja u analognom i digitalnom modu, što između ostalog korisniku omogućava ekonomičnu tranziciju sa postojećeg analognog na digitalni radio-sistem, jer može da koristi postojeće analogne radio stanice dok im ne istekne vek trajanja.

Moguće je organizovati mrežu sa centralizovanim apikativnim serverom kojim se upravlja iz udaljenih dispečerskih mesta preko korisnikove IP mreže. Osim lokacijskih servisa, u digitalizovanim i delimično digitalizovanim radio-mrežama mogu se prenositi i podaci koji obuhvataju servise tekstualnih poruka, telemetrijske i druge servise.

Osnovne prednosti DMR funkcionalnih sistema su:

- povećana raspoloživost frekvencijskog spektra,
- povećana spektralna efikasnost korišćenjem TDMA,
- veći radijus pokrivanja i bolji kvalitet audio signala,
- povećana autonomija baterija,
- mogućnost korišćenja naprednih funkcija i fleksibilnost pri organizovanju i konfiguraciji radio mreže i
- niža cena opreme potrebna za realizaciju radio sistema.

U okviru savremenih železničkih sistemima u primeni su digitalne mreže koje su pouzdano i ekonomično rešenje namenjeno prenosu govora, podataka i video informacija. Koriste se za izgradnju glavnih ili alternativnih prenosnih puteva u regionalnim i lokalnim telekomunikacionim mrežama, za povezivanje baznih stanica

mobilne telefonije, za povezivanje terminala sa većim brzinama prenosa i obezbeđenje redudantih puteva SDH *(Synchronous Digital Hierarchy)* mreži. Digitalne radio mreže se jednostavno, brzo i lako realizuju i premeštaju zbog čega su bolje rešenje u odnosu na kablovska rešenja.

4. REŠENJE RADIO MREŽE ZA VOĐENJE SAOBRAĆAJA NA PRUGAMA MALA KRSNA- POŽAREVAC - BOR - VRAŽOGRNAC I CRVENI KRST - ZAJEČAR - PRAHOVO PRISTANIŠTE

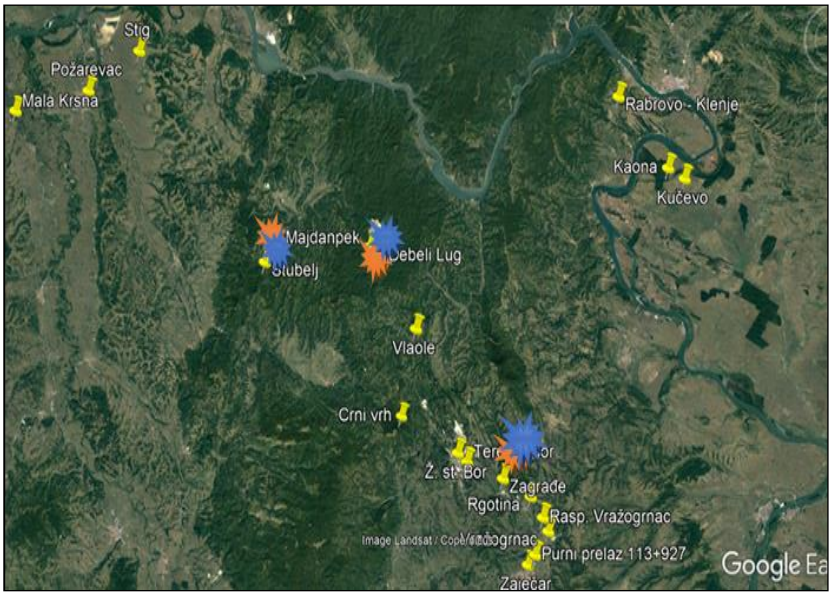
Železničke pruge Mala Krsna - Požarevac - Bor - Vražogrnac i Crveni Krst - Zaječar - Prahovo Pristanište između Požarevca i Zaječara u dužini od 110 km, sa osamnaest službenih mesta spadaju u kategoriju sporednih pruga. Planom ŽS modernizacija ove pruge predviđena je za treću odnosno poslednju fazu digitalizacije telekomunikacionog sistema železnice. Kako je pruga neelektrificirana uvođenje optičke infrastrukture je jedino moguće polaganjem kabla u rov pored pruge što je neekonomično rešenje. Zbog dotrajalosti železničke infrastrukture, neadekvatnih telekomunikacioh veza česte su nezgode i vanredni događaji čime se ugrožava bezbednost i redovitost saobraćaja vozova.

Posle izvršenih preliminarnih analiza gustine saobraćaja, zone pokrivanja, proračuna fiksnih veza i drugih uslova koji utiču na kvalitet pokrivanja dela pruge koji je predmet ovog rada, kao najracionalnije, odnosno najfunkcionalnije rešenje predlaže se postavljanje repetitora na tri emisione lokacije. Na prvi pogled formiraju se tri nezavisne radio mreže, međutim namena predložene mreže je vođenje saobraćaja vozova zbog čega je potrebno da se veza može održavati duž pruge u kontinuitetu, odnosno da se sa svakog službenog mesta može komunicirati sa susednim službenim mestima, a po potrebi i da mogu komunicirati sva službena mesta međusobno. Da bi se obezbedio navedeni zahtev potrebno je povezati repetitore kako bi se mogla ostvariti veza između fiksnih radio stanica u zoni jednog repetitora sa fiksnim stanicama koja se nalazi u zoni pokrivanja drugih repetitora. Rešenje za navedeni zahtev je povezivanje putem digitalnih radio relejnih (RR) linkova emisionih lokacija samih repetitora.

Predloženo integrisano rešenje digitalne radio mreže i radio relejnih linkova bi obezbedilo u potpunosti kontinuitet sporazumevanja na pruzi i omogućilo veliki broj novih funkcionalnosti.

4.1. Simulacija radio mreže upotrebom softvera Radio Mobile

Radio Mobile je široko dostupan softverski paket koji se može koristi za planiranje i projektovanje radio mreža u čijoj je osnovi digitalni model terena. Za simulaciju radio mreže potrebni su topografski podaci predviđenih emisionih lokacija radio stanica kako bi se iscrtali i prikazali profili terena za vezu između bazne i fiksnih radio stanica. Softver pruža detaljan model propagacije radio talasa, takođe može da prikaže pokrivenost područja sa određene lokacije, da analizira tačku po tačku radio veze i izvozi slike, mape u Google Earth za vizuelizaciju, prikazujući putanju i Frenelove zone. Na slici 2 ilustrovana je mapa predviđenih lokacija za raddio mrežu u Google Earth.



Slika 2. Ilustracija mape predviđeh lokacija radio mreže u Google Earth

Za lokacije predviđene za montažu baznih radio stanica dati su geografski podaci u tabeli 1.

Tabela 1. Geografski podaci lokacija baznih radio stanica

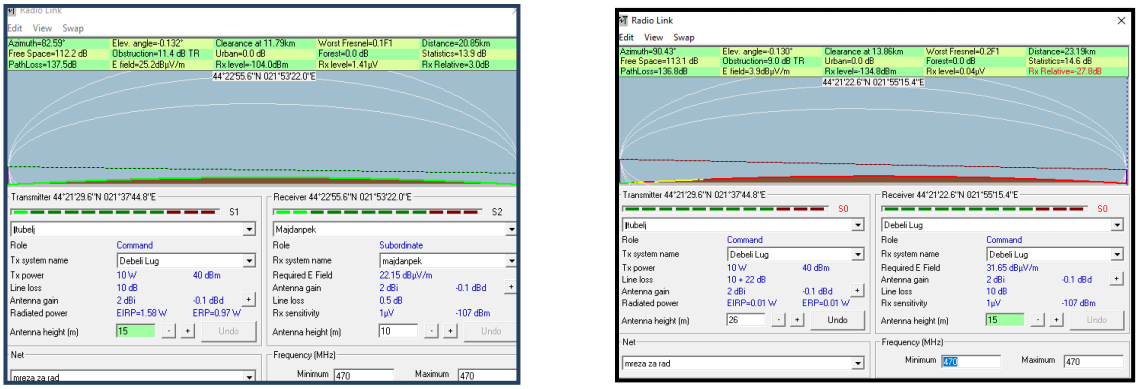
Lokacija repetitora	Geografske koordinate		Nadmorska visina (m)	Visina antene antene (m)
FB1 Štubelj	44° 21' 29.5" N	21° 37' 44.8"E	936	26
FB2 Debeli Lug	44° 21' 22.6"N	21° 55' 15.4"E	582	15
FB3 Crni Vrh, Bor	44° 07' 47.6"N	21° 57' 52.6"E	1038	19

Za lokacije predviđene za montažu fiksnih radio stanica dati su geografski podaci u tabeli 2. S obzirom na to da je komunikacija između bazne i fiksnih stanica dvosmerna, kvalitet veze se mora proveriti u oba smera. Mera kvaliteta je rezerva jačine polja na mestu prijema signala u odnosu na osetljivost prijemnika.

Tabela 1. Geografski podaci lokacija fiksnih radio stanica

Lokacije fiksnih Baznih stanica	Geografske kordinate		Nadmorska visina(m)	Visina antene (m)
FX 1-2 Пожаревац	44°36'51.0"N	21°11'12.7"E	80	11
FX3 Klenje	44°40'21.1"N	21°18'53.6"E	123	13
FX4 Rabrovo	44°35'45.7"N	21°30'48.2"E	106	13
FX5 Kaona	44°29'20.5"N	21°38'05.7"E	156	13
FX6 Kučevo	44°28'20.6"N	21°40'32.2"E	155	14
FX7 Majdanpek	44°22'55.6"N	21°53'22.0"E	287	10
FX8 Vlaole	44°15'26.3"N	22° 00'07.2"E	472	12
FX9 Žs.Bor	44°04'22.6"N	22° 06'09.3"E	368	12
FX10 Teretna Bor	44°03'34.9"N	22° 07'30.0"E	363	9
FX11 Zagrđe	44°02'01.1"N	22°12'48.6"E	200	11
FX12 Rgotina	44°00'21.7"N	22°16'53.5"E	154	9
FX13 Rasputnica Vraž.	43°58'28.0"N	22°18'41.0"E	135	6
FX14 Bražogrnac	43°57'13.3"N	22°19'27.1"E	117	9
FX15 PP 113+927	43°55'09.6"N	22°17'26.6"E	137	6
FX16-17 Zaječar	43°54'17.1"N	22°16'21.8"E	130	8
FX18 Mala Krsna	44°35'04.4"N	22°00'10.8"E	84	19

Na slici 3 je prikazan vertikalni profil terena između repetitora na lokacija Štubelj i fiksne radio stanice na lokaciji Majdanpek i repetitora Štubelj i fiksne radio stanice na lokaciji Debeli Lug.



Slika 3. Prikaz vertikalnog profila terena između lokacija Štubelj – Majdanpek i Štubelj – Debeli Lug korišćenjem Radio Mobile softvera

U navedenom softveru urađeni su prikazi profila terena za vezu između svih baznih i fiksnih radio stanica. Iz rezultata merenja kvaliteta veza zaključak je da su polazni parametri svake radio stanice pravilno odabrani sa aspekta stabilnosti fiksne veze a predložene maksimalne efektivno izračene snage repetitora i fiksnih stanica dovoljne da se ostvari željena zona pokrivanja i kvalitet uspostavljanja fiksnih veza.

Pošto će se ova radio mreža koristiti u službi bezbednosti proračun zone pokrivanja je sproveden za vrednost minimalne jačine polja koje se štiti i to 22,3 dBμV/m u frekvencijskom opsegu oko 150 MHz. Znajući da je odnos zaštite u slučaju radio mreže koja se koristi u službi bezbednosti 22,5dB, to je proračun zone ometanja, sproveden za vrednost minimalne jačine polja koje se štiti i to 0,2 dBμV/m. Proračuni zone pokrivanja kao i zone ometanja izvršeni su na način, kako je definisano u okviru Pravilnika o tehničkim i eksploatacionim uslovima pod kojima se mogu koristiti radio stanice (Službeni list SFRJ br.28/81) i saglasno sa preporukom ITU-R P.1144-6. Proračun jačine električnog polja na određenom rastojanju od predajnika grafički i tabelarni prikaz zona pokrivanja, grafički prikaz zone optičke vidljivosti obavljeni su takođe pomoću Radio Mobile softvera.

Na pruzi Mala Krsna - Požarevac - Bor - Vražogrnac i Crveni Krst - Zaječar - Prahovo Pristanište između Požarevca i Zaječara na osnovu izvršenih simulacija u softveru Radio Mobile predlaže se primena digitalnih uređaja za radio mrežu koja se sastoji od tri repetitora i osamnaest fiksnih radio stanica za pokrivanje šireg geografskog područja. Izvršen je obilazak svih emisionih lokacija radio stanica, gde su na licu mesta izmerene geografske koordinate i utvrđene mogućnosti i uslovi montaže emisione opreme na svakoj pojedinačnoj lokaciji, sa procenom visine montaže antena iznad tla i dužine antenskog kabla.

Simulacija radio RR linkova kojima će se povezati repetitori izvršena je na osnovu potrebnih topografskih podataka (Tabela 3) predviđenih RR stanica kako bi se iscrtali i prikazali profili terena i RR trase (Tabela 4). Profil terena sa Frenelovom zonom za predmetne RR deonice urađen je softverski na osnovu topografskih podataka i primenjenih frekvencijskih opsega. Vertikalni profil RR deonica iscrtan je pomoću namenskog softvera Radio Mobile sa rezolucijom od 20 m, gde nisu uračunati infrastrukturni objekti.

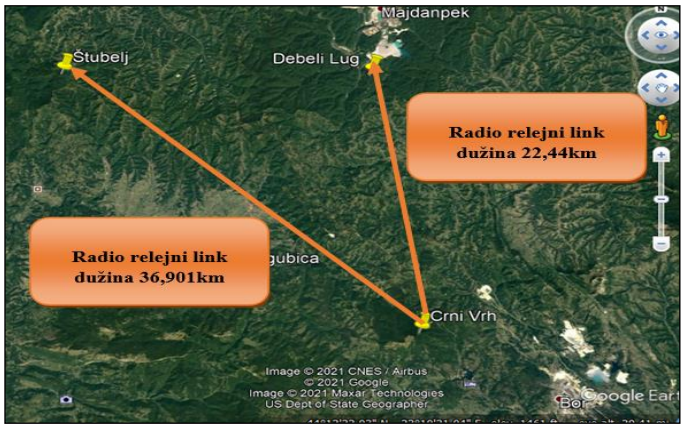
Tabela 3. Geografski podaci RR stanica

Lokacija bazne radio stanice	Geografske koordinate		Nadmorska visina stanice (m)	Planirana visina antene (m)	Visina antene (m)
Štubelj	44° 21' 29.5"N	21° 37' 44.8"E	936	26	962
Debeli Lug	44° 21' 22.6"N	21° 55' 15.4"E	582	15	597
Crni Vrh	44° 07' 47.6"N	21° 57' 52.6"E	1038	17	1055

Tabela 4. Detaljni podaci trase Štubelj - Crni vrh Bor i Debeli Lug - Crni vrh Bor

RRtrasa	**Štubelj - Crni vrh Bor**	
RR stanica	Štubelj	Crni Vrh, Bor
Azimut	133°18'45.6"	313°32'48.3"
Elevacija	-00°01'16.9"	-00°18'36.4"
Talasnost terena	215.9 m	
Dužina deonice	36.901 km	
RR trasa	**Debeli Lug - Crni vrh Bor**	
RR stanica	Debeli Lug	Crni Vrh, Bor
Azimut	172°05'26.3"	352°07'16.0"
Elevacija	00°55'07.5"	-01°08'50.3"
Talasnost terena	216.4 m	
Dužina deonice	25.44 km	

Na slici 4 dat je geografski prikaz trase Štubelj - Crni vrh, Bor i Debeli Lug - Crni vrh, Bor



Slika 4. Geografski prikaz trase RR veze Debeli Lug - Crni vrh Bor i Debeli Lug - Crni vrh, Bor

4.2. Rešenje digitalne radio mreže

Digitalna radio mreža je okarakterisana kao radio mreža koja će se koristiti u službi bezbednosti ljudskih života i imovine. Korišćenjem radio mreže na predmetnoj pruzi, otpravnik vozova neposredno reguliše i vrši železnički saobraćaj, osigurava bezbedan ulaz, izlaz i prolaz vozova u stanici. Lokacije predviđene za repetitore pre svega su izabrane zbog mogućeg kvalitetnog pokrivanja cele deonice železničke pruge, kao i zbog postojanja adekvatne infrastukture, prilaznog puta i kvalitetnog energetskog napajanja.

Lokacije baznih radio stanica predviđene su na mestu sa postojećom infrastrukturom koja ima kapacitete za iznajmljivanje prostora koji je neophodan za smeštaj antena i opreme, a sa koje će se obezbediti kvalitetno pokrivanje cele deonice. Lokacije fiksnih radio stanica su unapred definisane i treba da budu smeštene na službenim mestima koja učestvuju u vođenju saobraćaja.

Na osnovu izvršenih simulacija za funkcionalnu radio mrežu potrebne su:

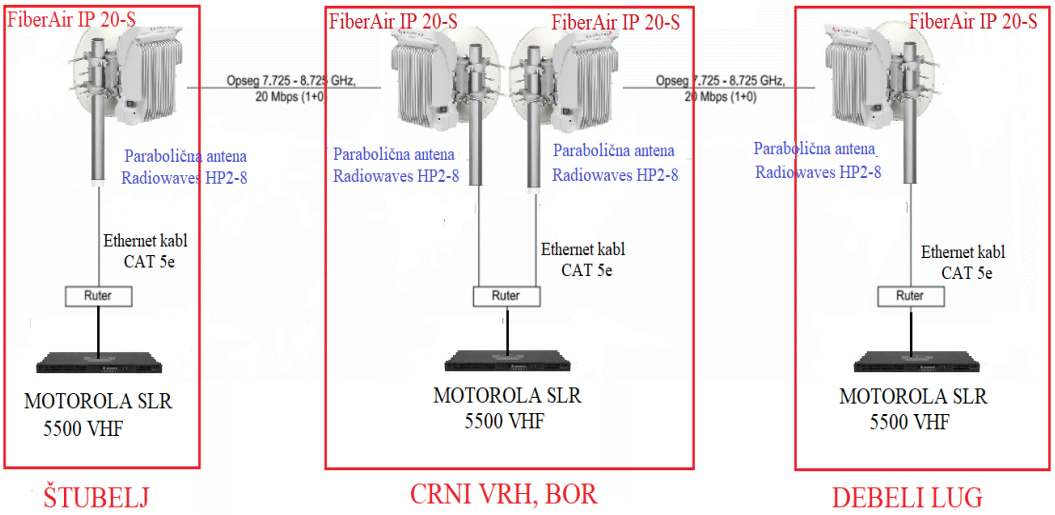
- 3 bazne radio stanice (repetitora) FB1-FB3
- 18 fiksnih radio stanica FX1- FX18

Antena bazne stanice na lokaciji Štubelj potrebno je da se montira na antenskom stubu u vlasništvu Javnog preduzeća za Emisionu tehniku i veze. Antena bazne stanice Debeli Lug montiraće se na rešetkastom antenskom stubu u vlasništvu Telenora a antena bazne stanice Crni Vrh, Bor na objektu u vlasništvu Direkcije za imovinu Republike Srbije a koristi ga RHMZ Srbije. Na lokacijama Mala Krsna i Zaječar potrebno je instalirati registrofon za snimanje komunikacije u službi bezbednosti

Pošto je funkcionalni radio sistem predviđen za potrebe regulisanja i obavljanja železničkog saobraćaja na navedenoj pruzi, on mora obezbediti pouzdanost, kvalitet prenosa i dovoljan propusni opseg mreže za kvalitetnu razmenu saobraćaja. Na osnovu procene gustine radio saobraćaja određen je broj frekvencijskih kanala koji će obezbediti nesmetan proces regulisanja železničkog saobraćaja. Prema planu namene, opsezi 147.775-148.300 MHz i 152.275-152.800 MHz su predviđeni za rad baznih stanica u simpeleksu, semidupleksu i dupleksu. Razmak između kanala je 25 KHz, razmak između dupleksnih frekvncija je 4.5 MHz.

Funkcionalna radio mreža omogućava rad u semidupleksu kao osnovnom načinu rada, i povremeno u tzv „izvedenom" simpleksu kao sporednom načinu rada. Rad u semidupleksu se obavlja preko repetitora. Da bi mogao istovremeno da prima i predaje repetitor mora da koristi dve odvojene frekvencije.

Na osnovu izvršenih simulacija, predlog lokacija za digitalne RR stanice su lokacije repetitora. ŽS planiraju digitalne RR linkove u frekventni opsege od 7-8 GHz. Kao tehničko rešenje za realizaciju optimalnog i pouzdanog RR linka na trasi Štubelj - Crni Vrh, Bor i Debeli Lug - Crni Vrh, Bor uz poštovanje tehničkih uslova, geografskih parametara, potrebnih funkcija i kapaciteta za izgradnju svake RR veze. Na slici 4 saglasno predloženom tehničkom rešenju, prikazana je principijelna blok šema predmetnih digitalnih RR linkova, za povezivanje repetitorskih lokacija funkcionalne radio mreže.



Slika 4. Blok šema povezivanja predloženih digitalnih RR uređaja i funkcionalnih digitalnih radio uređaja

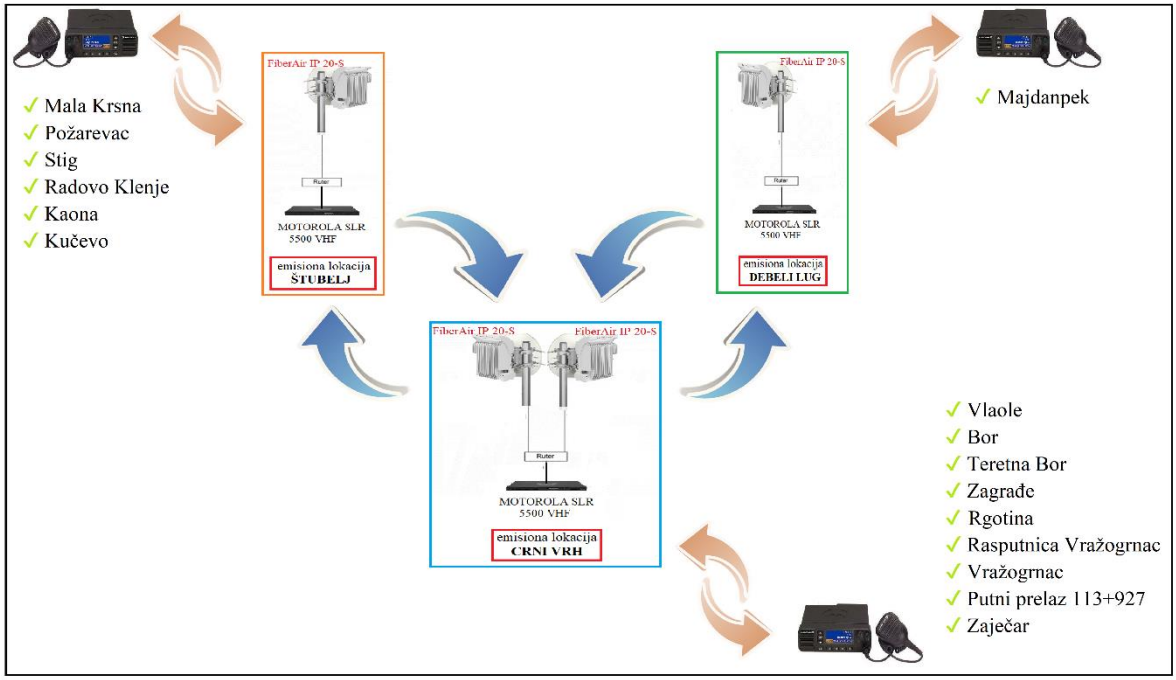
Kako bi se postigao kvalitet i raspoloživost RR linkova, propisanim normama na definisanim trasama potrebno je da predloženi uređaji obezbede sve potrebne parametre, dobijene proračunom kvaliteta RR linkova. Polazeći od podataka o lokacijama, vertikalnim profilima terena, izbora opreme, proračuna kvaliteta i raspoloživosti linkova poštovane su ITU preporuke ITU-R P.530-16, ITU-R P.676-11, ITU-R P.838-3., ITU-R F.1703. i ITU-R P.530-16.

Preporukom ITU-R P.530-16, tokom dizajniranja RR mreže, sa neophodnom optičkom vidljivošću, uzeti su u obzir efekati propagacije i to:

- difrakcioni feding usled prepreka na trasi pod nepovoljnim uslovima propagacije,
- slabljenje usled atmosferskih gasova,
- slabljenje usled multipata ili širenja snopa vezano za formiranje nepravilnih refraktivnih slojeva,
- feding usled prostiranja duž više putanja koji se javlja usled refleksije od površine,
- slabljenje usled padavina ili drugih čestica u atmosferi,
- razlika u upadnom uglu na prijemnom terminalu i izlaznom uglu iz predajnika,
- smanjenje diskriminacije kros-polarizacije u uslovima multipata ili padavina i
- distorzija signala usled frekvencijski selektivnog fedinga i kašnjenja tokom.

RR linkovi Štubej - Crni vrh, Bor i Debeli Lug - Crni vrh, Bor, dimenzionisani su u rangu kratke sekcije mreže *(eng.short-haul*) prema propisu ITU-T G.826. Rezultati dobijeni proračunima u skladu sa usvojenim normama pokazuju da je raspoloživost RR linka zadovoljavajuća i da je predložena RR digitalna jedinica je adekvatan izbor.

Na slici 5 ilustrovano je rešenje integrisane radio mreže na pruzi Mala Krsna - Požarevac - Bor - Vražogrnac i Crveni Krst - Zaječar - Prahovo Pristanište između Požarevca i Zaječara



Slika 5. Blok šema predložene integrisane radio mreže na prugama Mala Krsna - Požarevac - Bor - Vražogrnac i Crveni Krst - Zaječar - Prahovo Pristanište između Požarevca i Zaječara

Prednost digitalnih radio mreža se ogleda i u mogućnosti softverske konfiguracije parametara mreže, daljinske kontrole i dijagnostike rada mreže i otklanjanja smetnji iz udaljenog centra čime se smanjuju troškovi održavanja u periodu ekspoatacije. Da bi radio mreža mogla da funkcioniše potrebno je izvršiti konfiguraciju pomoću softvera koji isporučuje proizvođač kao standardni deo opreme. Prilikom pristupanja radio stanici vrši se njeno iščitavanje i ponovno podešavanje u zavisnosti od potreba korisnika.

5. ZAKLJUČAK

Imperativ kvaliteta i uspešnog poslovanja savremenih železničkih sistema zasnovan je između ostalog i na digitalnim bežičnim radio mrežama.

Posle izvršenih preliminarnih analiza gustine saobraćaja, zone pokrivanja, proračuna fiksnih veza i drugih uslova koji utiču na kvalitet pokrivanja dela pruge koji je predmet ovog rada, kao najracionalnije, odnosno najfunkcionalnije rešenje predlaže se postavljanje repetitora na tri emisione lokacije.

Na pruzi Mala Krsna - Požarevac - Bor - Vražogrnac i Crveni Krst - Zaječar - Prahovo Pristanište između Požarevca i Zaječara na osnovu izvršenih simulacija u softveru Radio Mobile predlaže se primena digitalnih uređaja za radio mrežu koja se sastoji od tri repetitora i osamnaest fiksnih radio stanica za pokrivanje šireg geografskog područja.

Predloženo rešenje radio mreže za pomenutu prugu obezbediće kontinuirano sporazumevanje između osoblja posednutih službenih mesta u cilju bezbednog odvijanja železničkog saobraćaja. Digitalna integrisana radio mreža u odnosu na postojeće analogne radio mreže sadrži niz novih naprednih funkcija koje omogućava digitalni mod rada, mogućnost daljeg proširenja, daljinsku kontrolu i dijagnostiku čime se smanjuje vreme otklanjanja smetnji i troškova održavanja u periodu ekspoatacije.

Predložena radio mreža prema kategoriji i obimu saobraćaja predmetne deonice pruge je tehnički i ekonomski prihvatljivo rešenje koje bi doprinelo povećanju bezbednosti i automatizaciji u železničkom saobraćaju.

Digitalni repetitori predložene tehnološke VHF radio mreže otvaraju nove mogućnosti. Povezivanje repetitora digitalnim radio relejnim linkovima obezbedilo bi neprekidnu pokrivenost, visok stepen pouzdanosti i sigurnosti i mogućnost proširenja odnosno povećanja mrežnog kapaciteta.

Digitalna radio mreža je primenjiva na svim sporednim prugama Železnice Srbije, kao i za slična rešenja za pruge u regionu, naročito u nedostatku kablovske infrastrukture i predstavlja tehnički jednostavno i ekonomski isplativo rešenje.

6. LITERATURA

Zaborski D., Živojinović M., Cvjetković Ž., Analiza pogodnih metoda propagacije za pokrivanje radio poljem pruga na brdsko-planinskom terenu i u tunelima, JUŽEL, V.Banja 1995.

Zaborski D., Radonjić A., Živojinović M., Predikcija radio-polja uz pomoć računara i upoređivanje sa rezultatima dobijenim merenjem, XIII Telekomunikacioni forum TELFOR 2005.Beograd novembar2005

Magistarski rad, Damir Zaborski, Savremeno rešenje računarsko telekomunikacione mreže Železnica Srbije a proračunom kapaciteta mreže za prenos govora i podataka, Beograd 2005.

CIP Generalni projekat integrisanog telekomunikacionog sistema Železnice Srbije, Beograd 2007.

www.iritel-katalog-otn-dwdm-sdh-sonet-wdm-pdh-multiplexer-konvertori-radio-energetska (24.06.2019.)

https://www.winncom.com/docs/ceragon/Ceragon_Solution_Brief_FibeAir_IP-20 Reduces (29.03.2020)

https://www.motorolasolutions.com/en_us/products/two-way-radios/mototrbo/ (21.01.2021.)

http://www.radioactivity-tlc.com/pdf/ENB7A_Simulcast_network_2v3_RED.pdf (12.12.2020.)

https://www.dmrassociation.org/dmr-standards.html (03.05.2021)

https://www.ratel.rs/en/page/radio-relay-links(07.02.2019)

http://radiomobile.pe1mew.nl/?How_to:Wine:Download (04.04.2019)

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

SERVICE FACILITIES AND RAIL RELATED SERVICES. LEGAL REGULATION AND COMPETENCE OF THE DIRECTORATE FOR RAILWAYS

USLUŽNI OBJEKTI I USLUGE U VEZI SA ŽELEZNICOM. PRAVNO UREĐENJE I NADLEŽNOST DIREKCIJE ZA ŽELEZNICE

Branka Nedeljković[a], Lazar Mosurović[a], Vida Jerković[a]

[a] *Directorate for Railways, Nemanjina 6, 11000 Belgrade, Serbia, branka.nedeljkovic@raildir.gov.rs, lazar.mosurovic@raildir.gov.rs, vida.jerkovic@raildir.gov.rs*

Abstract: *Taking into account the importance of non-discriminatory supply of services related to railway freight and passenger transport from the point of view of smooth functioning of the railway services market, this matter needed a more detailed legal regulation. The new Law on Railways transposes the provisions of the relevant European Union rules regulating the access to service facilities and rail related services. Furthermore, it extends the competence of the Directorate for Railways, as a railway regulatory body, to operators of service facilities and rail related services.*

Key words: *service facilities, market, services, regulatory body*

Apstrakt: *Sagledavajući značaj nediskriminatorskog pružanja usluga koje su u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza robe i putnika sa aspekta nesmetanog funkcionisanja tržišta železničkih usluga, bilo je neophodno ovu materiju detaljnije pravno urediti. Novim Zakonom o železnici transponuju se odredbe relevantnih propisa Evropske unije kojima se uređuje pristup uslužnim objektima i uslugama u vezi sa železničkim prevozom. Takođe, proširuje se i nadležnost Direkcije za železnice, kao regulatornog tela za železnički sektor, na operatore uslužnih objekata i usluge u vezi sa železnicom.*

Ključne reči: *uslužni objekti, tržište, usluge, regulatorno telo*

1. UVOD

Nakon skoro stogodišnjeg funkcionisanja železničkog sektora po principu nacionalnih železnica i praktično poistovećivanja države i železnica, zahtevi vremena iskazani potrebom poboljšanja efikasnosti ovog vida saobraćaja, doveli su do uspostavljanja njegovog potpuno novog načina funkcionisanja. Naime, zbog zaostajanja u učešću u ukupnom prevozu putnika i robe u jednom permanentnom periodu prošlog veka, struka skoro svih država kao i donosioci odluka su se osmelili i upustili u istorijski projekat restrukturiranja železničkog sektora uključivanjem tržišta kao ključnog podijuma za efikasno poslovanje svih privrednih grana pa i saobraćaja. Navedenog posla se institucionalno latila Evropska unija mobilizacijom svih resursa, kako bi stvorila pravne uslove za organizaciju železničkog sektora u cilju njegove revitalizacije i unapredjenja, odnosno poboljšanja železničke usluge i njene konkurentnosti u dvoboju i višeboju sa drugim granama saobraćaja za kojima je permanentno zaostajala. Ta uspavanost železnica pod okriljem države se intenzivno razdrmala setom donetih i implementiranih propisa u nizu godina počev od 1991. godine i prve reformske direktive EU, čiji je imperativ bio razdvajanje upravljanja infrastrukturom od prevoza pa do današnjeg već tržišnog ponašanja železničkih prevoznika u skladu sa ključnom direktivom iz ove oblasti, Direktivom 2012/34/EU o uspostavljanju jedinstvenog evropskog železničkog prostora. Može se slobodno reći da se u cilju stvaranja konkurentnih davalaca usluga u železničkom saobraćaju krenulo od jednog neminovnog razdvajanja (upravljanja infrastrukturom od prevoza) da bi se u završnici procesa doslo do objedinjavanja odnosno integrisanja železničke mreže i otvaranja železničkog tržišta na evropskom nivou, uključujući i države koje nisu članice EU, posebno na Zapadnom balkanu, u cilju maksimalnog rasterećenja protoka putnika i robe od svih mogućih nepotrebnih formalnosti i ometajućih elemenata sa ciljem što efikasnije pristupačnosti potencijalnim korisnicima.

Pravno uređenje funkcionisanja i struktura železničkog sektora u Srbiji

Restrukturiranje želznickog sektora zahtevalo je potpuno novo pravno uređenje oblasti i to sa aspekta samog funkcionisanja novih aktera kao i njihovih međusobnih odnosa i posebno uređenja nediskriminatorskog pružanja usluga koje su u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza robe i putnika kako bi tržište železničkih usluga nesmetano funkcionisalo. Naime, integrisana železnička preduzeća su zamenjena upravljačima infrastrukture, prevoznicima za prevoz putnika i prevoznicima za prevoz robe sa istovremenim dolaskom na svet brojnih nezavisnih tela sa nadležnostima u skladu sa relevantnim propisima EU, odnosno harmonizovanim i implementiranim nacionalnim propisma u pojedinim državama. Usklađivanje srpskog nacionalnog železničkog zakonodavstva sa odgovarajućim propisima EU počelo je 2005. godine sa Zakonom o železnici koji je otvorio mogućnost za nove učesnike na tržištu železničkog transporta. Dalja harmonizacija sa železničkim zakonodavstvom EU postignuta je Zakonom o železnici usvojenim 2013, izmenjenim i dopunjenim 2015. i 2017, i Zakonom o železnici („Službeni glasnik RS“, br. 41/18), koji je trenutno na snazi.

Iako je železničko tržište u Srbiji zakonski otvoreno za železničke prevoznike sa sedištem u Srbiji od 2005, ono je zapravo otvoreno tek nakon podele integrisanog železničkog preduzeća „Železnice Srbije” a.d.

U julu 2015, Vlada Republike Srbije usvojila je osnivačke akte za tri nove kompanije, „Srbija Voz” a.d, „Infrastruktura železnice Srbije” a.d. i „Srbija Kargo” a.d. Direktiva 2012/34/EU (izmenjena i dopunjena Direktivom (EU) 2016/2370 i Delegiranom odlukom Komisije (EU) 2017/2075) predviđa mogućnost holding organizacije pod određenim uslovima, međutim, u Srbiji je sprovedeno potpuno razdvajanje aktivnosti koje se odnose na infrastrukturu, putnički i teretni saobraćaj. Zahvaljujući svrsishodnoj strukturi za nesmetano funkcionisanje tržišta železničkih usluga, u Srbiji danas imamo 20 licenciranih železničkih prevoznika za prevoz robe u javnom saobraćaju odnosno za prevoz za sopstvene potrebe.

2. USLUŽNI OBJEKTI U ZAKONODAVSTVU EU

Pored osnovnih novonastalih aktera u železničkom sektoru nakon njegovog restrukturiranja, lepeza novih pravnih relacija koje je trebalo urediti zahtevala je institucionalno ustanovljavanje novih pravno ekonomskih subjekata u železničkoj oblasti, među kojima značajno mesto zauzimaju operatori uslužnih objekata. Pod uslužnim objektom podrazumevaju se postrojenja, uključujući zemljište, zgrade i opremu, posebno raspoređene, kao celina ili delimično, kako bi omogućili pružanje jedne ili više železničkih usluga, uključujući i koloseke koji povezuju mrežu sa uslužnim objektima.

S obzirom na značajnu ulogu koju imaju brojni uslužni objekti u pružanju železničke usluge, ovu pravnu materiju nije zaobišla Direktiva 2012/34/EU nego joj daje posebno mesto regulišući uslove za pristup kao i sve relevantne postupke u cilju nediskriminatorskog pristupa sa preciznom razradom odredbi u Sprovedbenoj uredbi Komisije (EU) 2017/2177 od 22. novembra 2017. godine o pristupu uslužnim objektima i uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza.

Uzimajući u obzir svrhu i oblast primene Direktive 2012/34/EU, odredbama o pristupu uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima obuhvataju se samo one usluge koje su u vezi sa pružanjem usluga železničkog transporta.

Direktiva 2012/34/EU nalaže operatorima uslužnih objekata da obezbede nediskriminatorski pristup uslužnim objektima i uslugama koje se pružaju u tim objektima. Ta direktiva se primenjuje na slučajeve pružanja usluga samom sebi, kao i na slučajeve usluga koje pruža operator uslužnog objekta.

Transparentnost uslova za pristup uslužnim objektima i uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza kao i informacija o naknadama, preduslov su da se svim podnosiocima zahteva omogući da na nediskriminatorskoj osnovi pristupaju uslužnim objektima i uslugama koje se pružaju u tim objektima. Skrivenim popustima koji se pojedinačno ugovaraju sa svakim podnosiocem zahteva bez poštovanja istih načela narušilo bi se načelo nediskriminacije pristupa uslužnim objektima i uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza.

Različiti subjekti mogu biti zaduženi za odlučivanje o uslovima pristupanja uslužnom objektu, dodeljivanje kapaciteta u datom uslužnom objektu i pružanje usluga u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza u tom objektu. U tim slučajevima, svi odgovarajući subjekti smatraju se operatorima uslužnog objekta u smislu Direktive 2012/34/EU. Upravljači infrastrukture treba da olakšaju prikupljanje informacija o uslužnim objektima i ublaže administrativno opterećenje za operatore uslužnih objekata tako što će im staviti na raspolaganje obrazac na lako pristupačnom mestu, recimo, na svom veb portalu. Takav obrazac trebalo bi da sačine železnički sektor i regulatorna tela, uz konsultacije sa operatorima uslužnih objekata. Operatori uslužnih objekata su u obavezi da sve relevantne informacije dostave upravljačima infrastrukture.

Sprovedbena uredba Komisije EU 2017/2177 utvrđuje detaljne pojedinosti postupka i kriterijume koje treba poštovati za pristup uslugama u uslužnim objektima koje navodimo u nastavku teksta.

Ako odredbe ove uredbe upućuju na podnosioce zahteva, smatra se da upućuju na železničke prevoznike. Ako se nacionalnim zakonodavstvom podnosiocima zahteva koji nisu železnički prevoznici daje pravo da zahtevaju pristup uslužnim objektima i uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza, relevantne odredbe ove uredbe takođe se primenjuju i na te podnosioce zahteva u skladu sa nacionalnim pravom.

Postojeća praksa pokazuje da u mnogim slučajevima podnosioci zahteva kao što su pošiljaoci i špediteri zahtevaju pristup uslužnim objektima.

Trase vozova i kapacitete u uslužnim objektima često dodeljuju različiti subjekti. Stoga je važno da ti subjekti međusobno komuniciraju kako bi obezbedili da predviđene trase vozova i planirani vremenski okviri u uslužnim objektima budu usklađeni i time omoguće nesmetano i efikasno odvijanje saobraćanja vozova. Isto treba primeniti i na situacije u kojima podnosilac zahteva traži usluge u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza u objektu u kome ih pružaju različiti pružaoci usluga.

Razmena podataka između subjekata koji naručuju transportne usluge, železničkih prevoznika i terminala u pogledu praćenja i lociranja i predviđenog vremena dolaska i polaska treba da doprinese boljem kvalitetu usluge i troškovnoj efikasnosti u logističkom lancu.

Ako operator uslužnog objekta primi zahtev koji je u sukobu s drugim zahtevom ili sa već dodeljenim kapacitetom, operator tog uslužnog objekta, kao prvi korak, treba da proveri da li bi bilo moguće ispuniti dodatni zahtev predlaganjem različitog vremenskog okvira, izmenom dodeljenog vremenskog okvira ako se odgovarajući podnosilac zahteva s tim slaže ili preduzimanjem mera koje omogućavaju povećanje kapaciteta datog objekta.

Ako kroz postupak koordinacije nije bilo moguće usklađivanje sukobljenih zahteva, operator uslužnog objekta može primeniti kriterijume za davanje prioriteta pri odlučivanju između sukobljenih zahteva. Takvi kriterijumi treba da budu nediskriminatorski i transparentni, kao i da budu objavljeni u opisu uslužnog objekta, koji preispituje regulatorno telo.

Terminom „izvodljiva alternativa“ obuhvaćeni su različiti elementi, uključujući naročito fizičke i tehničke karakteristike kao što su lokacija objekta, pristup putem, železnicom, vodnim putem ili javnim prevozom, slobodni profil, dužina koloseka i elektrifikacija; operativne karakteristike kao što su radno vreme, kapacitet u datom objektu i oko njega, zahtevi u pogledu obučenosti mašinovođe, obim i vrsta ponuđenih usluga; privlačnost i konkurentnost transportnih usluga kao što su odabir prevoznog puta, veze s drugim vidovima transporta i vreme prevoza i ekonomske aspekte kao što su uticaj na operativne troškove i profitabilnost predviđenih usluga.

Izgradnja uslužnog objekta iziskuje značajne investicije, a mrežni karakter železnica nameće ograničenja u pogledu mesta na kojima se objekti mogu graditi; rezultat toga je da nekih uslužnih objekata nema dovoljno na jednom prostoru u odnosu na zahteve, što često iziskuje postupak koordinacije. Ako se zahtevi za pristup nekom objektu nisu mogli ispuniti nakon postupka koordinacije, a objekat je blizu zagušenja, regulatornim telima treba omogućiti da od operatora uslužnih objekata zahtevaju uvođenje mere za optimizaciju korišćenja objekta.

Kako bi se na najbolji način iskoristili postojeći objekti, treba objaviti da se korišćenje objekata koji nisu bili u upotrebi najmanje dve godine daje u lizing ili u zakup ako železnički prevoznik izrazi zainteresovanost za korišćenje takvog objekta na osnovu dokazanih potreba. Svakom privrednom subjektu zainteresovanom za korišćenje tog objekta treba omogućiti da učestvuje u postupcima javnog nadmetanja i da podnese ponudu za preuzimanje poslovanja datog objekta.

Kako bi se izbeglo nesrazmerno opterećenje za operatore uslužnih objekata manjeg značaja, predviđeno je da se regulatornim telima pruži mogućnost da operatore uslužnih objekata izuzmu od svih ili pojedinih odredaba ove uredbe, uz izuzetak određenih odredaba koje se odnose na obavezu objavljivanja opisa uslužnog objekta, ako regulatorno telo smatra da dati objekat nema strateški značaj za funkcionisanje tržišta. Regulatorna tela treba da procenjuju zahteve za izuzeća pojedinačno, u svakom konkretnom slučaju. Za operatore uslužnih objekata izuzete od primene odredaba ove uredbe i dalje važe sva ostala pravila o pristupu uslužnim objektima i korišćenju usluga u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza utvrđena u Direktivi 2012/34/EU.

Pravna materija uredbe, odnosno, odredbe o opisu uslužnog objekta, objavljivanju opisa uslužnog objekta, dodatnih informacija, saradnje u pogledu dodeljivanja kapaciteta uslužnog objekta i njegovog korišćenja, zahteva za pristup uslužnim objektima i korišćenje usluga, postupka koordinacije, kriterijuma za davanje prioriteta, izvodljivim alternativama, odbijanju zahteva za pristup, žalbama i neiskorišćenim objektima biće obrađene u delu predmetnog zakonodavstva u Srbiji.

Zbog izuzetnog značaja luka kao uslužnih objekata dodajemo da Uredba (EU) 2017/352 Evropskog parlamenta i Saveta uspostavlja okvir za pružanje lučkih usluga i zajednička pravila o finansijskoj transparentnosti luka. Ovu uredbu, kojom se utvrđuju detalji postupka i kriterijumi koje poštuju operatori

uslužnih objekata i podnosioci zahteva treba takođe primenjivati na objekte morskih luka i luka na unutrašnjim vodama koji su povezani sa železničkim aktivnostima.

Takođe, treba naglasiti da se Sprovedbenom uredbom Komisije EU 2017/2177 ne dovode u pitanje obaveze subjekta zaduženog za održavanje utvrđene u skladu sa Direktivom EU 2016/798 Evropskog parlamenta i Saveta.

3. USLUŽNI OBJEKTI U PROPISIMA SRBIJE

Pravno uređenje pristupa uslužnim objektima i uslugama u vezi sa železničkim prevozom u Srbiji sprovedeno je Zakonom o železnici („Službeni glasnik RS“, broj 41/18), Uredbom o pojedinostima i kriterijumima koji se primenjuju za pristup uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima („Službeni glasnik RS“, broj 57/19) i Pravilnikom o elementima informacije o uslužnom objektu („Službeni glasnik RS“, broj 66/19). Navedeni propisi su potpuno usklađeni sa relevantnim propisima EU i u primeni su u RS.

U skladu sa Zakonom o železnici železnički prevoznici imaju pravo pristupa železničkoj infrastrukturi pod ravnopravnim, nediskriminatorskim i transparentnim uslovima u svrhu obavljanja prevoza robe i putnika, u skladu sa ovim zakonom.

Upravljač infrastrukture obezbeđuje svim železničkim prevoznicima, na nediskriminatorski način, minimalni pristupni paket usluga utvrđen članom 14. ovog zakona.

Operatori uslužnih objekata na nediskriminatorski način pružaju svim železničkim prevoznicima pristup uslužnim objektima, uključujući i pristup kolosecima i uslugama koje se pružaju u tim objektima, u skladu sa ovim zakonom i zakonom kojim se uređuje plovidba i luke na unutrašnjim vodama.

Železničkim prevoznicima, na njihov zahtev, mora biti omogućen pristup uslužnim objektima, uključujući pristupne koloseke, kao i korišćenje osnovnih usluga koje se pružaju u ovim objektima, pod uslovima koji su nediskriminatorski i transparentni, u skladu sa ovim zakonom.

U skladu sa Zakonom o železnici uslužni objekti su: 1) stanične zgrade, odnosno deo staničnih zgrada, u putničkim stanicama, namenjen putnicima u železničkom saobraćaju, i drugi objekti u funkciji putničkog saobraćaja, uključujući displej za informacije o putovanju i odgovarajuće mesto za usluge izdavanja karata; 2) teretni terminali; 3) ranžirne stanice i koloseci za formiranje vozova, uključujući koloseke za manevrisanje; 4) koloseci za gariranje namenjeni vozilima železničkih prevoznika koja su u funkciji korišćenja dodeljenog kapaciteta infrastrukture; 5) objekti za održavanje, s izuzetkom objekata za održavanje namenjenih vozovima za velike brzine ili za druge vrste voznih sredstava koja zahtevaju specifične objekte, u kojima se vrše radovi koji se ne izvode rutinski kao deo svakodnevnih aktivnosti i zahtevaju da se vozilo isključi iz saobraćaja; 6) ostali tehnički objekti, uključujući objekte za čišćenje i pranje; 7) objekti luka na unutrašnjim vodama povezani sa železničkim aktivnostima; 8) objekti za pružanje pomoći; 9) objekti za skladištenje i snabdevanje gorivom, za koje se cene iskazuju odvojeno.

Železničkim prevoznicima se, pored minimalnog pristupnog paketa usluga i osnovnih usluga, mogu pružati i dodatne i prateće usluge.

Dodatne usluge mogu da obuhvataju: 1) električnu energiju za vuču; 2) predgrevanje putničkih vozova; 3) prilagođene ugovore za:

(1) kontrolu prevoza opasne robe,

(2) pomoć u saobraćanju specijalnih vozova.

Prateće usluge mogu da obuhvataju:

1) pristup telekomunikacionim mrežama; 2) pružanje dodatnih informacija; 3) tehnički pregled voznih sredstava; 4) usluge izdavanja karata u putničkim stanicama; 5) usluge održavanja koje se pružaju u objektima za održavanje namenjenim vozovima za velike brzine ili drugim vrstama voznih sredstava koja zahtevaju specifične objekte, u kojima se vrše radovi koji se ne izvode rutinski kao deo svakodnevnih aktivnosti i zahtevaju da se vozilo isključi iz saobraćaja.

Upravljač infrastrukture posebno iskazuje cene za osnovne, dodatne i prateće usluge koje on pruža uz minimalni pristupni paket usluga, u skladu sa zaključenim ugovorom o korišćenju infrastrukture.

Operatori uslužnih objekata u svojoj Informaciji iz člana 18. ovog zakona preciziraju minimalni paket osnovnih usluga koje pružaju železničkim prevoznicima.

Železničkim prevoznicima kojima je omogućen pristup kolosecima koji povezuju sa uslužnim objektom, odnosno kolosecima koji su u sklopu infrastrukture uslužnog objekta, operator uslužnog objekta pruža minimalni pristupni paket usluga, na koji se shodno primenjuje član 14. ovog zakona.

Operator uslužnog objekta i podnosilac zahteva za pristup i pružanje usluga u uslužnom objektu, odnosno železnički prevoznik koga odredi podnosilac zahteva koji nije železnički prevoznik, ugovorom uređuju međusobna prava i obaveze u vezi sa dogovorenim uslugama iz ovog člana i pristupom kolosecima koji čine infrastrukturu tog uslužnog objekta.

Kako bi se garantovala potpuna transparentnost i nediskriminatorski pristup uslužnim objektima i pružanju usluga u ovim objektima, ako je operator uslužnog objekta pod neposrednom ili posrednom kontrolom železničkog prevoznika koji je aktivan na tržištu usluga železničkog prevoza za koje se koristi objekat, operator uslužnog objekta mora biti nezavisan od tog železničkog prevoznika u pogledu organizacije i odlučivanja, s tim da ova nezavisnost ne podrazumeva uspostavljanje odvojenog pravnog subjekta za uslužni objekat i može se ostvariti organizacijom odvojenih odeljenja u okviru jednog pravnog subjekta.

Za sve uslužne objekte iz člana 15. stav 2. ovog zakona operator uslužnog objekta i privredni subjekat u čijem je sastavu vode odvojene račune, uključujući odvojene bilanse stanja i bilanse uspeha.

Ako funkcionisanje uslužnog objekta iz ovog zakona obezbeđuje upravljač infrastrukture ili je operator uslužnog objekta pod neposrednom ili posrednom kontrolom upravljača infrastrukture, smatra se da je garantovana potpuna transparentnost i nediskriminatorski pristup tom uslužnom objektu ako je ostvarena nezavisnost osnovnih funkcija upravljača infrastrukture iz člana 7. ovog zakona.

Zahteve za pristup i pružanje usluga u uslužnom objektu mogu da podnose železnički prevoznik ili druga lica i pravni subjekti, kao što su nadležni organi, pošiljaoci, špediteri i operatori u kombinovanom transportu, osnovana, odnosno registrovana u Republici Srbiji, ili međunarodna grupacija železničkih prevoznika čiji je najmanje jedan član registrovan u Republici Srbiji, koji imaju interes za obavljanje javne usluge ili komercijalni interes za pribavljanje kapaciteta infrastrukture.

Zahtevi se mogu odbiti isključivo ako postoje izvodljive alternative koje železničkim prevoznicima omogućuju da obavljaju prevoz robe ili putnika na istim ili alternativnim prevoznim putevima pod ekonomski prihvatljivim uslovima.

Prevoznici mogu da zahtevaju, kao pomoćne usluge, usluge navedene u članu 15. stav 5. ovog zakona od upravljača infrastrukture ili drugih operatora uslužnih objekata.

Operator uslužnog objekta nije u obavezi da izvrši tražene pomoćne usluge, ali ako odluči da ponudi bilo koju od ovih usluga, pruža ih železničkim prevoznicima na njihov zahtev i na nediskriminatorski način.

Radi nesmetanog funkcionisanja tržišta železničkih usluga, Vlada RS je donela Uredbu o pojedinostima postupka i kriterijumima koji se primenjuju za pristup uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima, („Službeni glasnik RS”, broj 57/19).

Ova uredba je usklađena sa načelima iz Sprovedbene uredbe Komisije (EU) 2017/2177 od 22. novembra 2017. godine o pristupu uslužnim objektima i uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza te bliže uređuje pojedinosti postupka i kriterijume koji se primenjuju za pristup uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima.

Uredba na prvom mestu, sadrži odredbe o Informaciji o uslužnom objektu koja označava dokument koji sadrži detaljne informacije neophodne za pristup uslužnom objektu i uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza a čija izrada i objavljivanje predstavljaju zakonsku obavezu koja se ostvaruje na sledeći način: lučki operater u smislu zakona kojim se uređuje plovidba i luke na unutrašnjim vodama i koji pruža usluge u luci na unutrašnjim vodama, koja je povezana sa železničkom infrastrukturom, i operator teretnog terminala izrađuju i objavljuju Informaciju o tom uslužnom objektu, koja sadrži detaljne informacije neophodne za pristup uslužnom objektu za čije je upravljanje odgovoran i uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza.

Ako su operator uslužnog objekta i davalac usluga u tom objektu različita pravna lica, dužni su da donesu i objave zajedničku Informaciju za taj uslužni objekat.

Operatori drugih uslužnih objekata obavezni su ili da izrade i objave Informaciju o uslužnom objektu ili da dostave sve relevantne informacije upravljaču infrastrukture radi objavljivanja u Izjavi o mreži.

Predmetna uredba, između ostalog, obavezuje operatore uslužnih objekata, upravljača infrastrukture i podnosioca zahteva da ostvaruju saradnju radi obezbeđivanja efikasnog saobraćaja vozova prema uslužnim objektima i iz uslužnih objekata.

Uredba sadrži precizne odredbe o postupanju operatera prema zahtevima za pristup uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza i posebno se bazira na zahtevani objekat ili uslugu, rokove za dostavu podataka koji eventualno nedostaju, rokove obrade zahteva kao i uslove za produžavanje rokova.

U cilju rešavanja situacija kada operator uslužnog objekta primi zahatev koji je sukobljen sa drugim zahtevom ili se odnosi na kapacitet uslužnog objekta koji je već dodeljen, operator uslužnog objekta u saradnji sa podnosiocima zahteva, preduzima radnje da postupkom koordinacije obezbedi usklađivanja svih zahteva.

Ukoliko je podnosilac zahteva podneo zahtev za pružanje dodatnih i pratećih usluga, postupak koordinacije uključuje i pružaoce dodatnih i pomoćnih usluga.

Ipak, ako se zahtevi ne mogu uskladiti u postupku iz člana 8. stav 1. ove uredbe operatori uslužnog objekta određuju kriterijume za davanje prioriteta dodeljivanja kapaciteta uslužnog objekta.

Kriterijumi moraju biti nediskriminatorski, objektivni i objavljeni u Informaciji o uslužnom objektu.

Operator uslužnog objekta, pri određivanju kriterijuma iz stava 1. ovog člana, uzima u obzir karakteristike koje se odnose na namenu objekta, svrhu i prirodu usluge železničkog prevoza na koju se odnosi zahtev, postojeći ugovor između operatora uslužnog objekta i podnosioca zahteva, zatim već dodeljene trase, kriterijume za davanje prioriteta za dodelu kapaciteta železničke infrastrukture, kriterijume za davanje prioriteta pri dodeli kapaciteta železničke infrastrukture kao i blagovremeno podnošenje zahteva.

Uredba predviđa da operator uslužnog objekta može odbiti zahtev ako se isti ne može ispuniti postupkom usklađivanja, ako nakon zajedničke procene utvrdi da ne postoji izvodljiva alternativa ili ako se izvodljiva alternativa utvrdila sa podnosiocem zahteva. Me]utim, i u tim slučajevima predviđena je mogućnost da podnosilac zahteva pokrene postupak kod Direkcije za železnice koja procenjuje uticaj i opravdanost odluke operatora uslužnog objekta o čemu će detaljnije biti reči u nadležnosatima navedenog organa. U tom delu će se prikazati i posebne nadležnosti Direkcije za železnice u slučajevima kada se uslužni objekti više ne koriste.

Pored zakonskih odredbi i pravila koja su opisana u prethodnom tekstu a koja predviđa predmetna uredba, ovu pravnu priču zaokružujemo Pravilnikom o elementima informacije o uslužnom objektu čije donošenje i objavljivanje predstavlja zakonsku obavezu operatora uslužnog objekta što je i objašnjeno u prethodnom tekstu.

Najvažniji elementi koje treba da sadrži Informacija o uslužnom objektu u skladu sa ovim pravilnikom su: spisak svih postrojenja, zgrada i opreme u okviru uslužnog objekta u kojem se pružaju usluge u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza, uključujući informacije o tome gde se nalaze i njihovom radnom vremenu; glavne kontakt podatke operatora uslužnog objekta; opis tehničkih karakteristika uslužnog objekta, poput sporednih koloseka ili manevarskih i ranžirnih koloseka, tehničke opreme za utovar i istovar, opreme za pranje i održavanje i kapaciteta za skladištenje; informacije o kolosecima koji nisu deo javne železničke infrastrukture, ali su potrebni za pristup uslužnim objektima koji su neophodni za pružanje usluga železničkog prevoza; opis svih usluga u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza koje se pružaju u uslužnom objektu i vrstu takvih usluga (osnovne, dodatne i prateće); mogućnost za samopružanje usluga u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza i uslovima koji se na to primenjuju; informacije o postupcima za podnošenje zahteva za pristup uslužnom objektu ili uslugama koje se pružaju u tom objektu, ili i jedno i drugo, uključujući rokove za podnošenje zahteva i rokove za obradu takvih zahteva; za objekte kojima upravlja više od jednog operatora ili u kojima usluge u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza pruža više od jednog operatora, naznaka da li je potrebno podneti posebne zahteve za pristup objektima i tim uslugama; informacije o minimalnom sadržaju i formi zahteva za pristup uslužnim objektima i uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza ili obrazac takvog zahteva; najmanje, u slučaju kada su operatori uslužnih objekata i pružaoci usluga u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza pod direktnom ili indirektnom kontrolom kontrolnog subjekta, model ugovora o pristupu i opšti uslovi; kada je relevantno, informacije o uslovima korišćenja informacionih sistema operatora, ako se od podnosilaca zahteva traži korišćenje takvih sistema i pravila koja se odnose na zaštitu osetljivih i poslovnih podataka; opis postupka koordinacije i regulatornih mera iz člana 8. Uredbe o pojedinostima postupka i kriterijumima koji se primenjuju za pristup uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima i kriterijuma za davanje prednosti; informacije o promenama tehničkih karakteristika i privremenim ograničenjima kapaciteta uslužnog objekta koji mogu imati značajan uticaj na rad uslužnog objekta, uključujući i planirane radove; informacije o cenama za pristup uslužnom objektu i cenama za svaku od usluga koje se pružaju u tim objektima; informacije o principima sistema popusta koji se nude podnosiocima zahteva, poštujući zahteve koji se odnose na čuvanje poslovnih tajni.

Pravilnik predviđa i mogućnost postojanja kontrolnog subjekta koji označava telo ili privredno društvo koje ima direktnu ili indirektnu kontrolu nad operatorom uslužnog objekta i uz to je aktivan na tržištu usluga železničkog prevoza za koje se koristi objekat ili ima direktnu ili indirektnu kontrolu nad operatorom uslužnog objekta i železničkim prevoznikom koji je u takvoj poziciji.

Inače, u skladu sa Uredbom o izmeni Uredbe o pojedinostima postupka i kriterijumima koji se primenjuju za pristup uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima Upravljač infrastrukture je dužan da posle sprovedenih konsultacija sa Direkcijom za železnice, podnosiocima zahteva, železničkim prevoznicima, operatorima uslužnih objekata i drugim zainteresovanim stranama, u roku od osam meseci od dana stupanja na snagu ove uredbe, pripremi model koji operatori uslužnog objekta mogu koristiti za dostavljanje informacija o uslužnom objektu.

4. NADLEŽNOSTI DIREKCIJE ZA ŽELEZNICE

Transponopvanjem odredaba relevantnih propisa Evopske unije kojima se uređuje pristup uslužnim objektima i uslugama u vezi sa železničkim prevozom u Zakon o železnici, a potom i u predmetnu uredbu i pravilnik, nadležnosti Direkcije za železnice kao regulatornog tela, u velikoj meri se proširuju obuhvatanjem ove pravne oblasti.

Naime, u skladu sa članom 121. Zakona o železnici, Direkcija za železnice, u svojstvu regulatornog tela, odlučuje po Zahtevima koje mogu podneti podnosioci zahteva za dodelu kapaciteta infrastrukture, odnosno podnosioci zahteva za pristup i pružanje usluga u uslužnom objektu, koji smatraju da su nepravedno tretirani, diskriminisani ili na bilo koji drugi način oštećeni, a naročito protiv odluka koje je doneo upravljač infrastrukture ili, tamo gde je odgovarajuće, železnički prevoznik ili operator uslužnog objekta, a koji se tiču, Izjave o mreži u nacrtu i krajnjem obliku; kriterijuma koje one sadrže; postupka dodele i rezultata tog postupka; sistema obračuna i naplate cena; visine i/ili strukture cena pristupa koje je u obavezi, ili može biti u obavezi da plati; Informacije o uslužnom objektu; primene odredaba člana 13. ovog zakona, a posebno pristupa i naplate usluga.

Zahteve Direkciji mogu podneti i železnički prevoznici koje su angažovali podnosioci zahteva za dodelu kapaciteta infrastrukture koji nisu železnički prevoznici kao i potencijalni podnosioci zahteva za dodelu kapaciteta infrastrukture, odnosno podnosioci zahteva za pristup i pružanje usluga u uslužnom objektu.

Zahtev koji se odnosi na postupak dodele i rezultat tog postupka može se podneti u toku postupka dodele, a najkasnije u roku od 30 dana od dana njegovog okončanja.

Zahtev koji se odnosi na obračun visine i/ili strukturu obračunate cene može podneti železnički prevoznik koji je zaključio ugovor sa upravljačem infrastrukture ili operatorom uslužnog objekta u roku od tri meseca od dana dostavljanja obračuna.

Odlučivanje po Zahtevu predstavlja odlučivanje u upravnoj stvari u skladu sa zakonom kojim se uređuje opšti upravni postupak.

Ne dovodeći u pitanje ovlašćenja tela nadležnog za zaštitu konkurencije, Direkcija je ovlašćena da prati stanje konkurencije na tržištu železničkih usluga a naročito, kontroliše postupanja upravljača infrastrukture, železničkog prevoznika i operatora uslužnog objekta na sopstvenu inicijativu i sa ciljem sprečavanja diskriminacije prema podnosiocima zahteva za dodelu kapaciteta infrastrukture.

Direkcija je ovlašćena da sprovodi revizije ili pokreće eksternu reviziju nad upravljačem infrastrukture, operatorima uslužnih objekata i, po potrebi, železničkim prevoznicima, kako bi se utvrdila usklađenost sa odredbama za razdvajanje računa utvrđenim članom 3. ovog zakona. U tom smislu, Direkcija ima pravo da zahteva sve relevantne informacije. Naročito, Direkcija je ovlašćena da zahteva od upravljača infrastrukture, operatora uslužnih objekata i svih privrednih društava ili drugih subjekata koji vrše ili integrišu različite vrste železničkog transporta ili upravljanja infrastrukturom u skladu sa čl. 3. i 13. ovog zakona da dostave odgovarajuće računovodstvene informacije.

U realizaciji svojih zakonskih nadležnosti putem konkretnih odredaba predmetne uredbe i pravilnika, donetih u skladu sa Zakonomo o železnici, Direkcija ima sledeća ovlašćenja:

-ako u slučajevima kada uslužnim objektom upravlja više od jednog operatora, isti ne ostvare saradnju, Direkcija za železnice može odrediti operatora uslužnog objekta koji će informacije o uslužnom objektu učiniti dostupnim na jednom mestu, a troškove toga objavljivanja dužni su da snose svi operatori.

- može tražiti od operatora uslužnog objekta dodatne informacije o razlozima za određivanje pojedine usluge u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza za osnovnu, dodatnu i prateću uslugu.

- u realizaciji predviđene saradnje pri dodeljivanju kapaciteta uslužnog objekta i njegovog korišćenja, operatori uslužnih objekata su dužni da, na zahtev Direkcije, pismeno podnose dokaze da su u prethodne tri godine ostvarili saradnju u smislu propisanom predmetnom uredbom.

Posebno značajnu ulogu u postupku realizacije zahteva za pristup uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima Direkcija za železnice ima u određivanju rokova za pojedinačne korake i to za: odgovore operatora na zahteve za pristup uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza; za obradu ad hoc zahteva koji se odnose na pristup uslužnim objektima u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza; u slučaju kad podnosilac zahteva podnese zahtev nakon isteka godišnjeg roka za podnošenje zahteva koji je utvrdio operator uslužnog objekta za pristup uslužnim objektima i uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza; za odgovore na zahteve operatorima uslužnih objekata koji pružaju dodatne i pomoćne usluge; ako podnosilac zahteva podnese ad hoc zahteve za više usluga u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza koje se pružaju u jednom uslužnom objektu i traži njihovu istovremenu dodelu.

Podnosioci zahteva i operatori uslužnih objekata mogu zajednički tražiti od Direkcije da učestvuje u postupku usklađivanja zahteva u postupku koordinacije.

Ako se zahtevi odnose na kapacitet uslužnog objekta i/ili su već dodeljeni, a ne mogu su uskladiti u postupku, pri čemu postoji mogućnost otežavanja rada uslužnog objekta, Direkcija može tražiti od operatora uslužnog objekta da preduzme mere u cilju omogućavanja ispunjavanja dodatnih zahteva za pristup tom objektu.

Ako nakon sagledavanja kriterijuma za davanje prioriteta, kao i mogućih alternativa, ipak nije dostupna izvodljiva alternativa i nije moguće ispuniti sve zahteve za relevantan uslužni objekat, podnosilac zahteva može podneti zahtev za pokretanje postupka Direkciji, u roku od 30 dana od dana saznanja za odbijanje njegovog zahteva, u skladu sa Zakonom.

U obradi zahteva, Direkcija procenjuje uticaj i opravdanost odluke operatora uslužnog objekta o dodeli odgovarajućeg dela kapaciteta uslužnog objekta podnosiocu zahteva na osnovu sledećih kriterijuma:

1) ugovorne obaveze i održivosti poslovnih modela drugih korisnika predmetnog uslužnog objekta;

2) ukupnog dela kapaciteta uslužnog objekta koji je već dodeljen drugim korisnicima na koje odluka utiče;

3) investiranja drugih korisnika u uslužni objekat;

4) postojanja izvodljivih alternativa za zadovoljavanje potreba drugih korisnika na koje ta odluka utiče, uključujući alternative u drugim državama u slučaju međunarodnih železničkih usluga;

5) održivosti poslovnog modela operatora uslužnog objekta i

6) prava pristupa infrastrukturi sa kojom je uslužni objekat povezan.

U slučajevima kada se odlučuje o uslužnim objektima koji se ne koriste najmanje dve godine, o svim postupcima kojima se traži rešenje o sudbini tih objekata, njihovi vlasnici, odnosno, ako oni nisu istovremeno i operatori tih uslužnih objekata, onda operatori, dužni su da o svim radnjama u postupku (prenameni, lizingu ili zakupu) obaveštavaju Direkciju za železnice.

Na kraju, kao što svako pravilo ima izuzetke ili izuzeće naglašavamo da se odredbe Uredbe o pojedinostima postupka i kriterijumima koji se primenjuju za pristup uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima, ne primenjuju na uslužne objekte ili usluge pod sledećim uslovima:

- kada uslužni objekti ili usluge nemaju strateški značaj za funkcionisanje tržišta usluga železničkog prevoza, posebno u pogledu stepena korišćenja uslužnog objekta, vrste i obima prevoza koji bi mogao imati uticaj na vrstu usluga koje se nude u uslužnom objektu;

- kada uslužni objekti posluju ili se usluge pružaju u konkurentnom tržišnom okruženju u kojima postoji više konkurenata koji nude uporedive usluge;

- kada primena odredaba ove uredbe može imati negativan uticaj na funkcionisanje tržišta uslužnog objekta.

Odluku o ispunjenosti navedenih uslova, na zahtev operatora uslužnih objekata, donosi Direkcija za železnice i tu odluku objavljuje na svojoj internet stranici u roku od 14 dana od dana donošenja odluke.

Ako uslužni objekti i usluge prestanu da ispunjavaju navedene uslove, Direkcija za železnice donosi odluku o ukidanju predhodne odluke.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

S obzirom na navedeno i posebno na sagledavanja aktivnosti sprovedenih u praksi, možemo reći da se radi o izuzetno radikalnim promenama u oblasti sprovođenja postupka i kriterijuma koji se primenjuju za pristup uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza. Stoga, nije iznenađenje da je postupak ustanovljavanja novog načina funkcionisanja pristupa i korišćenja uslužnih objekata još uvek u svojoj realizaciji praćen brojnim dečijim bolestima pa i ponekad neshvatanjem aktera, odnosno pravnih lica koji su dužni, po zakonu, da ga izvrše. Doduše, Upravljač infrastrukture je u Izjavi o mreži ispoštovao zahteve objavljivanja spiskova uslužnih objekata sa potrebnim podacima, kao i objavljivanje Informacije o uslužnim objektima.

Direkcija za železnice je iz prakse u okviru svojih nadležnosti, prepoznavajući brojne prepreke na koje nailaze ključni operatori uslužnih objekata kao što su na primer luke, svesna da je uspostavljanje novog načina funkcionisanja u ovoj oblasti prioritetan zadatak bez čije realizacije nije moguće realizovati nediskriminatorski pristup uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima, a što je imperativ tržišta sa ciljem poboljšanja efikasnosti prevoza putnika i robe. Zato je ova tema bila izazov za njegove autore sa ubeđenjem da zaslužuje da bude na svim stručnim železničkim pozornicama kako bi zainteresovani akteri što više saznanja dobili o

relevantnim propisima, a posebno o mogućnostima koje prevoznici imaju u cilju postizanja što privlačnije usluge za korisnike.

6. LITERATURA

Direktiva 91/440/EEZ od 29. jula 1991. o razvoju železnica Zajednice (SL L 237, 24/08/1991), stavljena van snage Direktivom 2012/34/EU.

Direktiva 2012/34/EU od 21 Novembra 2012 o uspostavljanju jedinstvenog evropskog železničkog prostora (SL L 343/32, 14.12.2012)

Sprovedbena Uredba Komisije (EU) 2017/2177 od 22. novembra 2017. godine o pristupu uslužnim objektima i uslugama u vezi sa obavljanjem železničkog prevoza (SL L 307, 23. 11. 2017, str. 1-13)

Uredba (EU) 2017/352 Evropskog parlamenta i Saveta od 15. februara 2017. godine o uspostavljanju okvira za pružanje lučkih usluga i zajedničkih pravila o finansijskoj transparentnosti luka (SL L 57, 3.3.2017, str. 1).

Direktiva (EU) 2016/798 Evropskog parlamenta i Saveta od 11. maja 2016. o bezbednosti železnice (SL L 138, 26.5.2016, str. 102).

Uredba o pojedinostima postupka i kriterijumima koji se primenjuju za pristup uslugama koje se pružaju u uslužnim objektima, „Službeni glasnik RS“, br. 57/19 od 9. avgusta 2019. godine i 13/20 od 14. februara 2020. godine

Pravilnik o elementima informacije o uslužnom objektu, „ Službeni glasnik RS“, broj 66/19 od 18. septembra 2019. godine

Zakon o železnici, „ Službeni glasnik RS“ broj 41/18 od 31. maja 2018. godine

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

REDUCTION OF RISKS WHILE TRANSPORTING DANGEROUS GOODS THROUGH THE RAILWAY

SMANJENJE RIZIKA PRI TRANSPORTU OPASNIH MATERIJA ŽELJEZNICOM

Vladimir Malčić[a], Branko Milovanović[b], Miloš Ivić[b], Svetlana Čičević[b], Rade Cvijanović[c]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, vladimir.malcic@sf.ues.rs.ba*

[b] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, b.milovanovic@sf.bg.ac.rs; m.ivic@sf.bg.ac.rs; s.cicevic@sf.bg.ac.rs*

[c] *Railway of RS Doboj, Svetog Save 71, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, radecvijanovic@gmail.com*

Abstract: *The transportation of dangerous goods takes up a significant portion in the total volume of transport of goods, both in rail and in other forms of transport. Because of the properties of the goods their transport increases the general danger. The railway, according to its characteristic (isolation of the trail, system closure, high reliability and security which arise from the relation wheel – rail and the regulation of movement units - trains) is the safest form of transport in land traffic. The safe transportation process of dangerous goods requires that all participating members, from the sender to the receiver, know their obligations and tasks and that they fulfil them. In order to reduce the risk and improve the safety of all the dangerous substance transport participants, it is necessary to perform regular checkups on the application of preventive protection measures. Previous experiences on the application of preventive measures, which largely depend on the human factor, show that it is only possible with the existence of constant supervision processes. In this scientific paper the safety aspect of the transport of dangerous goods on the rail network of Republika Srpska Railways (ŽRS) is explained and interpreted. The emphasis is on the place, role and task of the Safety Advisor in the transportation of dangerous goods. In order to comprehend his significance in the implementation of the unobstructed and according to the established rules defined transport process, in accordance with defined legal acts. The suitability of the railway for the transportation of dangerous goods was pointed out, an estimate of the required number of Safety Advisors on the Republika Srpska Railway network was made and the effects of the implementation of the Safety Advisor position in the transport process were looked at.*

Key words: *dangerous goods, risk, railway transport, safety, Safety Advisor, accident*

Apstrakt*: Transport opasnih materija zauzima značajan procenat u ukupnom obimu transporta robe, kako u železničkom tako i u ostalim vidovima transporta. Zbog svojstva ovih materija njihov transport povećava opštu opasnost. Železnica je, prema svojim karakteristikama (izdvojenost puta, zatvorenost sistema, visoka pouzdanost i sigurnost koja proističe iz odnosa točak - šina i regulisanosti jedinica kretanja - vozova) najbezbjedniji vid prevoza u kopnenom saobraćaju. Bezbjedno odvijanje transportnog procesa sa opasnom robom zahtjeva da svi učesnici, od pošiljaoca do primaoca, poznaju svoje obaveze i zadatke i da ih u praksi sprovode. U cilju smanjenja rizika i poboljšanja bezbjednosti svih učesnika transporta opasnih materija, neophodno je vršiti redovne kontrole primjene preventivnih mjera zaštite. Dosadašnja iskustva primjene preventivnih mjera, koje zavise najvećim djelom od ljudskog faktora, pokazuju da je to jedino moguće uz postojanje procesa stalnih kontrola. U radu se bliže tumači i objašnjava bezbjednosni aspekt transporta opasnih materija na mreži pruga Železnica Republike Srpske (ŽRS). Akcent je stavljen na mjesto, ulogu i zadatak Savjetnika za bezbjednost u prevozu opasnih materija, s ciljem da se shvati njegov značaj u sprovođenju nesmetanog i po utvrđenim pravilima definisanog odvijanja transportnog procesa, u skladu sa definisanim pravnim aktima. Ukazano je na pogodnost železnice za prevoz opasnih materija, napravljena procjena potrebnog broja Savjetnika na mreži pruga ŽRS i sagledani su efekti implementacije njegove pozicije u proces transporta.*

Ključne riječi: *opasne materije, rizik, železnički transport, bezbjednost, savjetnik za bezbjednost, akcident*

1. UVOD

Opasne materije sastavni su dio funkcionalnog, tehnički visoko razvijenog industrijskog društva. Poznato je da se hiljade tona opasnih materija svakodnevno transportuju raznim vrstama prevoza. Bezbjedno odvijanje transportnog procesa sa opasnim materijama zahtjeva da svi učesnici, od pošiljaoca do primaoca, poznaju svoje obaveze i zadatke i da ih u praksi sprovode. Transport opasnih materija mora biti organizovan po određenim pravilima kako bi rizik od nezgoda, vanrednog događaja ili akcidenta bio minimalan, odnosno kako bi posljedice već eventualno nastale nezgode bile svedene na najmanju moguću mjeru. U odnosu na druge vidove opasne materije se najčešće javljaju u drumskom transportu. Različitim mjerama pokušava se smanjiti učešće drumskog transporta u ukupnom transportu opasnih materija, prvenstveno na račun povećanja transporta opasnih materija željeznicom, a potom i riječnim i pomorskim vidom. Željeznica omogućava prevoz opasnih materija u velikim količinama i na velike udaljenosti. Transport opasnih materija željeznicom je u ovom radu u fokusu, jer željeznica prema svojim karakteristikama: izdvojenost puta, zatvorenost sistema, visoka pouzdanost i sigurnost koja proističe iz odnosa točak - šina i regulisanosti jedinica kretanja – vozova, najbezbjedniji vid prevoza u kopnenom saobraćaju.

U radu se tumači i objašnjava bezbjednosni aspekt transporta opasnih materija na mreži pruga Željeznica Republike Srpske (ŽRS), koje su izabrane kao primjer. Primjenjenje metode istraživanja odnose se na analizu literature, sistematizaciju, generalizaciju i evaluaciju. Kroz evaluaciju od strane stručnjaka identifikovani su glavni faktori koji utiču na rizik u transportu opasnih materija željeznicom. Date su preporuke kako da se smanji rizik od akcidenata kroz uvođenje uloge Savjetnika za bezbjednost, tj. da se shvati njegov značaj i utvrdi broj u sprovođenju nesmetanog i po utvrđenim pravilima definisanog odvijanja transportnog procesa.

Rad je strukturiuran tako da je u drugom dijelu predstavljen osnovni pregled literature i regulativnih akata o prevozu opasnih materija željeznicom. U trećem dijelu predstavljena je postavka samog istraživanja i analiza sa informacijima o statistici transporta opasnih materija i obima akcidenata. Četvrti dio odnosi se na metodologiju i ciljeve istraživanja, a rezultati istraživanja predstavljeni su petim dijelom rada. U šestom dijelu kroz preporuke predstavljen je način smanjenja rizika od akcidenta.

2. PREGLED LITERATURE I AKATA

Međunarodni transport opasnih materija željeznicom regulisan je Pravilnikom o međunarodnom željezničkom transportu opasnih materija – RID i predstavlja dio Konvencije o međunarodnom transportu željeznicom - COTIF. Pravilnik RID se prilagođava i dopunjava svake dvije godine. Trenutno ga primjenjuju 44 države Evrope, Azije i Sjevernoj Afrike.

Pri proučavanju literature naročit fokus je usmjeren ka faktorima vjerovatnoće akcidentne situacije i riziku akcidenta zbog krivice drugih učesnika u saobraćaju, klimatskih uslova, nepravilnog izbora ambalaže materijala ili nedostatka označavanja. Mnogi autori ističu da transport opasnih materija zahtjeva određene garancije, s obzirom da zbog svojih svojstava i osobina predstavljaju značajnu prijetnju ne samo za okolinu i ljude, već i za cjelokupnu transportnu infrastrukturu. Prema Diernhoferu rizici često nisu posljedica svojstava opasnih materija nego ljudske greške u proizvodnji i transport (Diernhofer i dr., 2010). Faktori koji utiču na rizik transporta opasnih materija prema Kršáku zahtjevaju detaljno pučavanje. Takođe ističu se da je za utovar, pakovanje, obilježavanje, skladištenje, pripremu potrebne dokumentacije za transport i obavljanje drugih operacija sa opasnim materijama potrebno visoko kvalifikovano osoblje kako bi se greške smanjile na minimum (Kršák i dr., 2012).

Značajan doprinos u sveobuhvatnom proučavanju literature daju i studije i elaborati zahvaljujući kojima je posljednjih godina postignut određeni napredak u teorijskim istraživanjima i praksi u osiguranju i boljem razumevanju mjerenja performansi bezbjednosti na željeznici.

Kao siže pregleda literature može se istaći da su uglavnom analizirani opšti zahtjevi i uslovi transporta i da nisu izdvojeni glavni rizici i glavni faktori koji utvrđuju vjerovatnoću akcidenta opasnih materija željeznicom. Nisu date ni preporuke o povećanju nivoa bezbjednosti opasnih materija željeznicom, te je zbog svega toga vrlo važno je koristiti sve teorijsko i praktično znanje.

3. ANALIZA PROBLEMA

Obim transporta opasnih materija svake godine raste u zemljama Evropske Unije (EU). Sa povećanjem obima transporta rastu i rizici od akcidentnih događaja.

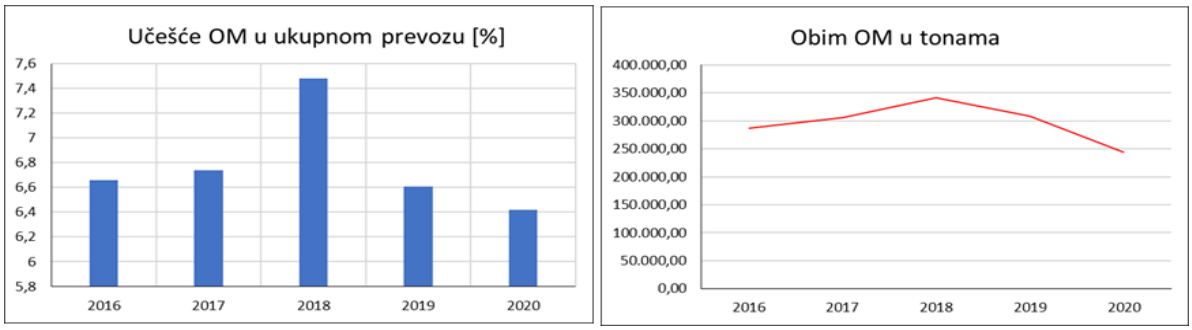
Predmet istraživanja i analize usmjeren je ka transportu opasnih materija na mreži pruga ŽRS. Prema statistikama ŽRS obim transporta opasnih materija je prilično konstantan i kreće se u intervalu 6,42 do 7,48% od

ukupnog obima prevoza (Tabela 1). Ipak mnoge prognoze na globalnom nivou pokazuju da će ovaj procenat u narednom periodu znatno rasti.

Tabela 1. Obim prevoza robe na ŽRS u periodu 2016-2020

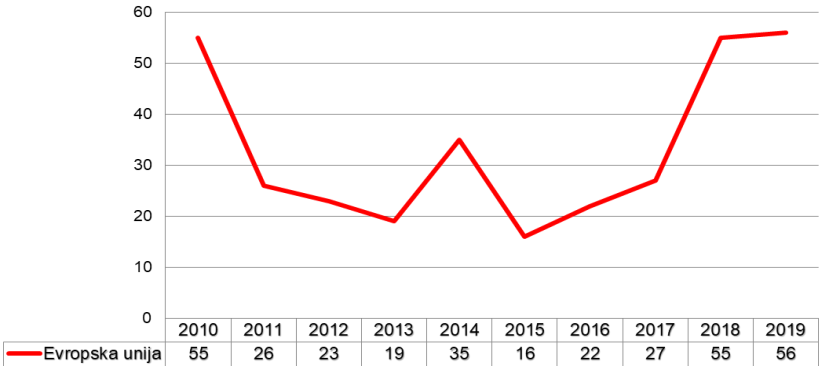
	2016	2017	2018	2019	2020
Ukupan obim [t]	4.311.127	4.529.029	4.568.699	4.667.465	3.797.796
Ntkm ŽRS	342.005.742	386.405.282	371.612.590	403.902.499	363.285.180
OM RID materija	287.201,79	305.400,79	341.589,02	308.411,30	243.693,02
Ntkm OM (RID)	18.448.252	20.343.194	25.830.703	22.058.103	17.812.465
Učešće OM [%]	6,66	6,74	7,48	6,61	6,42
Učešće ntkm OM [%]	5,39	5,26	6,95	5,64	4,9

Obim prevoza opasnih materija i učešće u ukupnom prevozu robe na ŽRS u periodu 2016-2020 godina predstavljen je i grafički na Slici 1.



Slika 1. Učešće i obim prevoza opasnih materija na ŽRS u periodu 2016-2020

Incidenti i nezgode događaju se prilično često u članicama EU. Na osnovu dostupnih statistika predstavljen je dijagram sa brojem akcidentnih situacija na željeznicama zemalja EU u periodu 2010 -2019 godina (Eurostat Database, 2021).



Slika 2. Akcidenti u transportu opasnih materija željeznicom na teritoriji EU u periodu 2010-2019

Na mogućnost nastanka akcidenta ili vanrednog događaja mogu uticati brojni faktori. Uglavnom se mogu se podijeliti na unutrašnje i spoljne. Unutrašnji faktori su greške na pruzi, greške voznog parka, greške signalno-sigurnosnih uređaja ili ljudske greške. Spoljašnji faktori mogu biti prirodni i industrijski i/ili putno-pružni prelazi.

4. METODOLOGIJA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Za provođenje istraživanja korišćena je stručna ocjena. To je postupak usaglašavanja mišljenja individualnih stručnjaka i formiranje zajedničkog rješenja.

Anketirani su svi inženjeri preduzeća ŽRS koji direktno učestvuju u transportu opasnih materija na mreži pruga ŽRS, ukupno 31. Ovakav izbor ispitanika izvršen je na osnovu pretpostavki da raspolažu iskustvom i mnoštvom racionalno obrađenih informacija, te da mogu biti izvor informacija i da njihovi stavovi mogu da doprinesu rješavanju problema.

Ispoštovani su svi etički zahtjevi za sprovođenje istraživanja, u smislu činjenice da odabrani ispitanici imaju kompetencije da odgovore na pitanja, svojevoljan pristanak da učestvuju u istraživanju i to da istraživač nema uticaja na ispitanika.

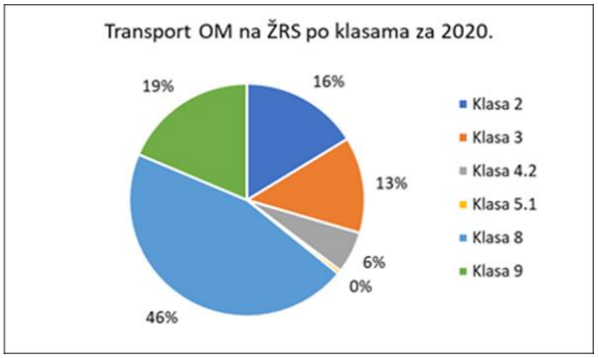
Kao osnovni ciljevi istraživanja i pisanja rada postavljena su saznanja o (Batarliene, 2020):

- obimu prevoza opasnih materija Željeznicama Republike Srpske, tj učestalosti organizacije transporta takve vrste;
- najčešćim klasama opasnih materija koje se prevoze;
- najčešćim problemima na koje se nailazi prilikom organizacije transporta;
- obimu nesreća, nezgoda, akcidentnih situacija te njihovi uzroci;
- načinu i procesu obuke za sve učesnike procesa transporta opsanih materija željeznicom.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Od 9 klasa opasnih materija neke su manje, neke više, a neke nikako zastupljene u transportu željeznicom. Transport opasnih materija ŽRS svodi se na nekoliko klasa i vrsta, a to su uglavnom nafta i naftni derivati, propan-butan, sumporna kiselina, sona kiselina i kaustična soda (Slika 3).

KLASA	UN
1	-
2	1005, 1011, 1965
3	1202, 1203, 1999
4.1	1346
4.2	1361
4.3	-
5.1	2067
5.2	-
6.1	-
6.2	-
7	-
8	1789, 1791, 1824
9	3082



Slika 3. Klasifikacija opasnih materija transportovanih u 2020. godini na mreži pruga ŽRS

Pri organizaciji prevoza opasnih materija, obično se uočavaju sljedeći problemi:

- pogrešno popunjen tovarni list;
- nepoštivanje pravila postavljanja znakova upozorenja;
- nepropisno označavanje tereta;
- nepružanje detaljnih informacija o teretu i
- kvarovi kola -cisterni (curenje, nedostaci u ambalaži) prilokom utovara.

Za istraživanje na anketnom listu identifikovani su faktori koji najviše doprinose riziku transporta opasnih materijom i to su (Batarliene, 2020):

1. Usklađenost kola, kontejnera i cisterni sa zahtjevima RID-a;
2. Tehnički zahtjevi unutrašnjih i spoljnih ventilia.
3. Obučenost učesnika u procesu transporta za rukovanje opasnom materijom;
4. Izloženost opasnoj materiji prilikom utovara i istovara;
5. Opasnost od požara i eksplozije.

Ispitanici su ocjenjivali značaj predloženih faktora sa vrlo važno - 5, važno - 4, prosječno važno - 3, nevažno - 2, i potpuno nevažno — 1. Sažeti odgovori, prosjeci podataka, korelacija faktora i standardne devijacije odgovora predstavljene su u Tabeli 2.

Tabela 2. Ekspertska evaluacija faktora

Faktori	Sistem bodovanja					Srednja vrijednost	Standardna devijacija
	5	4	3	2	1		
Usklađenost kola, kontejnera i cisterni sa zahtjevima RID-a	20	16	47	30	15	2.81	1.26
Tehnički zahtjevi unutrašnjih i spoljnih ventilia	26	17	23	15	1	3.16	1.07
Obučenost učesnika u procesu transporta za rukovanje opasnom materijom	14	18	27	26	43	2.47	1.38
Izloženost opasnoj materiji prilikom utovara i istovara	54	42	22	14	1	3.62	1.16
Opasnost od požara i eksplozije	28	46	33	14	7	3.23	1.22

Po odgovorima najveći rizici su u faktorima 2, 4 i 5 i njima treba posvetiti naročitu pažnju. Stručnjaci su identificirali najveće rizike zbog svojstava utovara i istovara opasnih materija (prosječna ocjena 3,62), opasnosti od požara i eksplozije (3,23) i sigurnosnih zahtjeva za unutrašnje i vanjske ventile (3,16).

ŽRS na svoj interni način vode razne vrste statističkih evidencija i izvještaja o akcidentima i vanrednim događajima, međutim statistika o vanrednim događajima sa opasnim materijama za sada nije filtrirana i izdvojena.

6. PREPORUKE I PRIJEDLOG MJERA

Dosadašnja iskustva, primjene preventivnih mjera, koje zavise najvećim djelom od ljudskog faktora, pokazala su da je striktna primjena mjera prvenstveno moguća uz postojanje procesa stalnih kontrola. Kontrole se mogu sprovoditi na više mjesta i načina: u okviru samog preduzeća, zatim mjestimično administrativnim kontrolama u okviru države na čijoj teritoriji se obavlja transport ili putem zajedničkih administrativnih programa podrške u okviru ugovornih strana. Presudan značaja za uspjeh procesa kontrole u svakom od navedenih slučajeva jeste, bespogovorna primjena zakona i strogo kažnjavanje svih strana kod kojih se utvrdi nepoštovanje zakonskih propisa.

Ko može doprinjeti smanjenju uticaja definisanih i izdvojenih faktora? Prvenstveno Savjetnici za bezbjednost u prevozu opasnih materija, kao lica obučena za unapređenje bezbjednog odvijanja procesa transporta opasnih materija. Njegova uloga je u razvijenim sistemima definisana i ogleda kroz bolju kontrolu i praćenje sprovođenja propisa.

U pojedinim metodologijam, pravilnicima, definisani su određeni kriterijumi prema kojima se može izvršiti procijena potrebnog broja Savjetnika na određenoj željezničkoj mreži. Uzimajući kriterijume iz važećeg pravilnika za Republiku Srbiju (Pravilnik, 2014), izvršena je procjena potrebnog broja Savjetnika za bezbjednost na Željeznicama Republike Srpske. Na osnovu:

- kriterijuma broja zaposlenih (ukupan broj zaposlenih Željeznice Republike Srpske je 1986 (na dan 22.07.2021), prelazi granicu od 500 zaposlenih) => dva Savjetnika za bezbjednost.
- kriterijuma broja vozova (do 52 voza - jedan savjetnik za bezbjednost, a preko 52 voza – dva savjetnika za bezbjednost): podaci o broju vozova kojima se obavlja prevoz opasnih materija nisu bili dostupni.
- kriterijuma o veličini mreže na koj se obavlja prevoz (do 500 km – jedan, a preko 500 km – dva savjetnika za bezbjednost): kako je ukupna dužina pruga u Republici Srpskoj 416.3 km => jedan Savjetnik za bezbjednost.

Vjerodostojnost ovih kriterijuma tek treba da se analizira i može se okarakterisati kao budući pravac istraživanja. Prema njima ŽRS bi trebale da imaju 1 ili 2 Savjetnika za bezbjednost. Ipak, kada se pogledaju obimi robe, utovarno-istovarna mjesta, zahtjevi i potrebni uslovi taj broj bi trebao biti veći.

7. ZAKLJUČAK

Sagledavajući podatke o akcidentima i vanrednim događajima sa opasnim materijama uočava se nepisano pravilo da promjena zakonskih i drugih propisa vrši se kao posljedica rezultata istraga, a to nije dobro. Statistika o akcidentima je jako važna i ŽRS treba naročitu pažnju da posveti u njenom kreiranju i validnom vođenju, jer to je neophodno za buduće analize problema.

Analizirani su i identifikovani glavni rizični faktori transporta opasnih materija željeznicom, te u cilju smanjenja rizika od akcidenta date su preporuke u obliku potrebe uvodjenja i povećanja broja Savjetnika za bezbjednost. Uvođenjem odgovarajućeg broja Savjetnika za bezbjednost bilo bi moguće realizovati niz aktivnosti kao što su:

- preduzimanje i usvajanje mjera koje doprinose povećanju bezbjednosti;
- upoznavanje na odgovarajući način svih učesnika prevoznog procesa sa zahtjevima koje postoje u RID-u i nacionalnoj regulativi koji se odnose na njihovu ulogu;
- obezbjeđenje stalnog nadzora nad sprovođenjem propisa, postupaka i procedura u prevozu opasnih materija;
- izvještavanje rukovodstva preduzeća i nadležnog organa države, a po potrebi i lokalnih zajednica, o stanju u ovoj oblasti.

Nepostojanje značajnih akcidenata na ŽRS u prethodnom periodu može da se objasni samo kao slučaj srećnih okolnosti.

8. LITERATURA

Basic Figures on the EU. Eurostat Database. Available online: https://ec.europa.eu/eurostat/data/ database (accessed on 15 August 2021).

Batarliene, N. Improving Safety of Transportation of Dangerous Goods by Railway Transport, Infrastructures 2020, 5, 54, 2020.

Batarliene, N. Risk analysis and assessment for transportation of dangerous freight. Transport 2008, 23, 98–103. [CrossRef]

Castle R. M., Economic commission for Europe, Evaluation of the global and regional impact of UNECE regulations and United Nations Recommendations on the transport of Dangerous Goods, 2016.

Conca, A.; Ridella, C.; Sapori, E. A risk assessment for road transportation of dangerous goods: A routing solution. Transp. Res. Procedia 2016, 14, 2890–2899. [CrossRef]

Diernhofer, F.; Kohl, B.; Horhan, R. New Austrian guideline for the transport of dangerous goods through roads tunnels. In Proceedings of the 5th International Conference Tunnel Safety and Ventilation, Graz, Austria, 3–4 May 2010; Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics: Graz, Austria; pp. 44–51.8

Directive 2008/68/EC of the European Parliament and of the Council of 24 September 2008 on the Inland Transport of Dangerous Goods. Official Journal of the European Union, L 260/13, 30 September 2008.

Drzewiencka, B.; Nowak, M. Safety aspect in carriage of dangerous goods by railway transport. New Trends Prod. Eng. 2018, 1, 35–41. [CrossRef]

European Agreements Governing the Regulations Concerning the International Transport of Dangerous Goods by Rail (RID), 2021,

Ghazinoory, S.; Kheirkhah, A.S. Transportation of hazardous materials in Iran: A strategic approach for decreasing accidents. Transport 2008, 23, 104–111. [CrossRef]

Izvještaj o poslovanju preduzeća "Željeznice Republike Srpske a.d. Doboj" u periodu 2016- 2020. godine

Jie Y., Fengying L., Jingbo Z., Ling Z., Lei H., Jun B., A survey on hazardous materials accidents during road transport in China from 2000 to 2008, Journal of Hazardous Materials 184, 2010, 647–653.

Jovanović V., Tica S., Milovanović B., Živanović P., Researching and analyzing the features of oil and demand for transporting oil derivates in the area of Belgrade, Transport. Vilnius: Technika, Vol. 24, No. 3, pp. 249-256, ISSN 1648-4142, DOI: 10.3846/1648-4142.2009.24.249-256, 2009.

Kršák, E.; Hrkút, P.; Vestenický, P. Technical infrastructure for monitoring the transportation of oversized and dangerous goods. In Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems, Wroclaw, Poland, 9–12 September 2012; pp. 797–802.

Nowacki, G.; Krysiuk, C.; Kopczewski, R. Dangerous goods transport problems in the European Union and Poland. Int. J. Mar. Navig. Saf. Sea Transp. 2016, 10, 143–150. [CrossRef]

Petrović Lj., Vujanović D.: Uloga bezbednosnog savetnika u toku prevoza opasne robe, Stručni skup: Konferencija prevoznika u međunarodno drumskom saobraćaju, Palić 2007;

Pravilnik o merilima za određivanje broja savetnika koje mora imati učesnik u transportu opasnog tereta u železničkom saobraćaju, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 74/14 od 18. jula 2014. godine

Republički zavod za statistiku Republike Srpske, Statistički bilten, Saobraćaj i veze, Banja Luka , 2019

Xuan, L.; Wei, D.Y.; Shi, Y. A brief analysis of security risks in transportation of logistics enterprises.Chin. Mark. 2015, 41, 68–74.

Zhao, L.; Wang, X.; Qian, Y. Analysis of factors that influence hazardous material transportation accidents based on Bayesian networks: A case study in China. Saf. Sci. 2012, 50, 1049–1055. [CrossRef]

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

GOODS AND TRANSPORTATION FLOWS OF SREM ADMINISTRATIVE DISTRICT

ROBNI I TRANSPORTNI TOKOVI SREMSKOG UPRAVNOG OKRUGA

Gordan Stojić[a], Siniša Sremac[a], Ilija Tanackov[a]

[a] *Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovica 6, Novi Sad, Serbia, gordan@uns.ac.rs, ilijat@uns.ac.rs, sremacs@uns.ac.rs*

Abstract: *The paper presents an analysis of goods and transportation flows in the Srem Administrative District. The Srem District is one of seven administrative districts of the autonomous province of Vojvodina, Serbia. The District includes the municipalities of: Inđija, Irig, Pećinci, Ruma, Sremska Mitrovica, Stara Pazova and Šid. Srem Administrative District realizes the exchange of goods in the amount of EUR 1.8 billion.*

The data about foreign trade are given through the quantities of goods and the values of goods that were recorded in import and export in the period from 2012 to 2019, namely with the following data: goods shipment and admission, destinations, the type of the traffic by which goods were transported, the type of goods, the mass of goods (import or export), and the value of goods (in thousand EUR).

Key words: *district, exchange of goods, transport flows, destination, transportation modal*

Apstrakt*: U radu je prikazana analiza robnih i transportnih tokova u Sremskom upravnom okrugu. Sremski okrug je jedan od sedam upravnih okruga autonomne pokrajine Vojvodine u Srbiji. Okrug obuhvata opštine: Inđija, Irig, Pećinci, Ruma, Sremska Mitrovica, Stara Pazova i Šid. Sremski upravni okrug ostvaruje razmenu robe u iznosu od 1,8 milijardi evra.*

Podaci o spoljnotrgovinskoj razmeni dati su kroz količine robe i vrednosti robe koje su evidentirane u uvozu i izvozu u periodu od 2012. do 2019. godine, i to sa sledećim podacima: otprema i prijem robe, odredišta, vrsta saobraćaja kojim se roba prevozila, vrsta robe, masa robe (uvoz ili izvoz) i vrednost robe (u hiljadama EUR).

Ključne riječi: *okrug, robna razmena, transportni tokovi, odredišta, način prevoza*

1. INTRODUCTION

The Srem District is one of seven districts (first-level administrative divisions) of Vojvodina (and 29 of Serbia). The largest trade in Vojvodina is realized by South backi district (23%) and the smallest by Northbacki (8%). Srem district participates with 10%.

Districts are regional centers and do not have any form of self-government. The District includes the municipalities of: Inđija, Irig, Pećinci, Ruma, Sremska Mitrovica, Stara Pazova and Šid.

The data needed for the analysis of the transportation of goods in import and export the same pertain to the data from the foreign-trade statistics Republic of Serbia. By the analysis of the structure of the obtained data about the foreign-trade exchange of the Republic of Serbia, the following parameters that enable the presentation of the goods flows in import and export were determined: the types and quantities of goods in import and export; the observation zone: the region (district), the municipality, goods flow relations, the details about the transportation of goods: a goods mass, a goods type, the means of transportation, goods value, a border crossing, border customs office, the country and group of countries of the origin of goods, the goods destination country and group of countries, and the goods transportation type, i.e. the means of transportation used in the transportation of goods.

While conducting the analysis, the data pertaining to a period of eight years covering the period from 2012 to 2019 were taken into account.

2. VOLUME OF GOODS AND STRUCTURE OF FLOWS

2.1. The Volume of the Exchange of Goods

In Figure 1a, the exchange of goods of the economy of Srem Administrative District with foreign countries in export and in import is shown as per quantities, and in Figure 1b, it is shown as per goods value.

There were two growth periods in import in general. The first period lasted from 2012 to 2015, in which period the import grew by 31%. In the next year 2016, an almost the same volume was recorded, and in the year 2017, it fell by 7%. Then, the second period began and lasted from 2017 to 2019 – the period of the continuous growth of the volume of the import.

The export had a similar growth trend, but in the second growth period (2016 – 2019), a more moderate growth was recorded in comparison with the import.

a) b)



Figure 1. The exchange of goods of the economy of Srem Administrative District with foreign countries: a) as per the quantities of the goods, b) as per the value of goods (Statistical Yearbook, 2012-2019, prepared by the authors)

When the exchange of goods as per the value of goods is in question, a continuous growth was recorded throughout the observation period. The import in that period grew three times, and the export 2.7 times (Figure 1b).

Analyzing the coverage of the import by the export, it can be concluded that, in the period from 2012 – 2017, the economy of Srem Administrative District had the export greater than the import, but the trend changed in the next two years, so the import was greater than the export.

2.2. The Structure of the Goods in The exchange of Goods

Figure 2 shows the average presence of the types of goods in the export, and Figure 3 shows the type of the goods in the import as per the quantity for the observed period.

The economy of Srem Administrative District exports ores and metals (25%) most, only to be followed by food products (20%), then grains (15%), chemical products and organic materials (9% each) and machines (7%). The share of the other types of goods is below 2% (Figure 3). The category “ores and metals” also includes the transportation of old iron (secondary raw materials) and processed iron, which, as a part of this category, dominated in the import and export of the City of Sremska Mitrovica (significantly until the year 2016).

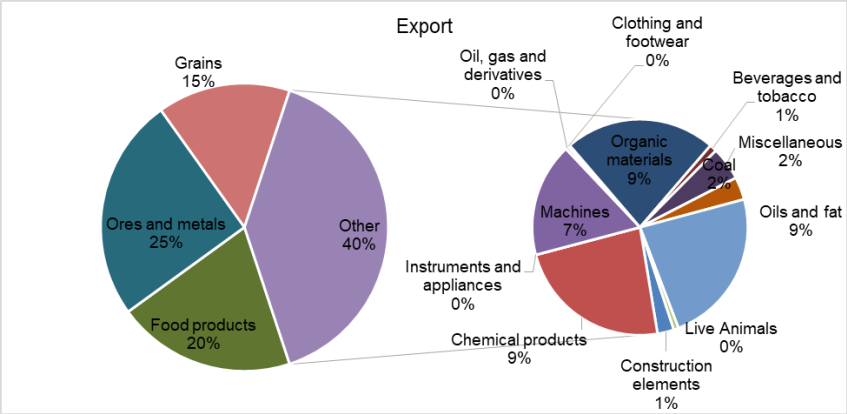


Figure 2. The share of the types of goods in the export of the economy of Srem Administrative District (Statistical Yearbook, 2012-2019, prepared by the authors)

Also, ores and metals (29%) are most imported, only to be followed by organic raw materials (24%), then chemical products (13%), food products (9%), coal (8%) and machines (7%). The other types of goods have a share below 3% (Figure 3).

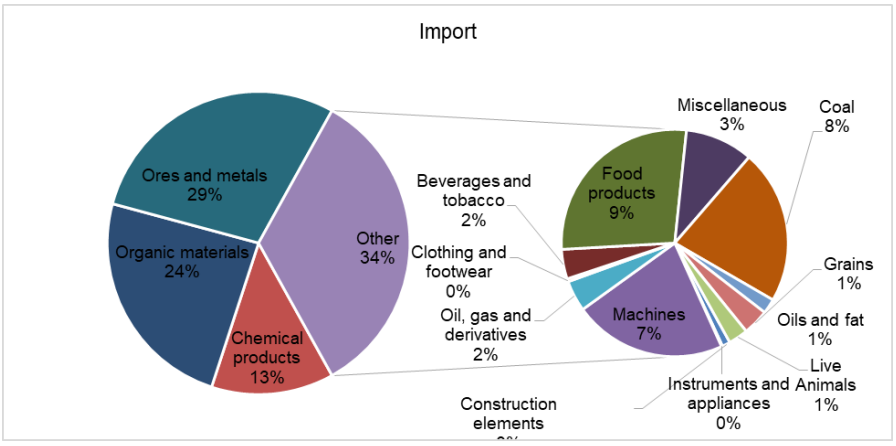


Figure 3. The share of the types of goods in the import of the economy of Srem Administrative District (Statistical Yearbook, 2012-2019, prepared by the authors)

The movement of the exchange of goods as per the types of goods for the observed period is shown in Figure 4. According to Figure 4, it can be seen that there is a continuous growth in the exchange of goods with almost all raw materials and products, except for ores and metals (mainly old iron and its processing), with which there was a more significant fall in the year 2015, but there was also a moderate tendency to recover.

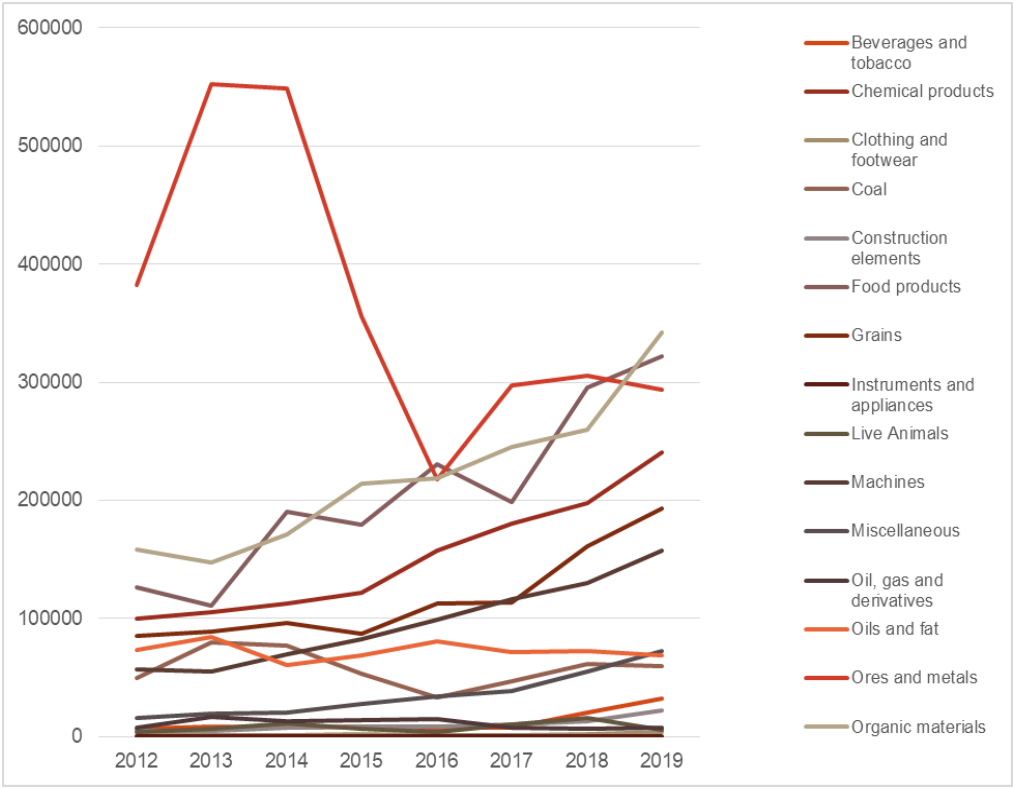


Figure 4. The movement of the exchange of goods of the economy of Srem Administrative District as per the types of goods (Statistical Yearbook, 2012-2019, prepared by the authors)

2.3. Destinations of the Exchange of Goods

As per the type of goods, the economy of Srem Administrative District realizes the biggest exchange of goods with North Europe (28%), only to be followed by that with Southwest Europe (20%), then Central Europe (17%), The Far East (11%), Southeast Europe (10%) and the countries of the Former Socialist Federal Republic of Yugoslavia (9%). The exchange of goods with the other regions is below 2% (Figure 5).

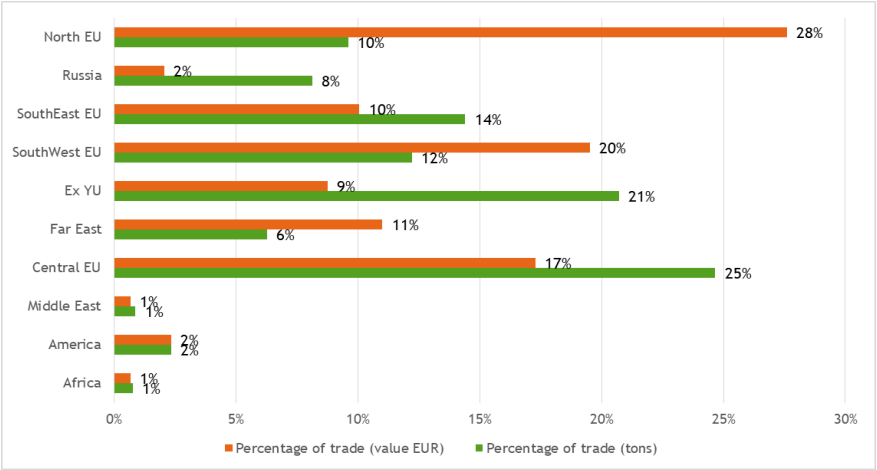


Figure 5. The destinations in the exchange of goods of the economy of Srem Administrative District (Statistical Yearbook, 2012-2019, prepared by the authors)

When the quantity of the goods is in question, the biggest exchange of goods is realized with Central Europe (25%) and the countries of the Former Socialist Federal Republic of Yugoslavia (21%), then Southeast Europe (14%), Southwest Europe (12%), North Europe (10%), Russia (8%) and the Far East (6%). The exchange of goods with the other regions is below 2% (Figure 5).

Figure 6 shows the percentage share of the exchange of goods of the economy of Srem Administrative District with the countries of the ex-SFR Yugoslavia as per the quantity and value of goods. The biggest exchange of goods as per the quality and value of goods is realized with Bosnia and Herzegovina 45% and 34%, respectively. The smallest trade as per the quantity of goods and the value of goods is realized with Montenegro (11% and 12%, respectively).

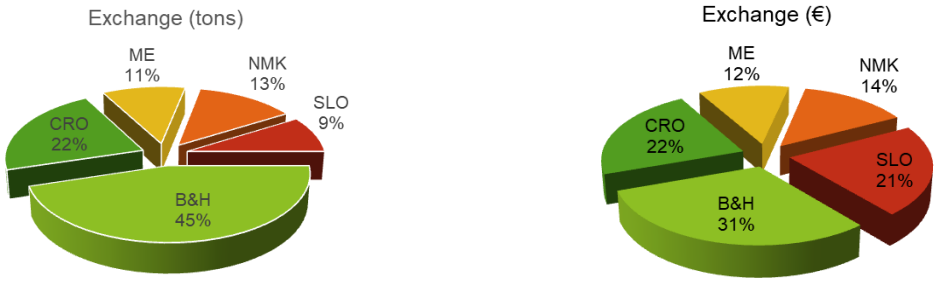


Figure 6. The exchange of goods of the economy of Srem Administrative District with the countries of the Former SFR Yugoslavia (Statistical Yearbook, 2012-2019, prepared by the authors)

3. THE TRAFFIC TYPE USED IN THE EXCHANGE OF GOODS

From the point of view of the traffic type used, and as per the quantity of the exchange goods in the period from 2012 to 2019, road traffic participates 87%, water (river) 8%, and railway 5%. The other types have a share of less than 1% (Figure 7a). From the point of view of the value of goods, road traffic absolutely dominates (96%) – Figure 7b. The other types have a share less than 1%. In the first case and in the second case, intermodal transportation has a negligible share.

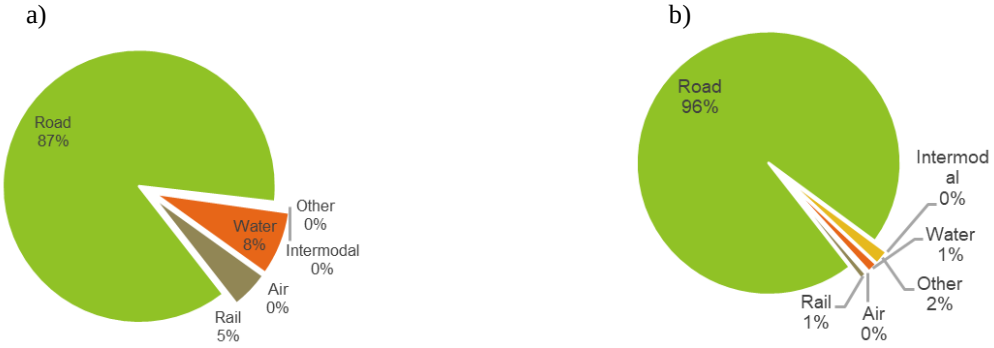


Figure 7. The distribution of traffic as per type in the exchange of goods of the economy of Srem Administrative District: a) as per the quantity of goods, b) as per the value of goods (Bulletin of Traffic and Telecommunications, 2012-2019, prepared by the authors)

The Figure demonstrates the distribution of land traffic as per type in the exchange of goods of the District in the period from 2012 to 2019. From the point of view of the quantity of the goods, road traffic participates 75%, and railway 25% (Figure 8a). When the value of such transported goods is in question, road traffic participates 94%, and railway traffic about 6% (Figure 8b).

a) b)

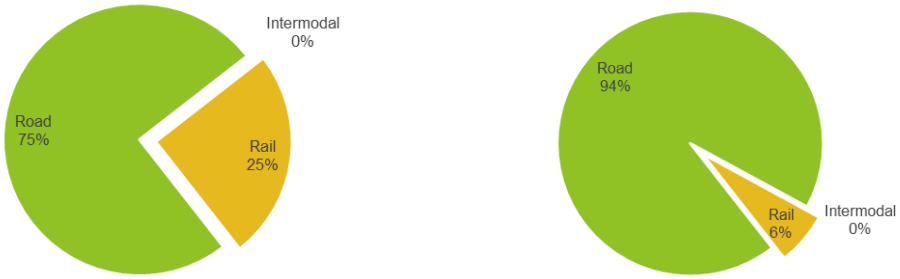


Figure 8. The distribution of land traffic as per type in the exchange of goods of the economy of Srem Administrative District: a) as per the quantity of goods, b) as per the value of goods (Bulletin of Traffic and Telecommunications, 2012-2019, prepared by the authors)

Next Figure shows the exchange of goods of Srem Administrative District with foreign countries as per transportation type. As can be seen, the biggest share is achieved by road traffic with the ex-YU countries and the countries of Central, Southeast, Southwest and North Europe, whereas that share is somewhat smaller with Russia and the Far East. Railway traffic was mainly used for the transportation of goods to/from Southwest Europe and the ex-YU countries, and somewhat lesser to Central and Southeast Europe.

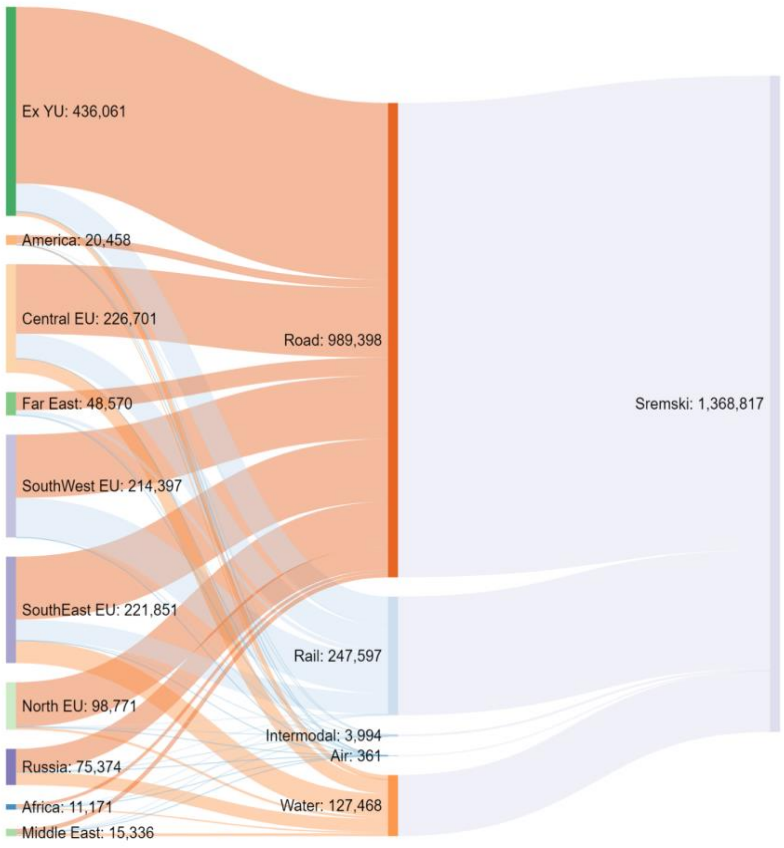


Figure 9. The exchange of goods of the economy of Srem Administrative District with foreign countries as per type of transport (as per quantity) (Bulletin of Traffic and Telecommunications, 2012-2019, prepared by the authors)

The top 20 countries with which the economy of Srem Administrative District realized the biggest trade by land traffic in the period from 2012 to 2019 are shown in Figure 10 based on the average annual values in tons and thousand EUR. As per the quantity of goods, the biggest exchange of goods was realized with Germany and Italy, then with Austria, Bosnia and Herzegovina, France, Hungary and so on, whereas as per the value of goods, it was with Bosnia and Herzegovina and Italy, then with Croatia, Romania, Austria, Germany and so forth.

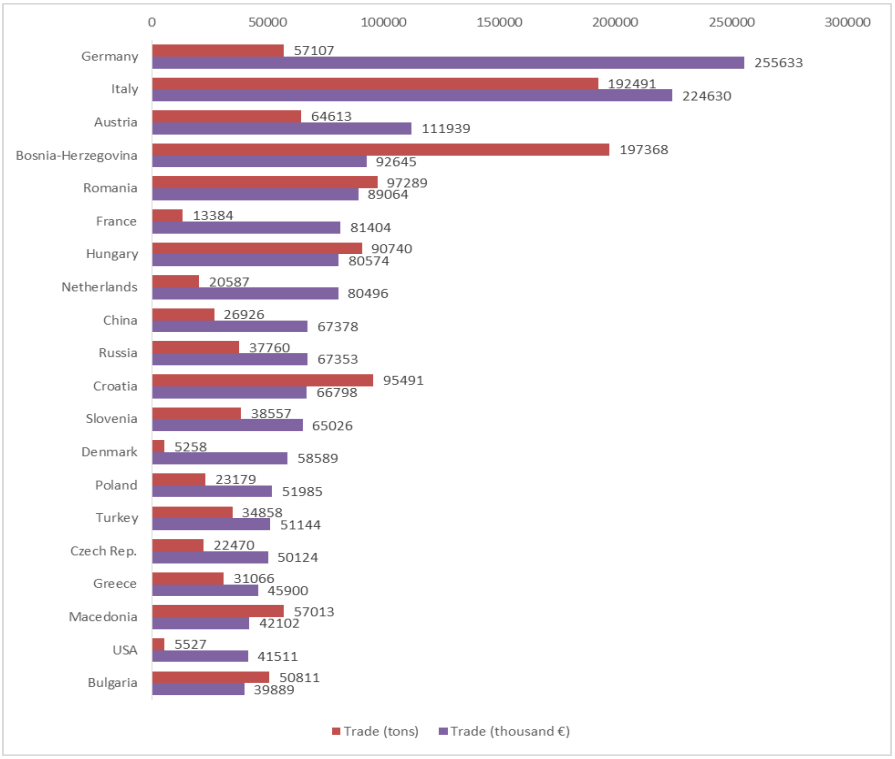


Figure 10. The top 20 countries with which the economy of Srem Administrative District realized the biggest trade by land traffic in the period from 2012 to 2019 (Statistical Yearbook, 2012-2019, prepared by the authors)

4. CONCLUDING REMARKS

The Srem administrative district with about 320,000 inhabitants realizes trade in the amount of 5.4% and 6.7% in terms of quantity and value of goods, respectively, in relation to the total exchange of the Republic of Serbia. The trade of the economy in 2019 amounted to 1.37 million tons of goods, or 1.8 billion euros. The district's economy has a growth trend in both imports and exports. It is generally export-oriented. Both imports and exports are dominated by ores and metals. More than 1/3 of the products belong to the agricultural and food industries. In terms of quantity, the largest trade is realized with the countries of Central Europe, and in terms of the value of goods with the countries of Northern Europe.

There is an exclusive dominance of road transport in the exchange of goods. The share of water and railway traffic is far below the potential (railway lines on freight corridor 10, Danube and Sava rivers). The use of intermodal traffic is negligible. With the exception of intended warehousing and distribution centres, primarily regarding food-processing industry and closed warehousing and distribution (logistics) centres of postal traffic, although there is the market demand, there are not any developed logistics centres which would represent a real trade service. There is only one container terminal in the port Leget (the river Sava), Sremska Mitrovica. Other intermodal technologies (Ro-La, Ro-Ro), as well as multi-modal terminals are not developed.

ACKNOWLEDGEMENT

This work has been supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia, within the Project: Innovative scientific and artistic research in the domain of FTN activities, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences.

5. REFERENCES

https://en.wikipedia.org/wiki/Banat

https://en.wikipedia.org/wiki/Districts_of_Serbia#Vojvodina

Statistical Yearbook, Statistical Office of the Republic of Serbia, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019.

Bulletin of Traffic and Telecommunications, Statistical Office of the Republic of Serbia, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019.

Annual reports, "Srbija Cargo" JSC, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

TRANSPORT DEMAND MODELLING IN NETWORKS WITH FLOWS CONSOLIDATION

Armand – Șerban Stere[a], Ovidiu Harpalete[b]

[a] *University Politehnica of Bucharest, Faculty of Transports, Transport, Traffic and Logistics Department, Splaiul Independenței 313, 060042 Bucharest , Romania, armand_serban.stere@upb.ro, ovidiu20022003@yahoo.com*

Abstract: *The last decades in the transport filed have been marked by a permanent concern of improving this economical sector. One solution can be represented by demand consolidation as it involves coordinating multiple suppliers to ship their goods to a consolidation terminal and collecting requests so that they can be delivered to a single traffic unit for a single destination. The present paper aims to emphasize the importance of transport demand consolidation as an element of improving the efficiency of supply chains in terms of warehouse dimensioning and the optimum number of handling equipments needed. For both problems of transport demand consolidation, mathematical models of queuing systems with numerical examples are considered to show the availability of the models and the effect on the demand consolidation process.*

Key words: *transport demand modelling, networks with flow consolidation, warehouse dimensioning, queuing system*

1. INTRODUCTION

The analysis of the land transport sector is a subject characterized by a high degree of complexity that is given, unlike passenger transport, by the variety of goods transported and the fact that there are real constraints due to the location of goods production activities. For the efficiency of the service provided, a solution can be represented by the transport demands consolidation. Such an approach aims at coordinating several suppliers to ship their goods to a consolidation terminal and to collect all requests so that they can be delivered in a single transport unit to a single destination. As transport demands have different temporal characteristics, it is necessary to apply the consolidation to categories of requests which can then be grouped and shipped together in the same load unit. It is necessary to identify those time periods in which the goods are available in order to be consolidated, and it is necessary to identify a maximum period of time for which demand satisfaction can be delayed without causing malfunctions in supply chain activities (Crainic et all., 2013).

In transport demands consolidation process, warehouses play important roles in ensuring the continuity of this process as well as the connection between the long-distance transport system and the short-distance distribution system. Warehouses play an essential component in supply chains, their roles being as a buffer component of material flows along supply chains to adapt to variability caused by factors such as product seasonality, strengthening demand from various suppliers for combined delivery to customers and value-added processes (such as labeling, product customization, etc.) (Gu et all., 2007).

The aim of the present in paper is to present mathematical models that allows demand consolidation in warehouses that can be found at the junction of different transport modes and can improve the performance of the service provided. The paper is structured as follows: chapter two explains the theoretical aspects of demand consolidation in warehouses, with emphasis on the importance of warehouse sizing by using a probabilistic model. Also, a numerical example is provided to show how the model can be applied. Chapter three presents the need of determing the optimal number of handling equipments needed to model transport demand in networks with flow consolidation in accordance with a minimum level of expenses. The last chapter summarizes the research shown in the article and sets future work to be done.

2. WAREHOUSE SIZING PROBABILISTIC MODEL BASED ON EQUIVAELNT DEMANDS

Warehousing, together with transportation, represents the most important share in logistics costs and there is a continuing concern to identify potential ways to save resources within these subsystems (Stojcic et all., 2018). One of the main operating conditions of a warehouse in newtorks with flows consolidation is the existence of a free storage area. It is possible that goods arriving at the warehouse may be rejected during periods of one year if the storage area is fully used. In some cases, those areas are not intended for the storage of goods. Therefore, in order to determine the total area required for a warehouse, the unevenness of the inflows and outflows from the warehouse must be taken into account, which generates a probability that the whole space will be occupied (also called probability of rejection). Warehouses can be assimilated with queuing systems for sizing problems that involve determining the optimal number of compartments (so as to ensure the lowest possible probability of refuse for the storage of incoming goods), the size and capacity of warehouses, the type of handling equipment, etc (Masek et all., 2015). The representation of the warehouse as a queuing system is illustrated in Figure 1, where we can see that to determine the storage capacity it is necessary to know the probability of refuse of stored goods.

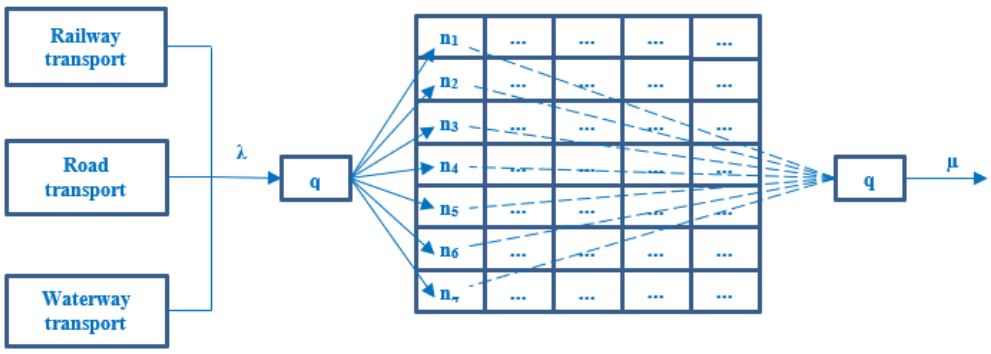


Figure 1. Representation of a warehouse as a queuing system (Source : after (Raicu and Costescu, 2006))

If we start from the hypothesis that the warehouse is a queuing system, the sizing problem will involve determining the number n of cells so as to ensure a probability of refuse as low as possible for the storage of incoming goods (Raicu and Costescu, 2006). Also, according to the Kendall - Lee classification of queuing systems, the warehouse can be assimilated with an M / M / n type system. Therefore, the probability of refuse to store the goods is calculated with a relation of the form:

$$P_{refuz} = \frac{\frac{1}{n!} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{\sum_{k=0}^{n} \frac{1}{k!} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k} = \frac{\frac{\rho^n}{n!}}{\sum_{k=0}^{n} \frac{\rho^k}{k!}} \quad (1)$$

where:

n represents the number of compartments in the warehouse;

λ is the average intensity of goods arrival in the warehouse ($\lambda = \frac{Q_{an}}{q \cdot T}$);

ρ represents average solicitation coefficient of the warehouse ($\rho = \frac{\lambda}{\mu}$);

μ is the average intensity of the shipment of goods from the warehouse ($\mu = \frac{1}{\bar{t}_{med,dep}}$);

Q_{an} is the annual quantity of goods arrived at the warehouse;

q is the size of a batch of goods;

$\bar{t}_{med,dep}$ represents the average duration of occupation of a warehouse compartment by a certain quantity of goods;

T is analysis period (expressed in days).

The minimum number of slots in the storage are of the warehouse in a network with flow consolidation can be calculated with a relationship that depends on the intensity of the arrival of the goods and their shipment. This relationship can be written as follows:

$$n_{min} = \left[\frac{\lambda}{\mu}\right] + 1 \ [cells] \tag{2}$$

It should be mentioned that the simplifying hypothesis was used according to which the release of the warehouse, by the exit of a loaded entity, coincides with the complete release of a storage cell (Raicu et all., 2011). By determining the probability of refuse of the warehouse, it is possible to calculate the storage capacity with a relation of the form:

$$Q_{dep} = Q_{an} \cdot \left(1 - P_{refuz}\right) \tag{3}$$

Next, the application of the probabilistic model to obtain the capacity of a warehouse for the transit of a number of four classes of products will be presented. These are vegetables and fruits, fresh or frozen (class A), food (class B), sugar beet (class C), respectively oilseeds, oily fruits and fats (class D). For the four categories of goods, the data in the following table (Table 1) which refer to the characteristics of the flows of goods are considered to be known. Starting from the value obtained for the minimum required number of compartments of the warehouse, the following procedure will be used, which involves increasing this value by one unit. Thus, for each number of cells, the probability of refuse, the storage capacity and the usable storage area are determined. It is checked whether the capacity increase obtained at a new iteration is significantly higher than the previous one, in which case the iterations are continued. The data resulting from the application of the probabilistic warehouse sizing model for each category of goods are centralized in Table 2.

Table 1. The characteristics of the four categories of goods transiting the warehouse

Parameters	Goods categories			
	Class A	Class B	Class C	Class D
Analysis period T [days]	60	60	60	60
The quantity of goods in transit during the analysis period Q_i [tons]	1220	1200	1000	1320
The quantity of goods arrived at the warehouse q_i [tons]	10	11	6	20
The maximum quantity of goods allowed per unit area γ_i [tons/m^2]	0.5	0.5	0.5	0.5
Intensity of goods arrival in the warehouse λ_i	2.033	1.818	2.777	1.1
Intensity of shipping goods from the warehouse μ_i	0.142	0.1	0.125	0.030
Average storage time of goods $\bar{t}_{med,dep}$[days]	7	10	8	12
Minimum number of storage cells $n_{min,i}$	15	19	23	37
The surface of a compartment, $S_{c,i}$ [m^2]	20	22	12	40

Table 2. Values obtained for probability of refuse, storage capacity and usable area for goods in the four classes

No storage cells	Probability of refuse	Storage capacity [tons/month]	Usable storage area [m^2]	No storage cells	Probability of refuse	Storage capacity [tons/month]	Usable storage area [m^2]
Class A				**Class B**			
15	0.1554	1030	300	19	0.1410	1031	418
16	0.1214	1072	320	20	0.1136	1064	440
17	0.0923	1107	340	21	0.0896	1093	462
18	0.0680	1137	360	22	0.0689	1117	484
19	0.0485	1161	380	23	0.0517	1138	506
20	0.0333	1179	400	24	0.0377	1155	528
21	0.0221	1193	420	25	0.0267	1168	550
22	0.0141	1203	440	26	0.0183	1178	572
23	**0.0086**	**1209**	**460**	27	0.0122	1185	594
24	0.0051	1214	480	**28**	**0.0078**	**1191**	**616**
25	0.0029	1216	500	29	0.0049	1194	638
26	0.0016	1218	520	30	0.0030	1196	660
27	0.0008	1219	540	31	0.0017	1198	682
28	0.0004	1219	560	32	0.0010	1199	704
29	0.0002	1220	580	33	0.0005	1199	726
30	0.0001	1220	600	34	0.0003	1200	748
Class C				**Class D**			
23	0.1320	868	276	37	0.1103	1174	1480
24	0.1089	891	288	38	0.0953	1194	1520
25	0.0883	912	300	39	0.0815	1212	1560
26	0.0702	930	312	40	0.0689	1229	1600
27	0.0546	945	324	41	0.0575	1244	1640
28	0.0415	958	336	42	0.0473	1258	1680
29	0.0308	969	348	43	0.0384	1269	1720
30	0.0223	978	360	44	0.0307	1279	1760
31	**0.0158**	**984**	**372**	45	0.0242	1288	1800
32	0.0108	989	384	**46**	**0.0187**	**1295**	**1840**
33	0.0072	993	396	47	0.0143	1301	1880
34	0.0047	995	408	48	0.0107	1306	1920
35	0.0030	997	420	49	0.0078	1310	1960
36	0.0018	998	432	50	0.0057	1313	2000
37	0.0011	999	444	51	0.0040	1315	2040
38	0.0006	999	456	52	0.0028	1316	2080
39	0.0004	1000	468	53	0.0019	1317	2120
40	0.0002	1000	480	54	0.0013	1318	2160

It can be easily seen from the table above that, after a certain value of the number of cells intended for the storage of goods, the storage capacity no longer shows a significant modification in relation to the increase of the area intended for the storage of goods. Also, the probability of refuse does not show a significant decrease from the same value. Therefore, from that number of compartments it is no longer appropriate to increase the storage area because the storage capacity does not increase. A sufficient number of iterations (between 16 and 22) were performed until values of the number of compartments (cells) were obtained for which no increase in capacity is obtained. Based on the data obtained in table 2, the variations of the storage capacities were represented graphically according to the number of compartments, respectively of the probabilities of rejection in relation to the number of compartments (Figure 2). Based on the graphical representations of the variation of the

probabilities of refuse and the storage capacity for each of the four categories of goods, the appropriate number of storage cells from which the increase in capacity is not significant is chosen. The capacity and storage area for each class of goods are then determined, ultimately determining the total storage capacity. A first conclusion that can be drawn from the analysis is that the problem of proper sizing of warehouses destined for demand consolidation has a high degree of difficulty and complexity. This is justified by the need to take into account the characteristics and non-uniformity of demand of goods arriving at the warehouse, the characteristics of the means of transport used to carry out the distribution of goods and the characteristics of requests for delivery of goods from the warehouse.

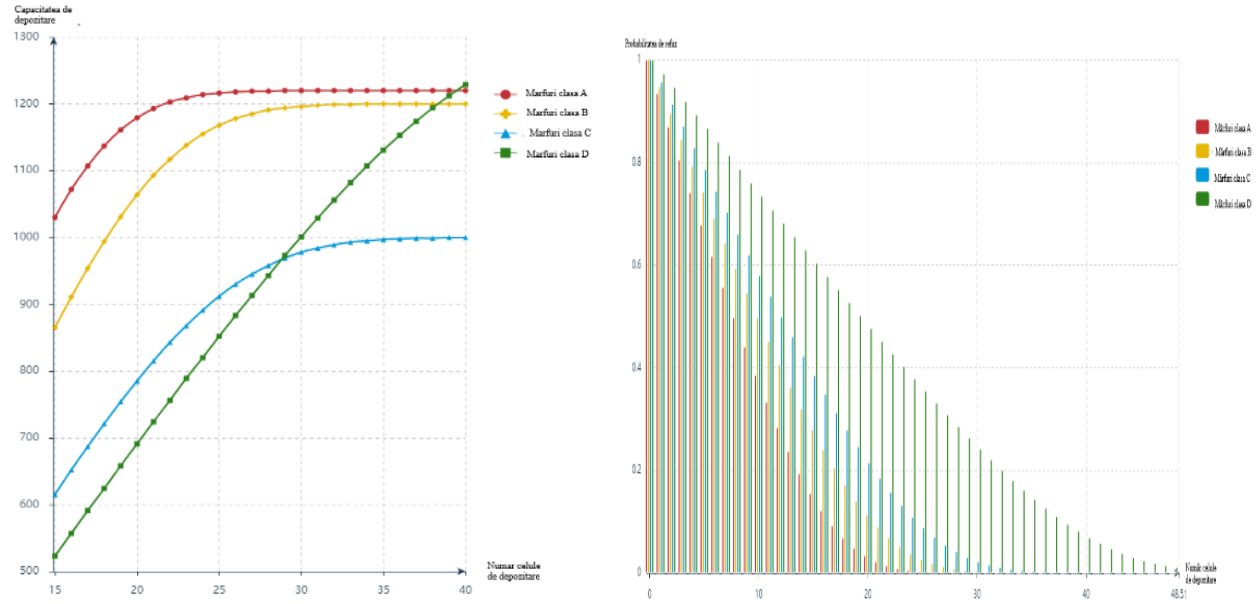


Figure 2. Variation of storage capacity depending on the number of compartments (lef) and the probability of refuse in relation to the number of compartments (right) intended for storage for each of the four categories of goods

3. FACILITIES FOR LOADING IN TRANSPORT MEANS

In order to solve the problem of sizing installations, equipment and improving technologies, it is necessary to ensure the connection between tasks and possibilities. The efficient use of handling facilities for cargo units in a terminal is of utmost importance because their number and performance influence both the operations performed and the organization of the terminals (Roșca and Raicu, 2006; Stîngă, 2019). The solution of such a problem starts from the analysis of the real conditions of operation, ie from the study of the non-uniformities caused by the demand of constructions and installations. Taking into account all these considerations, for the study of the qualitative character of the service of transport requests we use the mathematical models queuing systems.

The problem of determining the need for cargo handling equipment involves identifying the correlation between non-productive stading of equipment corresponding to a number of cargo handling fronts in a terminal and the length of additional stationary means of transport (more precisely, waiting to start operations). handling). Specifically, the aim is to keep the total costs related to the sizing of the terminal (investment and operation) to a minimum. How the stationary of handling equipment and means of transport varies according to the number of machines is illustrated in figure 3. This figure shows that, by introducing maximum permitted values corresponding to the non-productive parking of handling equipment as well as for the parking for the operation of means of transport, it will be possible to obtain that number of equipment that allows the harmonization of required quality levels.

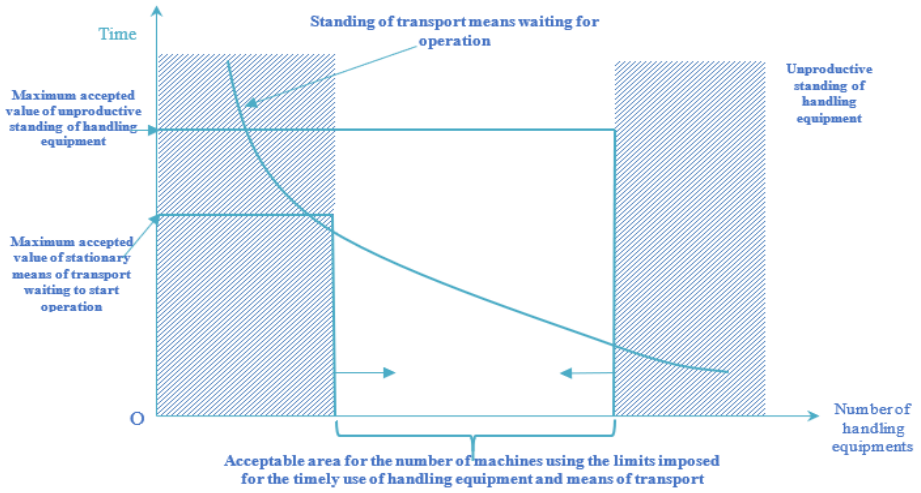


Figure 3. Harmonization of resources and technologies in relation to the rules for the stationary of handling equipment and means of transport (Source : after (Raicu, 2007))

We assume that within the terminal arrive annually N = 156000 TEU and that for handling it is expected to make several handling fronts equipped with the same type of equipment. Each of these machines loads a means of transport in an average time b_m = 0,5 hours for each handling front. The duration for which a facility can be found in service during a year is T = 7800 hours. Another hypothesis considered is that of uninterrupted daily work, requiring a number of three shifts. To solve this problem, the following specific costs are considered known (the assumption that cost elements are affordable):

e_{mf} = 2,8 [m.u/hour] is the cost of a transport mean – hour of effective work ;

e_a = 1,7 [m.u/hour] – is the cost of a transport mean – hour standstill time of the machine with service personnel awaiting the arrival of transport means for loading ;

e_r = 0,3 [m.u/hour] – is the cost of a transport mean – hour standstill time utilajului fără personal de deservire;

c_{mf} = 2 [m.u/hour] is the cost of a transport mean – hour standstill time for loading and unloading operations;

c_{ast} = 2,4 [u.m/oră] is the cost of a transport mean – hour standstill time waiting to start loading - unloading operations.

The objective function of the problem of determining the need for goods handling equipment can be written in the form:

$$\min F = \min\left(e_{mf}\Phi_{mf} + e_a\Phi_a + e_r\Phi_r + c_{mf}\Psi_{mf} + c_{ast}\Psi_{ast}\right) \tag{4}$$

where Φ_{mf}, Φ_a and Φ_r are the effective working hours, stationary with service personnel, respectively without equipment service personnel during a year while parameters Ψ_{mf} and Ψ_{ast} are the standstill time of transport menasat the loading-unloading operations, respectively of waiting in order to start these operations during a year. The time elements are calculated using the following relationships (Raicu and Mașală, 1981) :

$$\Phi_{mf} = N \cdot b_m = \frac{\lambda T}{\mu} \tag{5 a}$$

$$\Phi_a = NT - \Phi_{mf} = \frac{(n\mu - \lambda)T}{\mu} \tag{5 b}$$

$$\Phi_r = n(8760 - T) \tag{5 c}$$

$$\Psi_{mf} \cong \Phi_{mf} = \frac{\lambda T}{\mu} \tag{5 d}$$

$$\Psi_{ast} = N \cdot \bar{t}_{astep} \tag{5 e}$$

In order to calculate the average waiting time values ($\bar{t}_{astep}$) we start from the hypothesis of a M / M / n: (∞ / FIFO) queuing model. Thus, the average intensity of arrivals is $\lambda = \frac{N}{T}$ = 20 [wagons/hour] while the average intensity of the services is $\mu = \frac{1}{b_m}$ = 2 [wagons/hour]. Based on these values, the objective function F is calculated for different values of n starting with n_{min} + 1 (in which $n_{\min} = \frac{\lambda}{\mu}$ = 10). Performing calculations from values starting with n_{min} + 1 is justified by the fact that, for values of n = n_{min}, the system does not correspond to a permanent regime. The results of the calculations can be found in table 3. It follows that, in the case of a system for which both arrivals and services correspond to an exponential distribution and the service of requests is made without priority, the sizing of the system so as to record minimum costs involves the endowment with a number of 13 handling machines. Following the same reasoning, it is possible to calculate the number of machines in the case of a system in which the service of requests is made with priority, the characteristics of arrivals and services remaining the same. For the calculation of the waiting times, the relations specific to queuing systems will be used, subsequently the number of machines will be determined in the case of priority services for different weights of the priority requests.

Table 3. Expenses on the number of equipments

n	$\frac{\lambda}{n\mu}$	$\mu\,\bar{t}_{astep}$	Ψ_{ast}	Ψ_{mf}	Φ_{mf}	Φ_a	Φ_r	F_u	F_v	**F**
11	0.909	0.682135	53206.54	78000	78000	7800	10560	234828	283695.7	518523.7
12	0.833	0.224702	17526.77			15600	11520	248376	198064.2	446440.2
13	**0.769**	**0.095094**	**7417.336**			**23400**	**12480**	**261924**	**173801.6**	**435725.6**
14	0.714	0.043535	3395.72			31200	13440	275472	164149.7	439621.7
15	0.667	0.020409	1591.932			39000	14400	289020	159820.6	448840.6
16	0.625	0.009557	745.4578			46800	15360	302568	157789.1	460357.1
17	0.588	0.004411	344.0636			54600	16320	316116	156825.8	472941.8
18	0.556	0.001991	155.3077			62400	17280	329664	156372.7	486036.7
19	0.526	0.000875	68.24059			70200	18240	343212	156163.8	499375.8
20	0.500	0.000373	29.1041			78000	19200	356760	156069.8	512829.8

In case the average intensity of arrivals (λ) is much lower than that of services ($n\mu$), the average waiting time for serving is almost non-existent. Otherwise ($\lambda > n\mu$) the expectations before serving are significant. If mixed input flows are processed, composed of various types of entities (which differ in service life, stationary cost, traffic and processing conditions, etc.), in order to increase the efficient operation of the system it is advantageous to reduce waiting times in view of serving and passing through the system of applications whose parking generates higher costs.

4. CONCLUSIONS

The consolidation process (especially in the case of low-intensity flows) has created the premises for the rational use of goods processing and delivery operations. The process of consolidating transport demand has the positive effects of increasing the flexibility of the transport system, the possibility of carrying out complete transports that ensure a significantly lower level of costs per unit of cargo and achieving savings as a result of intensive use of means of transport. handling of goods. Due to the continuous increase in the volumes, one of the main objectives is to efficiently realize transport demand consolidation. In this sense, it is necessary to harmonize the levels of resources and technologies involved in the process of consolidating transport demand (proper sizing of warehouses, equipment used in goods handling, determining the optimal number of handling equipment etc.).

The probabilistic model for warehouse dimensioning can be used to determine the capacity and the area required for storage for a certain probability of refuse. This size can be calculated according to the intensity of arrivals and shipments of consignments. The probability of refue shall be set at the value obtained for the number

of cells from which the storage capacity and storage area no longer increase significantly. The main disadvantage of applying the probabilistic model the consignments size arriving at the warehouse is assumed to be equal to the size of goods being shipped from the warehouse. Despite this disadvantage, the model can be adapted and developed for specific calculation assumptions - arrival at the terminal for storage of flows of goods with different characteristics, different sizes of transport means used in the distribution of goods to final customers (these means can belongs to the same mode of transport or can be considered to belong to different modes of transport), etc. The other issue in transport demand consolidation process is the need of determing the optimal number of equipments needed for handling. By applying the proposed mathematical model, it can be seen that at requests higher than a certain percentage of the system, waiting times for lower priority demands increase considerably. This can force the warehouse administrator to take investment measures to increase capacity to maintain a competitive level of service quality. nvestment measures to increase capacity should materialize through the purchase of high-performance handling and handling equipment so that the average serving time decreases.

5. REFERENCES

Crainic, T. G., Marcotte, S., Rei, W., & Takouda, P. M. (2013). Proactive order consolidation in global sourcing. In Handbook of Global Logistics (pp. 501-530). Springer, New York, NY.

Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. European journal of operational research, 177(1), 1-21

Masek, J., Camaj, J., & Nedeliakova, E. (2015). Application the queuing theory in the warehouse optimization. International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering, 9(11), 3744-3748.

Raicu, Ș.,Maşală, Gh., (1981) Transport feroviar – funcționare, dezvoltare, eficiență, Ed. Tehnică, Bucureşti

Raicu, Ș. (2007). Transport systems, Editura AGIR, Bucuresti.

Raicu Ș,Popa M., Burciu, Ș., Mocuța, G., (2011) Logistica transporturilor (Bucharest, AOSR).

Raicu Ș, Costescu D., (2006) Model probabilistic pentru dimensionarea depozitelor, in Concepte intermodale în transporturi – Lucrările seminarului proiectului IM7Danube (Bucharest, AGIR)

Roșca, E., Raicu, Ș., (2006) Optimizarea manipulării containerelor în terminale de transport, in Concepte intermodale în transporturi– Lucrările seminarului proiectului IM7Danube (Bucharest, AGIR)

Stinga, V. G. (2019, August). Harmonization of resources and technologies of transport modes at the terminal level in a logistics network. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 591, No. 1, p. 012114). IOP Publishing

Stojčić, M., Pamučar, D., Mahmutagić, E., & Stević, Ž. (2018). Development of an ANFIS Model for the Optimization of a Queuing System in Warehouses. Information, 9(10), 240.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

CROWDSHIPPING CONCEPT FOR THE LAST MILE DELIVERY

Mladen Krstić[a], Snežana Tadić[a], Jovica Smiljković[a], Slobodan Zečević[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade, 11 000, Serbia, m.krstic@sf.bg.ac.rs, s.tadic@sf.bg.ac.rs, smiljkovic52@gmail.com, s.zecevic@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *The rapid and continuous development of e-commerce worldwide is one of the main problems in city logistics, because it significantly changes the flow of goods within cities and generates the problems in the goods delivery. The realization of the last mile is certainly the most complex problem of the e-commerce realizatiion and it's considered as one of the most expensive, the least efficient and the most polluting stage of the entire logistics chain. This problem can be solved by promoting sustainable solutions. Recently, the solution for those problems is found in the crowdshipping concept, which is an innovative delivery concept that allows better use of excess transport capacities. Accordingly, this paper deals with this concept and its possible application in the realization of the last mile in e-commerce.*

Key words: *crowdshipping, e-commerce, last mile, city logistics*

1. INTRODUCTION

The term e-commerce is widely used and has different interpretations, but it most often refers to operations of buying and selling products and services over the Internet. However, the term itself is much broader and refers not only to the Internet but also to payment methods, relationships with suppliers, negotiations with customers, etc. The realization of the last mile delivery is one of the most complex problems associated with the e-commerce. The last mile is the most expensive, least efficient and most polluting part of the entire logistics chain (Rodriguez, 2020). Today, in developed cities, the problems and costs of e-commerce can only be reduced by promoting distribution systems and solutions that are sustainable and efficient.

One of the solutions that can be applied is the crowdshipping concept. Crowdshipping is an innovative delivery concept that could stimulate better use of currently unused transport capacity (Serafini et al., 2018). This paper deals with the analysis of the application of the crowdshipping concept in systems for the realization of the last mile in urban areas. The aim of this paper is to analyze the crowdshipping concept, its basic characteristics, advantages and disadvantages, elements, technologies and application viability.

The work is organized as follows. The second section of the paper describes the basic models of e-business, with special emphasis on e-commerce and crowd logistics. The third section describes the crowdshipping concept, i.e. the elements, technologies, models, advantages and disadvantages of the concept. The fourth describes the various business opportunities and challenges that companies face when developing a crowdshipping concept. Finally, concluding remarks are given in the last section.

2. CROWD LOGISTICS

E-business refers to running business processes on the Internet. These processes do not only include buying and selling, but also organizing business communication with customers, customer care, information exchange, payment processing, as well as optimization and improvement of other business services in the electronic environment (Combe, 2006).

Electronic Business (EB) includes Electronic Commerce (EC), Business Intelligence (BI), Customer Relationship Management (CRM), warehouse management systems (WMS), etc. EC, also known as e-trade or internet trade, most commonly refers to the purchase and sale of goods or services via the Internet and the transfer of money and data to execute these transactions. In the past decade, the market for EC products has expanded significantly from consumer goods, less valuable products, to the rare and expensive goods. This has led to the development of various solutions to improve EC and the entire logistics system. In recent years, solutions based on the crowdsourcing concept stood out in particular (Howe, 2006).

Crowdsourcing refers to the involvement of ordinary people in the implementation of logistics operations. It is a combination of two words: "crowd", which means a mass of people, and "outsourcing", which describes the transfer of certain processes and activities to third parties. The term crowdsourcing originated in 2005, and it was coined by Jeff Howe and Mark Robinson, editors of Wired magazine, to describe how companies used the Internet and individuals to generate certain revenue. Although crowdsourcing was first described in 2005, the method itself goes much further back in time. There are examples from France in the period before the French Revolution, when citizens were invited to present their proposals for solving certain social problems, and the best solution was awarded. In the 18th century, Great Britain used crowdsourcing to find solutions to some scientific problems (Guittard et al., 2015).

The application of the crowdsourcing concept in logistics is recognized and defined as crowd logistics. To date, a unique and widely accepted definition of crowd logistics has not been established, because the term itself is interpreted in different ways, includes a large number of participants and follows the constant development of cities and systems. According to one definition of crowd logistics, it is "the outsourcing of logistics services to individuals who own logistics resources, with coordination supported by technical infrastructure" (Mehmann et al., 2015). Crowd logistics is also defined as "urban crowd logistics paradigm where a participative pool of urban crowd-workers is co-opted to perform a variety of last-mile tasks" (Carbone et al. 2017). Accordingly, the basis for performing crowd logistics are collaborative platforms and mobile applications that connect individuals, who need certain logistics services, with those who can provide those services. The most important part of the crowd logistics system is certainly the people. The more efficient the network of connected people, the better and cheaper the services and the more satisfied the customers are. Crowd logistics invites individuals to perform services on a voluntary basis. With traditional logistics, this is not the case, because companies generally have their permanent employees who provide logistics services and solve problems that arise when distributing goods from the starting to the end point. There are easily discernible differences between crowd and traditional logistics at the strategic, organizational, and operational levels. These differences are shown in Table 1.

Table 1. Comparison of dominant characteristics of traditional and crowd logistics (Carbone i dr., 2017)

		Traditional logistics	**Crowd logistics**
Strategic level	Participants	Companies	Individuals
	Motivation	Economic	Multidimensional
	Number of participants	Large	Little
Organizatinal level	Skills	Professional	Amateur
	Platform function	Physical	Mediation
	Scope of activities	Large	Little
Operational level	Procedure	Standard	On request
	Information system	Software	Platforms
	Means of goods distribution	Standard	Specific

Depending on the nature of logistics services, crowd logistics can be divided into four basic types: crowd warehousing, crowd freight delivery, crowd forwarding and crowd local delivery (Carbone et al., 2017). ***Crowd storage*** relies on the storage resources of individuals, such as basements, spare rooms, garages or backyards. ***Crowd freight delivery*** involves the use of individual vehicles, mainly road vehicles such as trucks, vans or cars, for the realization of long-distance transport within a country or continent. ***Crowd freight forwarding*** is based on platforms that connect customers' requests for the delivery of some goods with passengers who are making a private trip on the required delivery route. The success of this type of crowd logistics depends on the ability of individuals to transport the necessary goods internationally. High risks and unexpected obligations can arise due to customs regulations and restrictions on international travel. ***Crowd local delivery*** involves picking up, driving, and delivering goods to individuals' own resources, most often when performing the last mile of the supply chain. This type of crowd logistics is also known as crowdshipping. Transport requirements are most often performed by smaller vehicles such as vans, cars, scooters, bicycles, but also by using public transport or on foot.

3. CROWDSHIPPING CONCEPT

The development of technologies such as mobile devices, computers and the Internet has accelerated the pace at which companies are changing. Technology has changed the way individuals and goods move. This also affected EC, as well as the realization of the last mile in the delivery of goods. With the development of technology, various solutions have emerged that have enabled better delivery, and one of them is the crowdshipping concept. Based on the application of this concept so far, several basic application models can be identified. However, all models have a common structure, consist of the same basic elements and use the same

technologies. In the following, the elements and technologies of the crowdshipping concept are first defined, after which the basic models of application of the concept for the realization of the last mile delivery are described, as well as the basic advantages and disadvantages of the concept.

3.1. Elements and technologies of crowdshipping concept

The review of the literature and the results of the application of currently existing crowdshipping models highlights the following elements of the concept (Odongo, 2018): crowd, digital transformation, compensation, voluntary engagement, delivery time, type of company and type of goods.

Crowd refers to a group of individuals who are asked to take part on a specific logistical task, in this case the delivery of goods in the last mile. In order to successfully apply the crowdshipping concept, companies must go through the so-called "***Digital transformation***" which implies organizational change through the use of appropriate platforms and digital technologies to improve the company's performance (Schallmo and Williams, 2018). ***Compensation*** refers to a monetary incentive as the main reason people choose to access one of the crowdshipping models. In the beginning, the fees should be as high and attractive as possible to the potential users who have certain logistical resources. ***Voluntary engagement*** means that people choose the logistics services they want to fulfill. Due to the absence of a fixed contract, users can terminate any connection with a particular crowdshipping model at any time. The crowdshipping concept is characterized by a short ***delivery time*** that generally does not exceed one day, and most deliveries are realized within just a few hours. As for the ***type of company***, it is mostly dominated by those that are specialized in the distribution of goods, but companies that have strong internet platforms, such as Uber (Odongo, 2018), are showing increasing interest in the crowdshipping concept, although distribution of goods is not their core business. Analysis of various crowdshipping models has shown that almost any ***type of goods*** can be distributed (e.g. food, electronics, mail, clothing, etc.). In practice, target groups of users are usually formed, and companies specialize in the distribution of certain types of goods (Odongo, 2018).

In order for any crowdshipping model to succeed, appropriate technologies are needed to enable its application. Nowadays, with the constant appearance of new, but also the rapid development and improvement of existing technologies, various possibilities for the application of some crowdshipping models are opening up. The basic technologies that include the crowdshipping concept are: mobile devices, location technologies, identity verification technologies, specific algorithms for crowd platforms, secure digital payment systems, etc. (Odongo, 2018).

3.2. Crowdshipping models for the last mile delivery

Every day, new crowdshipping solutions appear that can be applied in big cities around the world. However, based on previous experience and research, several basic models of its application can be singled out.

3.2.1. Circular package delivery model

The circular model of package delivery represents the idea of encouraging citizens to collect and deliver packages to end consumers living in their neighborhood. This approach is applied when the recipient is absent during the scheduled delivery time. For this model to work, it is necessary to establish transparent and reliable communication between the end customer and his neighbors. If the package is received by a neighbor, the delivery is marked as completed in accordance with the plan. The package is delivered on time and in the right place, at no additional cost. Neighbors receive certain incentives or earn income by accepting packages. In order for this model to function properly, the number of neighbors needed to cover all customers in a particular geographical area must be determined (Akeb et al., 2018). When applying the model, factors such as population characteristics, social differences between customers, economic development of the observed geographical area, etc. should be taken into account.

3.2.2. Minimum flow cost model

In this model there is a huge number of so-called "pop stations" deployed along the city. These stations have a number of workers who are willing to accept the goods for a particular customer and make further delivery to the final address. The idea of this model is for logistics companies to focus only on delivering packages to stations, based on the customer's final address. In order to achieve this, the required number of stations and workers in a certain geographical area should be determined. In addition to determining the required number of stations, their most economical location should also be determined. The tendency is to hire only one

worker from a certain station for the delivery of one package, however, this is not always feasible due to the characteristics of the goods, as well as due to customer requirements (Wang et al. 2016).

3.2.3. Taxi crowdshipping model

This model is based on the delivery of packages using taxis and pick-up stations, or retail outlets whose working hours are 24 hours. The solution involves transporting the package together with the passengers, which achieves significant savings. The model strives to make the most of the capacity of taxis. The passenger requests a ride on a certain route, and then it is required to match that route with the requirements for the realization of deliveries. The problem may arise because the passenger's routes are not fixed and changes may occur during the ride (e.g. the passenger requests a change of route to perform other activities). Passengers always have priority. This model enables the reduction of delivery costs, delivery time, labor force, the number of trucks in the city, and thus the emission of gases, particles, noise, etc. When applying this model, factors such as the number of taxi services, the number of taxi vehicles, the characteristics of public transport in the city, population density, etc. must be taken into account (Chen and Pan, 2016).

3.2.4. Real-time request assignment model

The basic idea of this model is to provide the service of goods delivery at the request of customers using the so-called "crowd of executors" who would be in charge of taking over and delivering the requested orders. Participants in this solution are: shops, customers and couriers (crowd executors). The proposed model can be reported using a dynamic framework that takes into account the following steps: gathering information, generating solutions (the process of assigning tasks to active crowd executors) and personalized delivery order (each courier receives the order which he delivers to end customers). The main goal of this model is to assign customer orders to couriers who can respond to requests in real time, because it is mostly sensitive goods (food, drugs, drinks, etc.) that require fast deliveries. For this reason, planning routes for couriers, i.e. calculating the time required for delivery is the main task in the application of this model (Tu et al. 2019).

3.2.5. Dynamic crowdshipping model

This model includes the activities of picking up and delivering goods using a P2P (Peer to Peer) communication system that connects carriers and customers as generators of transport requests. The buyer of some goods submits a request in the system for collection and delivery of goods to be performed by the carriers. The buyer sets the maximum price he is willing to pay in relation to the time it takes to deliver the goods. Carriers choose the most desirable and favorable tasks based on their itinerary. All carriers evaluate the tasks and offer a price for their execution. The bids provided by the carriers are compared with the applicant's maximum willingness to pay. The dynamic model performs the best match between the carrier and the applicant so that all parties are satisfied. Priority is given to the carriers when matching or assigning tasks. In order to bring this crowdshipping model to life, certain incentives or subsidies can be used in the beginning, both for carriers and buyers (Allahviranloo and Baghestani, 2019). The application itself can be influenced by various characteristics of the applicant, the willingness of the carrier to accept all offers, the economic development of the city, etc.

3.3. Advantages and disadvantages of the crowdshipping concept

The crowdshipping concept with its application brings various advantages for different stakeholders. The benefits can be viewed from the aspect of the main interest groups, users and sellers, but also from the social and environmental aspect.

For users, the main advantages are: personalization, speed of delivery, access to all products, lower prices and package tracking. ***Personalization*** gives the customer the opportunity to organize the delivery by reprogramming the time in case the first agreed date is not suitable and convenient for the customer. Crowdshipping with its application generally enables ***fast delivery***, if the task is accepted. The crowdshipping concept can give consumers ***access to all products***. This applies to cases where the seller does not have a delivery service. Crowdshipping companies can offer ***lower delivery prices*** compared to traditional companies that deal with the delivery of goods. Also, a very important item that can lead to the greater success in the application of the crowdshipping concept is the ability of ***package tracking*** by customers at any time. This allows the customer to better organize their time.

For retailers, the main advantages are: lower delivery costs, access to EC, less investment in distribution equipment, easy market conquest and time savings. Faster delivery and use of already existing transport capacities results in ***lower delivery costs*** when delivering goods in the crowdshipping concept. The concept also enables ***access to EC*** for retailers and the opportunity to develop their business in that direction. Using one of the

crowdshipping models enables ***less investment in distribution equipment***. Connecting sellers with a crowdshipping company allows them better access to the market, and thus ***easier market conquest***. In the end, using one of the crowdshipping models enables great ***time savings*** and the opportunity to use that time for other activities that will improve the entire system.

The social and environmental benefits of using the crowdshipping concept are: noise reduction, reduction of harmful gas emissions, application of alternative modes of transport, improvement of quality of life and reduction of traffic congestion. One of the main principles of crowd logistics is the use of free capacity of vehicles that are already engaged in the realization of flows. Therefore, the number of cars or delivery vehicles used in the last mile in the delivery of goods can be reduced, which consequently leads to the various social and environmental benefits for residents.

The crowdshipping concept, on the other hand, can face various risks and drawbacks before and during its implementation. The biggest risks are: theft or damage of goods, trust between users and carriers and the impossibility of application. ***Theft or damage to goods*** are coommon because there are very few regulations that regulate these situations. In crowdshipping models, the customer usually entrusts their packages to an unknown individual. This is a problem, because users are not ready to recommend crowdshipping models to others if they have not gained enough trust in them (Tadić and Veljović, 2021). Companies are constantly exploring different ways to build ***trust between users and carriers***. ***The impossibility of application*** of the crowdshipping model is another disadvantage of this concept. Certain crowdshipping models may prove to be good in some cities and in some geographical areas, while in the others they may represent a major failure. The possibility of application is influenced by various factors, such as population density, population characteristics, social differences, the degree of people using the Internet, etc.

4. SUSTAINABILITY AND APPLICABILITY OF THE CROWDSHIPPING CONCEPT

A sustainable system meets the needs of the present, without compromising future generations to meet their own needs (Kuhlman and Farrington, 2010). For the crowdshipping concept to be successfully implemented it needs to be economically, socially and environmentally sustainable.

Various analyzes and research have shown that the crowdshipping concept is ***economically sustainable*** (Rodriguez, 2020). Platforms and models that enable its application do not require fleet ownership and permanently employed workers, which leads to lower costs compared to traditional delivery methods. Flexibility in the implementation of operations during delivery additionally contributes to cost reduction (Macharis and Melo, 2011). The economic viability of the concept largely depends on the performance of service quality, insurance costs, training, routing instructions, devices, software development, etc., as well as the database of individuals who need to meet the increased demand for deliveries.

In terms of ***social sustainability***, the crowdshpping concept enables the creation of new jobs with flexible working hours and the generation of additional income. This is especially important for young people at risk of marginalization (Ovaska, 2016). On the other hand, customized working hours allow customers to deliver goods in accordance with their lifestyle. The social impact of the crowdshipping concept on health should also be noted. The concept stimulates alternative modes of transport, such as cycling and walking, which encourages physical activity of the population.

The crowdshipping concept is ***environmentally sustainable***, because basically crowdshipping models should minimize the harmful impact on the environment and crowds in cities. One of the main principles of the crowdshipping concept is the use of free capacity of vehicles on predetermined trips. This reduces the number of cars or vans that appear in the last mile deliveries of goods. It should also be noted that social and environmental sustainability are closely related, because with the increase of environmental sustainability, the quality of life in cities also increases.

The crowdshipping concept is most prevalent in North America and Europe, primarily because there are countries on these continents at a high level of technological development and awareness of the importance of sustainability. So far, many different solutions of the crowdshipping concept have been applied in practice, such as: MyBoxMan, Nimber, GoGoVan, ShipBob, BuddyExpress, etc. Some of the most successful applications in Europe will be described in more detail below.

4.1. Wolt

Wolt provides food ordering and delivery services via mobile and web applications. It was founded in 2014 in Helsinki. Since then, it has spread to 23 countries around the world, although it is still the most represented in Europe. One of the countries in which Wolt operates, since 2019, is Serbia. Wolt allows any restaurant to sign up as a partner, mediating the order from the customer, taking care of delivery via

crowdsourcing system and automatic credit card payment (Odongo, 2018). Customers choose the restaurant and food in the app, while Wolt forwards the request to the restaurant. The restaurant informs when the order will be finished. The Wolt system matches the given order with the available courier. Couriers deliver food using bicycles, motorcycles, scooters and cars. Wolt has seen enormous growth in recent years due to the outbreak of the COVID-19 pandemic. Big cities across Europe were locked up. The population was forced to be in their homes 24 hours a day, which led to an increase in ordering food online. This was greatly exploited by Wolt and it expanded the business all over Europe. Wolt enabled the so-called contactless delivery, which means leaving food at the customer's front door. Also, restaurants are instructed to prepare special pick-up counters, where restaurant staff can place orders so that couriers can pick them up with as little human contact as possible. All of this further impacted the customer's sense of security and contributed to Wolt's faster development.

4.2. PiggyBaggy

A Finnish company called Coreorient was founded in 2011. Coreorient is a company that develops services and technologies that help people perform their daily activities more efficiently. One of the main services of this company is the so-called PiggyBaggy model. It involves delivering goods to customers by hiring people who use their own cars, trucks, bicycles or even public transport to pick up and dispose of packages. The model offers citizens the opportunity to order products by phone, and in addition to delivering goods to their home addresses, shipments can also be picked up in the so-called "smart" containers deployed throughout the city. When ordering, the customers leaves information about the desired destination, delivery time and the price they are willing to pay in the application. Then the people, who are also registered in the application, make a decision whether they want to realize this delivery. Drivers contact senders by phone or app to agree on details, such as payment method, exact pick-up and drop-off location, etc. PiggyBaggy provides all deliveries up to 100 euros and the right names are used for registration, which makes this service secure (Odongo, 2018). For now, the model has been applied only in Finland, but it is expected to expand soon in both Europe and the world.

4.3. MoveByBike

The Swedish company MoveByBike was founded in 2012, but started operating in 2014. At the time, the company only supplied furniture, but later had its first large customer, which allowed MoveByBike to expand its business and grow further. When the company's focus shifted from furniture delivery to clothing stores, the company needed a new transportation solution that would be able to function in Stockholm traffic, and loading goods required speed and precision. The solution involved the use of electric cargo bicycles that could transport goods weighing about 300 kg (www.movebybike.se). The advantage of these bikes is that they can transport large quantities of goods. Another advantage is their design that allows them easier access to narrow streets and less accessible places compared to cars. Today, the company has 14 electric cargo bikes and 50 associates. It currently operates only in Sweden, but plans to expand to surrounding countries. The principle of business is such that customers issue a request for the delivery of certain goods. The company decides whether to accept the offer and at what time it will deliver the goods. Based on that, it gives a price to the buyer, which he accepts or not. This allows couriers to transport multiple packages at once for different customers. As with most crowdshipping models, the customers can track their shipment via the app and estimate when they will receive their package.

5. CONCLUSION

The development of cities and EC will undoubtedly lead to bigger and more complex problems in the realization of the last mile. The crowdshiping concept is one of the most promising solutions to these problems. However, cities differ in many characteristics, which is why crowdshipping solutions cannot be universally applied. Any solution should be taken with caution and applied only after a detailed analysis and in the areas with the appropriate conditions.

In this paper, the application of the crowdshipping concept in systems for the realization of the last mile deliveries in the urban areas is analyzed. The main goal of the paper was to understand various crowdshipping models, their basic characteristics, advantages and disadvantages, as well as technologies and sustainability of application. With its accelerated development, EC has generated requirements for creating new logistics solutions. One of them is crowd logistics, which has contributed to reducing logistical problems in the delivery of goods in the last mile. Crowd logistics is expected to have a significant impact on traditional logistics. The growing volume, complexity and performance of traditional logistics have reached a stage where growth has met environmental challenges, energy inefficiencies and rising costs. Crowd logistics uses the logistics resources of

individuals and can reduce the need for new investments in logistics infrastructure. The crowdshipping concept as one type of crowd logistics plays an essential role in the whole system. With its application, the concept enables better utilization of transport capacities on already planned trips, which consequently leads to many positive effects. Future research could focus on the potential of the crowdshipping concept, i.e. its sustainability, where logistics companies, individuals and application possibilities should be taken into account.

6. REFERENCES

Akeb, H., Moncef, B., & Durand, B. (2018). Building a collaborative solution in dense urban city settings to enhance parcel delivery: An effective crowd model in Paris. Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review, 119, 223-233.

Allahviranloo, M., & Baghestani, A. (2019). A dynamic crowdshipping model and daily travel behavior. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 128, 175-190.

Carbone, V., Rouquet, A., & Roussat, C. (2017). The Rise of Crowd Logistics: A New Way to Co-Create Logistics Value. Journal of Business Logistics, 38, 238-252.

Chen, C., & Pan, S. (2016). Using the Crowd of Taxis to Last Mile Delivery in E- commerce: a Methodological Research. In: Borangiu T., Trentesaux D., Thomas A., McFarlane D. (eds) Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing. Studies in Computational Intelligence, 640, 61-70.

Combe, C. (2006). Introduction to e-Business: Management and Strategy. Elsevier Ltd, Burlington, Massachusetts, USA.

Guittard, C., Schenk, E., & Burger-Helmchen, T. (2015). Crowdsourcing and the Evolution of a Business Ecosystem. In: Garrigos-Simon, F.J., Gil-Pechuán, I., & Estelles-Miguel, S. (eds.) Advances in Crowdsourcing, Springer International Publishing, Switzerland.

Howe, J. (2006). The rise of crowdsourcing. Wired magazine, 14(6), 1-4.

Kuhlman, T., & Farrington, J. (2010). What is sustainability? Sustainability, 2, 3436-3448.

Odongo, B. (2018). How crowdsourcing is transforming the face of last mile delivery. (Bachelor's thesis). JAMK University of Applied Sciences, Jyväskylä, Finland.

Ovaska, J. P., Poutiainen, P., Sorasahi, H., Aho, M., & Annala, J. L. M. (2016). Business Models for a Circular Economy 7 Companies Paving the Way. Finnish Innovation Fund Sitra, Helsinki, Finlnad, 28-33.

Macharis, C., & Melo, S. (2011). City Distribution and Urban Freight Transport: Multiple Perspectives. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, UK.

Mehmann, J., Frehe, V., & Teuteberg, F. (2015). Crowd logistics – a literature review and maturity model. In: W. Kersten, T. Blecker, and C.M. Ringler (eds.) Proceedings of the Hamburg International Conference on Logistics (HCL). Innovations and strategies for logistics and supply chains, 117–145.

Rodrigez, R. (2020). Innovative crowdshipping model for e-commerce deliveries. (Bachelor's thesis). JAMK University of Applied Sciences, Jyväskylä, Finland.

Schallmo, D. R. A., & Williams, C. (2018). Digital Transformation. Now! Guiding the Successful Digitalization of Your Business Mode. SpringerBriefs in Business, Cham, Switzerland.

Serafini, S., Nigro, M., Gatta, V., & Marcucci, E. (2018). Sustainable crowdshipping using public transport: a case study evaluation in Rome. Transportation Research Procedia, 30, 101-110.

Tadić, S., & Veljović, M. (2021). Home delivery: a framework for structuring. International journal for traffic and transport engineering – IJTTE, 11, 30-74.

Tu, W., Zhao, T., Zhou, B., Jiang, J. (2019). OCD: Online Crowdsourced Delivery for On-Demand Food. IEEE Internet of Things Journal, 7, 6842 - 6854.

Wang, Y., Zhang, D., Liu, Q., Shen, F., & Lee, L. H. (2016). Towards enhancing the last-mile delivery: An effective crowd-tasking model with scalable solutions. Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review, 93, 279-293.

www.movebybike.se (01.08.2021)

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

HOME DELIVERY TECHNOLOGIES

TEHNOLOGIJE ISPORUKE NA KUĆNU ADRESU

Snežana Tadić[a], Slobodan Zečević[a], Miloš Veljović[a], Mladen Krstić[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, s.tadic@sf.bg.ac.rs, s.zecevic@sf.bg.ac.rs, m.veljovic@sf.bg.ac.rs, m.krstic@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *Home delivery plays an increasingly important role in the context of e-commerce and business-to-customer (B2C) flows development. At the same time, various delivery technologies are being developed. Modes, technologies and means of transport are especially important. Home deliveries are most often performed by road transport (truck, van, pick-up vehicle, passenger vehicle, motorcycle, bicycle, etc.), but can also be realized by water, railway, air transport (drones) and the use of underground systems. This paper provides a comprehensive overview of transport technologies used in home deliveries.*

Key words: *home delivery, last mile, technologies, modes of transport, means of transport*

Apstrakt*: Isporuke na kućnu adresu imaju sve značajniju ulogu u kontekstu razvoja elektronske trgovine i tokova između kompanija i korisnika (eng. bussiness to customer - B2C). Istovremeno, razvijaju se različite tehnologije realizacije isporuka. Poseban značaj imaju vidovi, tehnologije transporta i transportna sredstva. Isporuke na kućnu adresu najčešće se realizuju primenom drumskog transporta (teretnim ili lakim dostavnim vozilima, kombi-vozilima, pick-up i drugim putničkim vozilima, motociklima, biciklima itd.), ali mogu se realizovati i vodnim, železničkim, vazdušnim transportom (dronovima) i primenom podzemnih sistema (eng. underground systems). U ovom radu dat je sveobuhvatni pregled tehnologija transporta koje se koriste u isporukama na kućnu adresu.*

Ključne riječi: *isporuka na kućnu adresu, poslednja milja, tehnologije, vidovi transporta, transportna sredstva*

1. INTRODUCTION

Due the development of e-commerce, an increasing number of companies offer home delivery service. There are numerous delivery models from the aspect of applied technologies. Technologies, modes and means of transport that are used in home delivery are especially important. Gevaers et al. (2009) state that means and technologies of transport and are one of the five basic characteristics of last-mile delivery. Transport technology selection depends on other delivery characteristics and affects costs, fuel consumption, load capacity, loading and unloading methods, safety, etc. (Gevaers et al., 2009), but also harmful gas emissions and pollution. Thus, smaller vehicles consume more fuel per tkm and cause higher pollution than larger vehicles (Edwards et al., 2009).

In recent decades, numerous authors have dealt with various home delivery aspects. In some of the first papers in this field, Punakivi & Saranen (2001) and Punakivi et al. (2001) performed a comparative analysis of different delivery models from the aspect of the receiving goods method. In a large number of papers, the last mile of the customer supply chain, i.e. home delivery, is analyzed in the context of e-commerce development (Lee & Whang, 2001; Morganti et al., 2014). The time aspect of home delivery, i.e. the term and time windows have also been the focus of numerous studies (Boyer et al., 2009; Agatz et al., 2011). Visser et al. (2014) dealt with home delivery impact on urban freight transport. In recent years, crowd delivery concept has also attracted a lot of attention, which means that individuals use their own means of transport to deliver goods to customers who request this service, most often via mobile applications (Wang et al., 2016). Tadić and Veljović (2020a) analyzed the return flows in home delivery. Numerous researchers have analyzed the application of various, especially innovative transport technologies (Slabinac, 2016; Joerss et al., 2016), electric vehicles (De Mello Bandeira et al., 2019), drones (Agatz et al., 2018; Aurambout et al., 2019; Tadić et al., 2021), autonomous vehicles and robots (Kapser & Abdelrahman, 2020; Hoffmann & Prause, 2018) in home delivery. The attention

of researchers is attracted by various technological solutions of logistics 4.0 (Krstić et al., 2021), which can also be applied in home delivery. Oliveira et al. (2017) reviewed the literature dealing with sustainable alternatives to last-mile distribution vehicles in urban areas.

This paper will provide a comprehensive overview of transport technologies used in home deliveries. The main goal and contribution of the paper is to identify and get acquainted with numerous technologies, modes and means of transport used in home delivery.

The paper is organized as follows. After the introduction, in the second chapter, the term will be defined, the characteristics will be described and home delivery models will be classified. The third chapter will describe the technologies of transport in home delivery, namely the technologies of road, air, water, railway transport and underground systems. Finally, concluding remarks and future research directions are given.

2. HOME DELIVERY

Home delivery is direct or indirect goods delivery to the customer home address, which is partially or fully realized by the retailer, manufacturer or third party (logistics service provider, courier, express and parcel service - CEP, crowd worker) (Tadić & Veljović, 2020b). Home delivery is often equated with "last mile" delivery, while the final delivery segment is referred to as "last yard".

Last mile delivery is the most expensive part of the supply chain (Gevaers et al., 2009). Inefficiency and high costs are caused by a number of factors, such as spatial dispersion of customers, requirements for time-defined delivery, small orders, etc. In addition to economic, home deliveries can cause negative social (traffic congestion, reduced safety in residential areas, etc.) and environmental consequences (noise, vibration, emissions, etc.).

Home delivery models can be classified according to different criteria (Tadić & Veljović, 2021): need for ordering, delivery frequency, ordering and payment system, starting/order picking and end points, executors, reception method, security, delivery area, speed and time of realization, return flows, but also applied technology, etc. In addition to the customer's home address, the goods can be delivered to other locations (collection and delivery point - CDP, neighbor's household, customer's workplace, etc.) where they are picked up by the customer or the person he hires for final delivery. From the aspect of reception method, delivery can be realized in the presence (attended) or without the presence of the customer (unattended), by storing the goods in a fixed reception box owned by the customer, using mobile delivery box that are attached to the customer's door or in other ways. Deliveries can also differ in terms of speed (instant, same-day or next-day deliveries, etc.), delivery area (urban or rural area), etc.

Some delivery characteristics and parameters are almost completely controlled by the organizer (e.g. start point, return flows), and others are primarily related to customer decisions (e.g. end point of delivery) (Tadić et al., 2020b). Transport technology selection is usually the decision of delivery organizer.

3. HOME DELIVERY TECHNOLOGIES

Numerous technologies of road, air, water and railway transport and underground systems can be used for home delivery (Figure 1). In conditions of heavy snowfall, especially in rural, mountainous areas, snowmobiles are used for delivery (food, medicine, etc.) to households. Since this service usually has no commercial, but humanitarian feature, it will not be analyzed in this paper.

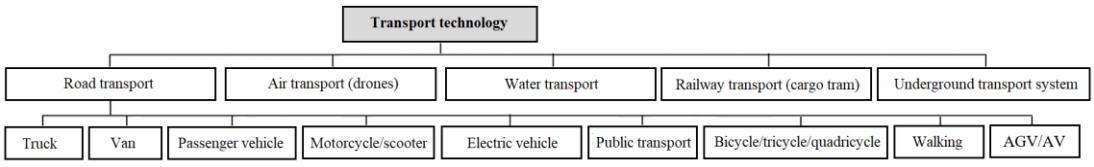


Figure 1. Home delivery transport technologies

Deliveries can be realized by applying one or more transport technologies. The largest number of home deliveries is realized by means of road transport, whereby their last segment ("last yard") is often realized on foot, and recently by autonomous vehicles and drones. In addition to the "last yard", autonomous vehicles and drones can also be used for complete deliveries. In case of adequate conditions and infrastructure, river or railway transport means as well as underground systems can be used for delivery. The initial and final segments of these deliveries are most often realized on foot or by road transport. Also, transport technologies can be combined for delivery via CDP. In this case, delivery to CDP is realized by one transport technology, and from CDP to home address by applying another transport technology. Since the delivery to the CDP enables the

consolidation of larger quantities of goods, it is usually justified to realize it by means of transport with a higher load capacity (trucks, vans). On the other hand, according to research (McLeod et al., 2006), 48% of customers deliver goods from CDP to their home address on foot, 43% by car, 5% by bicycle, and 4% by public transport. In the same way, different transport technologies can be combined when delivered to other locations, such as the customer's workplace, the customer's car, the household of a neighbor, friend or relative, drop-off company, etc. (Tadić & Veljović, 2021).

3.1. Road transport technologies

Road transport is the most common mode of transport in home delivery, primarily due to the dense infrastructure network that connects shippers, delivery executors and recipients, as well as the possibility of choosing different means of transport. Trucks, vans (light commercial vehicles), pick-ups and other passenger vehicles, motorcycles, scooters, various types of electric vehicles, public transport vehicles, bicycles, tricycles, quadricycles, automated guided and autonomous vehicles are used for home delivery, and delivery can also be fully or partially realized on foot, without or with aids (e.g. handcarts). If the goods are not delivered to the home address but to another location (CDP, customer's workplace, neighbor's household, etc.), the customer can perform delivery to the home address also using one of the listed transport technologies.

The vehicles with the highest load capacity used for home delivery are ***trucks***. They are mainly used for the delivery of large quantities of goods, most often of large dimensions and weight (furniture, white goods, etc.). In the case of a large number of smaller orders, the supplier strives to consolidate the goods for more customers and thus improve the utilization of cargo space. Therefore, the use of trucks in home delivery is suitable only when there is sufficient demand in a certain area. In the case of a small daily or weekly demand that is met by the use of a truck, the supplier must aggregate the demand over time, thus reducing delivery speed and thus the level of service to the customer. Apart from the load capacity aspect, the use of trucks in home delivery is limited by specific traffic-architectural features and regulations related to urban areas and residential areas. As a result, companies are beginning to use light trucks that can access such areas and provide fast and efficient service (Park et al., 2016). However, these problems must be in the focus of governments, when planning, designing and arranging urban space.

Vans can also be used for home delivery. Most home deliveries are made by small vans (Gevaers et al., 2009). Browne et al. (2001) state that a vehicle with a gross weight of 3.5 tons is the largest vehicle that is acceptable to residents for delivery performing. The use of such vehicles is particularly preferred for delivery to a CDP or delivery to reception box (Wang et al., 2014). On the other hand, logistics service providers very often use large vans for attended home delivery, consolidating goods destined for some area (Joerss et al., 2016). As in the case of trucks, the use of vans is justified only in cases of sufficient demand per unit time in a certain area. In addition to standard vans, vans whose cargo space is divided into three parts, which maintain a temperature suitable for ambient, refrigerated and frozen goods, are used for home delivery, especially food delivery. In some countries, there is a legal obligation to use such vehicles to deliver perishable goods (Browne et al., 2001).

Pick-ups and other ***passenger vehicles*** are also often used to make home deliveries. When delivered with these vehicles, the goods are transported in the cargo space, trunk or part of the vehicle intended for passengers. Passenger vehicles are used for individual, non-consolidated deliveries, as well as for deliveries where goods are consolidated. Delivery by passenger vehicles is often performed by CEP services, retailers, but also crowd-workers or customer, who deliver the goods from the workplace, CDP or other delivery location to the home address. Browne et al. (2001) state that delivery to the workplace may lead the customer to use a passenger vehicle instead of the usual commute by public transport vehicles, so that he can more easily deliver the goods to his home address. Also, in recent years, some companies have offered a delivery service to the trunk of a customer's car (Tadić & Veljović, 2021). Namely, the supplier puts the goods in the trunk of the car at the location where it is parked. Suppliers usually try to use the daily movement of the customer and make the delivery when the car is parked near them. In this case, the customer delivers the goods by car to the home address.

Motorcycles and scooters are most often used to deliver small quantities of goods in a short time. Due to their dimensions and characteristics, these vehicles are suitable for driving in conditions of congestion and fast delivery. In Paris, 9% of instant deliveries are performed by motorcycles and scooters (Dablanc et al., 2017). Delivery with these vehicles uses a fixed (attached to the vehicle) or mobile delivery box (usually carried by the driver on the back). Fast delivery is especially important in the delivery of fast food and other time-sensitive (e.g. flowers) and (or) perishable goods (e.g. groceries). Therefore, delivery boxes are very often insulated to ensure adequate temperature, freshness and quality of goods (thermo box).

Increasingly significant environmental imperatives and regulations in the field of environmental protection are forcing companies to use vehicles that use alternative energy sources, have exhaust filters, use

engines that are less harmful to the environment, etc. In addition, this type of company action has a marketing role, since they cooperate directly with end users, for whom environmental criteria are increasingly important (Visser et al., 2014). In this context, ***electric vehicles*** (Margaritis et al., 2016; Roumboutsos et al., 2014): electric light trucks, electric vans, electric bicycles and tricycles, etc. are of increasing importance for home delivery, especially grocery delivery.

Public transport vehicles are used in home delivery, usually in combination with walking. This transport technology is usually not suitable for large quantities, high value goods, perishable, time-sensitive goods and fast deliveries, having in mind delivery dependence on the characteristics of public transport (possible congestion, delays, goods theft and damage, etc.).

Bicycles, tricycles and quadricycles play an increasingly important role in city logistics (Schliwa et al., 2015; Gruber et al., 2014), last-mile delivery, and home delivery (Arnold et al., 2017). Different types of these vehicles are used for home delivery: standard, bicycles with a trailer, cargo bicycles, electric bicycles, standard or electric tricycles and quadricycles, etc. Given the characteristics and small dimensions, these vehicles are suitable for fast deliveries over short distances, especially in urban areas, in conditions of traffic and parking congestion. In addition, most of these vehicles do not require high costs of procurement, operation and maintenance, as well as special driver training. They are particularly suitable for instant deliveries (most commonly of food) (Joerss et al., 2016). In Paris, 88% of instant deliveries are performed by standard bicycles (Dablanc et al., 2017). Legislation also contributes to this percentage of bicycle use in home deliveries. Namely, in this city, delivery by motor vehicles can be performed only with the permission of governments, which is not required in the case of the use of bicycles (Dablanc et al., 2017). Also, bicycles, tricycles and quadricycles have a much more favorable impact on the environment and noise compared to standard delivery vehicles (trucks, vans, etc.), so they can be used for night and early morning deliveries. Standard bicycles, with the use of a shoulder bags or panniers for loads, can transport goods weighing up to 40 kg, bicycles with trailers up to 80 kg, cargo bicycles can also transport up to 80 kg of goods (volume up to 0.5 m^3), but in more favorable conditions from the aspect of safety and protection against weather troubles, a cargo tricycle or quadricycle transports up to 250 kg of goods, while electric bicycles can transport up to 400 kg of goods (Slabinac, 2015). Although there is a limit on the load capacity of these vehicles, in most cases it is sufficient, given that the quantity and volume of goods in home delivery is usually small (Visser et al., 2014), so different types of bicycles, tricycles and quadricycles can replace standard delivery vehicles. However, there are limitations in terms of delivery speed over long distances, as well as in terms of terrain and quality of infrastructure. These vehicles are most often suitable for a narrow service area (on average 2.5 km to 3.5 km, Slabinac, 2015) in urban areas with dedicated infrastructure.

Delivery can be partially or completely performed by ***walking***. In this way, smaller delivery distances are usually covered. Companies can offer customers delivery to door and "last yard" services, such as assembly, installation, storing goods at a specific position in the recipient's facility (e.g. fridge, freezer, closet, etc.) or retrieval of goods, materials or freigths (e.g. old furniture). This concept requires walking of driver to the facility of the recipient after the transport performed by the vehicle. Driver walking further increases in conditions of overcrowded parking spaces in residential areas (Chen et al., 2017), when a delivery vehicle is parked at a great distance from the recipient's facility. When delivering goods of large dimensions and (or) weight, as well as large quantities of goods, unloading and delivery to the recipient's facility is sometimes performed by several workers. Also, in these situations, various aids such as handcarts or autonomous vehicles are very often used. ***Handcarts*** facilitate the realization of the final segment of delivery. In addition to handcarts operated by the driver, autonomous vehicles are used, which will be described below.

Automated guided vehicles (AGVs) and ***autonomous vehicles (AVs)*** can be used for home delivery. AGVs are vehicles that are remotely controlled or that are self-controlled following a predefined path, where radio waves, cameras, magnets, lasers, etc. are used for guidance (Jünemann & Schmidt, 2000). In terms of delivery speed, AGVs are suitable for all delivery models except instant delivery (Joerss et al., 2016). AGVs with lockers can be used in home delivery, as mobile unattended CDPs, i.e. mobile automated stations, which receive goods at the initial location and transport them to locations in the immediate vicinity of customer (Tadić & Veljović, 2021). The application of this concept can provide a higher customer service level (e.g., picking up goods at night, delivery on Sundays, etc.) (Joerss et al., 2016). AVs are adaptable and self-learning vehicles that are able to "feel" the environment and move safely in it with little or no help from people (Krstić et al., 2021; Taeihagh & Lim, 2019). They can independently perform a complete home delivery or be an aid in walking the driver in the "last yard" of delivery (Slabinac, 2015). In the first case, small AVs are most often used - droids, which move on the sidewalk and pedestrian zones. Droids could make unattended deliveries if the facility had a specially designed small door for these vehicles (Slabinac, 2015). These vehicles, like bicycles, are best suited for instant deliveries of small quantities of goods over short distances (Joerss et al., 2016). In the second case, AV follows driver during the delivery of multiple shipments in one area (DHL, 2014). Namely, driver reaches the delivery zone with a standard delivery vehicle, then walks around the customers on foot and delivers the

goods to them, while AV follows him carrying the shipments and increases his productivity. In technologically advanced countries, AGVs and AVs, along with drones, could be the most important transport technologies in home delivery in the near future, but the speed with which they will be mass used depends on costs, regulations and public acceptance of these technologies (Joerss et al., 2016). Also, it is necessary to solve numerous technical challenges, create the appropriate infrastructure and train workers who will supervise the operation of AGVs vehicles.

3.2. Air transport technologies

Air transport means - ***drones*** or unmanned aerial vehicles can also be used for home deliveries. In this case, the goods are placed in a mini-container, which is transported by drone and stored at a location near the customer (Murray & Chu, 2015). Drones can make a complete delivery or be used in combination with road transport. In the case of complete delivery, it is necessary to provide a large number of logistics centers near the customer, since drones are still most often used for shorter distances. The use of drones can also be combined with road transport (Agatz et al., 2018; Dayarian et al., 2020). This concept implies that consolidated goods for multiple customers are first transported by road, and then the final segment of delivery to each customer is performed by drones, which are delivered by the same road vehicle, which is parked and serves as a base for takeoff and landing.

There are numerous advantages to using this technology. Drones can avoid congestion, which enables faster delivery in urban areas and contributes to saving time and costs (Dayarian et al., 2020). Also, the use of drones is very competitive in deliveries to customers in rural areas (Joerss et al., 2016). Namely, in these areas there is a large territorial dispersion of customers, so deliveries of consolidated goods by vehicles with higher load capacity are usually not desirable.

However, drones are still in the trial phase and are mainly used for the delivery of medical supplies and other urgently needed goods (Slabinac, 2015). The mass use of drones is slowed down primarily by technical (battery power, unreliable location data, limited payload and range, interference to drone tracking and navigation signals due to dense construction, weather conditions, problems accessing the recipient's facility and large landing area) and safety challenges (injuries and deaths due to drone flight or crash, privacy risks, terrorist attacks, etc.). In addition, quality IT systems and qualified drone monitoring and maintenance workers should be provided. Also, in many countries, the use of drones for home delivery is restricted by law. Finally, the mass use of drones must be generally accepted by the community.

3.3. Water transport technologies

Water, primarily river transport can also be used in home delivery. Home delivery by ***means of river transport*** (boats, gondolas, etc.) can be performed in cities with natural waterways or built canal system, such as some cities in the Netherlands or Italy. The main disadvantage of river transport in the city is the long time of goods loading/unloading (Zečević & Tadić, 2006; Tadić & Zečević, 2016). River transport is most often used in home deliveries in combination with walking, the use of aids or means of road transport in the first and (or) last segment of delivery. Vessels can be intended for the transport of general goods, but they can also be equipped with technologies that enable the transport of perishable or high-value goods (Libardo et al., 2005).

3.4. Railway transport technologies

Railway transport technologies, primarily ***cargo trams***, can also be used for home delivery. Tadić et al. (2014) recommend that cargo trams be used for transport in urban areas in combination with eco-vehicles, which would perform the last mile of delivery. Cargo trams are used in some European cities (Dresden, Zurich). However, they can hardly be developed into a competitive alternative to road transport due to additional costs, issues of jurisdiction, the need to adapt infrastructure, etc. (Tadić et al., 2014).

3.5. Underground transport systems

In the future, ***underground systems*** could be used for home delivery. They consist of transporters and unloading stations located near the customer (Slabinac, 2015) and are a good alternative to surface transport of goods, because they use a dedicated infrastructure that allows automation, are weather-independent, take up little space and have little impact on the environment in terms of aero pollution, noise, physical discomfort and waste (Zečević & Tadić, 2006). On the other hand, the construction of these systems requires large investments and must take into account the spatial characteristics and specifics of the area (Tadić et al., 2014; Tadić & Zečević,

2016). Like water transport, underground transport systems are most often used for home delivery in combination with walking, the use of auxiliary or road transport means in the first and (or) last segment of delivery.

4. CONCLUSION

Companies are increasingly offering customers a home delivery service. In recent decades, various delivery models have been developed in terms of need for ordering, delivery frequency, ordering and payment system, starting/order picking and end points, executors, reception method, security, delivery area, speed and time of realization, return flows, etc. One of the most important criteria for the classification of delivery models is transport technology. Home deliveries are performed by applying different technologies, modes and means of transport. The most common type of transport in home delivery is road transport, which can be realized using standard (truck, van, motorcycle, bicycle, etc.) or innovative technologies (electric vehicles, AGV, AV, etc.). Deliveries can also be performed by means of river transport, and the means of air transport - drones, cargo trams and underground systems have an increasing potential for application.

This paper provides a comprehensive overview of transport technologies used in home deliveries. By identifying and getting acquainted with different technologies, modes and means of transport used in home delivery, the basic goal and contribution of the paper has been achieved.

Home delivery technology selection and the factors that influence this decision may be the subject of future research. The application of river transport in home deliveries should also be the focus of future research, given that this area is insufficiently researched. Special attention should be paid to the possibilities of optimizing the delivery process by applying innovative technologies (drones, autonomous vehicles, underground systems, etc.), as well as the development of home delivery in the context of logistics 4.0 development.

5. REFERENCES

Agatz, N., Bouman, P., & Schmidt, M. (2018). Optimization Approaches for the Traveling Salesman Problem with Drone. Transportation Science, 52(4), 965–981.

Agatz, N., Campbell, A., Fleischmann, M., & Savelsbergh, M. (2011). Time Slot Management in Attended Home Delivery. Transportation Science, 45(3), 435–449.

Arnold, F., Cardenas, I., Sörensen, K., & Dewulf, W. (2017). Simulation of B2C e-commerce distribution in Antwerp using cargo bikes and delivery points. European Transport Research Review, 10(1)

Aurambout, J.-P., Gkoumas, K., & Ciuffo, B. (2019). Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities. European Transport Research Review, 11(1), 30.

Bosona, T. (2020). Urban Freight Last Mile Logistics—Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review. Sustainability 2020, 12, 8769.

Boyer, K. K, Prud'homme, A. M, & Chung, W. (2009). The Last Mile Challenge: Evaluating the Effects of Customer Density and Delivery Window Patterns. Journal of Business Logistics, 30(1), 185–201.

Browne, M., Allen, J., Anderson, S, & Jackson, M. (2001). Overview of home deliveries in the UK, University of Westminster and Freight Transport Association (FTA), a study for the DTI.

Chen, Q., Conway, A., & Cheng, J. (2017). Parking for residential delivery in New York City: regulations and behavior. Transport Policy, 54, 53–60.

Dablanc, L., Morganti, E., Arvidsson, N., Woxenius, J., Browne, M., & Saidi, N. (2017). The rise of on-demand "Instant Deliveries" in European cities, Supply Chain Forum: An International Journal, 18(4), 203–217.

Dayarian, I., Savelsbergh, M., & Clarke, J.-P. (2020). Same-Day Delivery with Drone Resupply. Transportation Science, 54(1), 229–249.

De Mello Bandeira, R. A., Goes, G. V., Schmitz Gonçalves, D. N., D'Agosto, M. de A., & Oliveira, C. M. de. (2019). Electric vehicles in the last mile of urban freight transportation: A sustainability assessment of postal deliveries in Rio de Janeiro-Brazil. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 67, 491–502.

DHL, (2014). Self-driving vehicles in logistics – a DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry, DHL Customer Solution & Innovation Troisdorf

Edwards, J., McKinnon, A., & Cullinane, S.L. (2009). Carbon Auditing the 'Last Mile': Modelling the Environmental Impacts of Conventional and Online Non-food Shopping. Green Logistics Report, Heriot-Watt University

Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2009). Characteristics of innovations in last-mile logistics-using best practices, case studies and making the link with green and sustainable logistics. In Proceedings of The European Transport Conference

Gruber, J., Kihm, A., & Lenz, B. (2014). A new vehicle for urban freight? An ex-ante evaluation of electric cargo bikes in courier services. Research in Transportation Business & Management, 11, 53–62.

Hoffmann, T., & Prause, G. (2018). On the Regulatory Framework for Last-Mile Delivery Robots. Machines, 6(3), 33.

Joerss, M., Schroder, J., Neuhaus, F., Klink, C., & Mann, F. (2016). Parcel delivery: the future of last mile, McKinsey&Company (Travel, Transport and Logistics)

Jünemann, R., & Schmidt, T. (2000). Materialflußsysteme: systemtechnische Grundlagen. Springer, Berlin, Germany.

Kapser, S., & Abdelrahman, M. (2020). Acceptance of autonomous delivery vehicles for last-mile delivery in Germany – Extending UTAUT2 with risk perceptions. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 111, 210–225.

Krstić, M., Tadić, S., & Zečević, S. (2021). Technological solutions in logistics 4.0, Ekonomika preduzeća, In press

Lee, H.L., & Whang, S., (2001). Winning the last mile of e-commerce. Sloan Management Review, 42(4), 54–62.

Libardo, A., Nocera, S., & Trabucco, D. (2005). A new approach for the freight transportation system in Venice. European Transport/Trasporti Europei, 31, 129-142.

Margaritis, D., Anagnostopoulou, A., Tromaras, A., & Boile, M. (2016). Electric commercial vehicles: Practical perspectives and future research directions. Research in Transportation Business & Management, 18, 4–10.

McLeod, F., Cherrett, T., & Song, L. (2006). Transport impacts of local collection/delivery points. International Journal of Logistics Research and Applications, 9(3), 307–317.

Moorthy, A., De Kleine, R., Keoleian, G., Good, J., & Lewis, G. (2017). Shared Autonomous Vehicles as a Sustainable Solution to the Last Mile Problem: A Case Study of Ann Arbor-Detroit Area. SAE International Journal of Passenger Cars - Electronic and Electrical Systems, 10(2)

Morganti, E., Seidel, S., Blanquart, C., Dablanc, L., & Lenz, B. (2014). The impact of e-commerce on final deliveries: alternative parcel delivery services in France and Germany. Transportation Research Procedia 4, 178-190.

Murray, C. C., & Chu, A. G. (2015). The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 54, 86–109.

Oliveira, C., Albergaria De Mello Bandeira, R., Vasconcelos Goes, G., Schmitz Gonçalves, D., & D'Agosto, M. (2017). Sustainable Vehicles-Based Alternatives in Last Mile Distribution of Urban Freight Transport: A Systematic Literature Review. Sustainability, 9(8), 1324.

Park, H., Park, D., & Jeong, I.J. (2016). An effects analysis of logistics collaboration in last-mile networks for CEP delivery services. Transport Policy, 50, 115–125.

Punakivi, M., & Saranen, J. (2001). Identifying the success factors in e-grocery home delivery. International Journal of Retail & Distribution Management, 29(4), 156–163.

Punakivi, M., Yrjölä, H., & Holmström, J. (2001). Solving the last mile issue: reception box or delivery box. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 31(6), 427–439.

Roumboutsos, A., Kapros, S., & Vanelslander, T. (2014). Green city logistics: Systems of Innovation to assess the potential of E-vehicles. Research in Transportation Business & Management, 11, 43–52.

Schliwa, G., Armitage, R., Aziz, S., Evans, J., & Rhoades, J. (2015). Sustainable city logistics — Making cargo cycles viable for urban freight transport. Research in Transportation Business & Management, 15, 50–57.

Slabinac, M. (2016). Innovative solutions for a "last-mile" delivery–a European experience. In Proceedings of The 15th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Modern Management, 111–129.

Tadić, S., & Veljović, M. (2020a). Return flows in home delivery. In Proceedings of The 19th International Conference on Transport Science (ICTS), Portoroz, Slovenia, 348-354.

Tadić, S., & Veljović, M. (2020b). Home delivery: concept and characteristics. International journal for traffic and transport engineering – IJTTE, 10(4), 519 – 533.

Tadić, S., & Veljović, M. (2021). Home delivery: a framework for structuring. International journal for traffic and transport engineering – IJTTE, 11(1), 30 – 74.

Tadić, S., & Zečević, S. (2016). Modeliranje koncepcija city logistike. Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd

Tadić, S., Kovač, M., & Čokorilo, O. (2021). The Application of Drones in City Logistics Concepts. Promet - Traffic&Transportation, 33(3), 451 - 462.

Tadić, S., Zečević, S., & Krstić, M. (2014). Inicijative city logistike u cilju poboljšanja održivosti promenom konteksta urbane sredine. Tehnika, 61(5), 834-843.

Taeihagh, A., & Lim, H.S.M. (2019). Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. Transport Reviews, 39(1), 103-128.

Visser, J., Nemoto, T., & Browne, M. (2014). Home Delivery and the Impacts on Urban Freight Transport: A Review. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 125, 15–27.

Wang, X., Zhan, L., Ruan, J., & Zhang, J. (2014). How to Choose "Last Mile" Delivery Modes for E-Fulfillment. Mathematical Problems in Engineering 2014, 1–11.

Wang, Y., Zhang, D., Liu, Q., Shen, F., & Lee, L. H. (2016). Towards enhancing the last-mile delivery: An effective crowd-tasking model with scalable solutions. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 93, 279–293.

Zečević, S., & Tadić, S. (2006). City logistika. Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

PREDICTIVE MODELING OF TELECOMMUNICATIONS TRAFFIC PERFORMANCE BASED ON MACHINE LEARNING TECHNIQUES

PREDIKTIVNO MODELOVANJE PERFORMANSI TELEKOMUNIKACIONOG SAOBRAĆAJA ZASNOVANO NA TEHNIKAMA MAŠINSKOG UČENJA

Mirko Stojčić[a], Milorad K. Banjanin[b]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, mirko.stojcic@sf.ues.rs.ba*

[b] *Department of Computer Science and Systems, University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, milorad.banjanin@ff.ues.rs.ba*

Abstract: *Network performance is a key systemic factor influencing the quality of experience of telecommunications service users. Therefore, telecommunication providers must make their prediction on the basis of which the directions of development and expansion of network capacities and resources in the future are determined. The main goal of this paper is to create a model for predicting the downlink user throughput of the LTE network of M:tel provider in the area of Motorway 9th January, as one of the key indicators of network performance. Prediction as a foresight from the present to the future based on data obtained in the past, can be positioned within Cyber-Physical Systems (CPS). The paper presents the CPS model in the geo-space of the motorway 9th January, where, within the cyber component, the emphasis is placed on the learning module. Since the most common techniques and algorithms implemented by this module are based on artificial neural networks, Boltzmann machines, virtual (software) sensors, fuzzy logic, etc., a model for predicting the observed network throughput performance has just been created within this module. In the IBM SPSS Modeler software environment, several predictive models based on machine learning were created using the automatic modeling method, and a multilayer perceptron was chosen as the final model with the smallest relative error.*

Key words*: CPS, prediction, downlink user throughput, LTE, multilayer perceptron, Motorway 9th January*

Apstrakt: *Performanse mreže su ključni sistemski faktor uticaja na kvalitet iskustva korisnika telekomunikacionih usluga. Zbog toga, telekomunikacioni provajderi moraju da vrše njihovu predikciju na osnovu koje se određuju pravci razvoja i proširenja mrežnih kapaciteta i resursa u budućnosti. Osnovni cilj rada je kreiranje modela za predikciju downlink korisničkog protoka LTE mreže M:tel operatera u prostoru autoputa 9. januar, kao jednog od ključnih indikatora performansi mreže. Predikcija kao predviđanje od sadašnjosti ka budućnosti na osnovu podataka dobijenih u prošlosti, može se pozicionirati u okviru sajber-fizičkih sistema (CPS). U radu je prikazan model CPS u geo-prostoru autoputa 9. januar, gdje je u okviru sajber komponente akcenat stavljen na modul za učenje. S obzirom da su najčešće tehnike i algoritmi koje realizuje ovaj modul zasnovane na vještačkim neuronskim mrežama, Bolcmanovim mašinama, virtuelnim (softverskim) senzorima, fazi logici i dr., model za predikciju posmatrane mrežne performanse protoka je upravo kreiran u okviru ovog modula. U softverskom okruženju IBM SPSS Modeler, metodom automatskog modelovanja je kreirano nekoliko prediktivnih modela zasnovanih na mašinskom učenju, a kao finalni model sa najmanjom relativnom greškom izabran je višeslojni perceptron.*

Ključne riječi: *CPS, predikcija, downlink korisnički protok, LTE, višeslojni perceptron, autoput 9. januar*

1. UVOD

U dobu koje obilježava ekspanzija informacionih i komunikacionih tehnologija, korisnici mobilnih mreža, pored mobilnosti i permanentno dostupne Internet konekcije, zahtijevaju performanse kao što je stabilnost veze, minimalno kašnjenje, što veće brzine prenosa podataka, efikasnost spektra, minimalni gubici paketa. Uz to, enorman rast količine različitih tipova podataka a posebno multimedijalnih koji se prenose mrežom, povećao je svijest krajnjih korisnika o značaju održivog projektovanog kvaliteta servisa (QoS) i značaja ostvarenog kvaliteta korisničkog iskustva (QoE) u interakcijama sa različitim klasama saobraćaja koje se prenose u mreži. Mobilne celularne mreže su kompleksni inženjerski sistemi koji sa tehničko-tehnološkog aspekta imaju zadatak da ostvare održivi razvoj pouzdane pokrivenosti signalom i da obezbijede pouzdan pristup Internetu za mobilne korisnike, kako u urbanim, tako i u ruralnim područjima, a naročito u okolini važnih saobraćajnica (Stojčić, 2021). Među najvažnijim zahtjevima korisnika (celularnih) mobilnih mreža, jeste mrežni protok, koji ujedno predstavlja i jedan od ključnih indikatora performansi mreže. Prema tome, performanse mreže se mogu smatrati ključnim sistemskim faktorima uticaja na kvalitet iskustva korisnika telekomunikacionih usluga. Iz ovog razloga, telekomunikacioni provajderi moraju da vrše njihovu predikciju na osnovu koje se određuju pravci razvoja i proširenja mrežnih kapaciteta i resursa u budućnosti. Ovaj zadatak se rješava prediktivnim modelovanjem koje se može definisati kao proces razvoja matematičkog alata ili modela koji generiše tačnu prognozu. Predikcija kao predviđanje od sadašnjosti ka budućnosti na osnovu podataka dobijenih u prošlosti, može se pozicionirati u okviru sajber-fizičkih sistema (CPS), koji predstavljaju integraciju fizičkih i virtuelnih komponenata. CPS je kompleksan ekosistem koji obuhvata mrežne tehnologije u senzorskim, LTE, saobraćajnim, transportnim, softverskim, socijalnim i vještačkim neuronskim mrežama i koji predstavlja nadogradnju Interneta stvari (IoT) (Stojčić, 2021).

Sajber-fizički sistemi u saobraćaju su predmet brojnih publikovanih istraživanja. U radu (Jianjun i dr., 2013) analiziran je protok informacija između kompjuterskih sistema, sistema saobraćajnih znakova i putnika u CPS. Autori ističu da se Integracija informacionih i transportnih procesa može ostvariti sajberizacijom procesa kontrole saobraćaja. Younis i Moayeri (2017) predstavljaju „praktičan“ okvir za optimizaciju protoka saobraćaja koristeći dinamički promenljivu svjetlosnu saobraćajnu signalizaciju u okviru CPS. Autori u (Chen i dr., 2020) predlažu fuzzy Markov model za predikciju kratkoročnih uslova saobraćaja u CPS u urbanoj sredini. U radu (Zhou i dr., 2020) predložen je model zasnovan na tehnikama dubokog učenja (Deep Learning) za predikciju saobraćajnog toka u transportnim sajber-fizičkim sistemima. Elefteriadou (2020) analizira principe, aplikacije, implementacije i izazove za CPS povezanih i autonomnih vozila iz perspektive upravljanja transportnim sistemima na autoputevima. Sajber fizički sistem za regulisanje kretanja vozila u koloni na autoputu (VCPS-*Vehicular Cyber-Physical Systems*) predstavljen je u radu (Jia i dr., 2015).

Istraživanje predstavljeno u ovom radu je geografski vezano za prostor dionice autoputa 9. januar, koja spaja gradove Banja Luku i Doboj i koja predstavlja jednu od ključnih saobraćajnica u Republici Srpskoj. U radu je prikazan logički arhitekturni model CPS u geo-prostoru navedene dionice, gdje je u okviru sajber komponente akcenat stavljen na modul za učenje. Osnovni cilj rada jeste kreiranje modela za predikciju prosječnog downlink korisničkog protoka LTE mreže, provajdera M:tel, koja signalom pokriva posmatranu dionicu, a koji se pozicionira u okviru ovog modula. Pri tome je potrebno naglasiti da je prediktivni model zasnovan na tehnikama mašinskog učenja.

Strukturu ovog rada, pored uvodnog dijela, čine četiri sekcije, a na kraju je dat pregled korišćene literature. U drugoj sekciji navedeni su materijali i metode korišćene u istraživanju. U okviru treće sekcije predstavljen je logički arhitekturni model CPS u prostoru dionice autoputa 9. januar. Glavni akcenat je stavljen na četvrtu sekciju u kojoj su prikazani rezultati obuke i testiranja prediktivnih modela. Zaključna razmatranja su data u petoj sekciji.

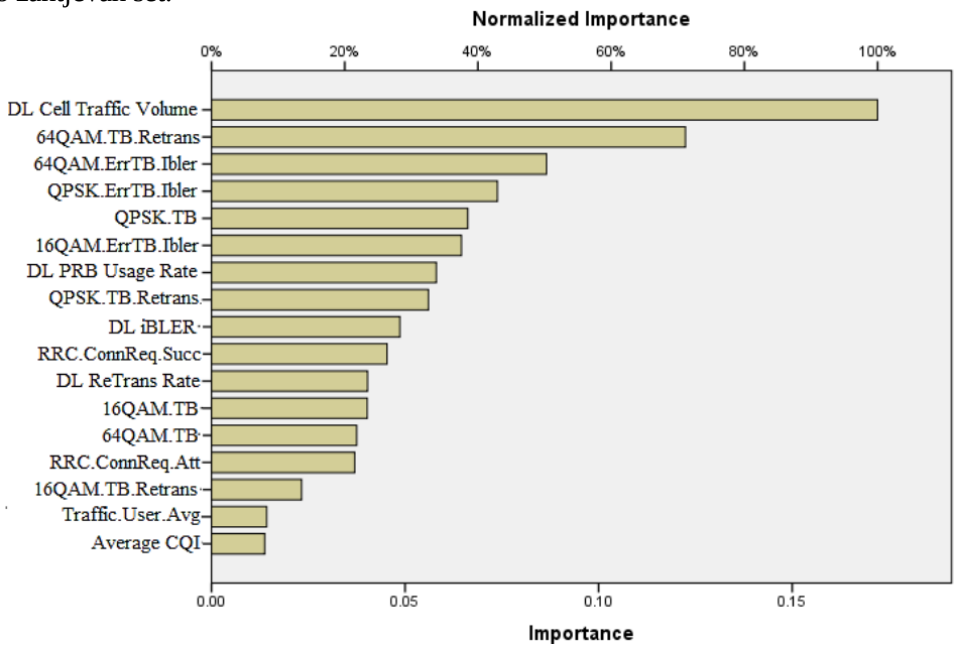
2. MATERIJALI I METODE

Istraživanje predstavljeno u ovom radu se sastoji iz dva osnovna dijela, a to su 1) Kreiranje modela CPS u prostiru dionice autoputa 9. januar i 2) Kreiranje modela za predikciju prosječne vrijednosti downlink korisničkog protoka LTE mreže, provajdera M:tel. Prema tome, osnovna metoda koja se koristi jeste modelovanje, a u skladu sa osnovnim ciljem istraživanja, poseban akcenat je stavljen na prediktivno modelovanje u okviru drugog dijela istraživanja.

Pri kreiranju prediktivnog modela, korišten je pristup *predikcije vođene podacima* (eng. *data driven prediction)*, koji je u ekspanziji poslednjih godina zajedno sa sa enormnim povećanjem dostupnosti velikih količina podataka (*Big Data*). Danas se ovakvi prediktivni modeli uglavnom zasnivaju na tehnikama mašinskog učenja koje zahvaljujući sposobnosti učenja iz podataka za obuku uspostavljaju veze između zavisnih (izlaznih) i nezavisnih (ulaznih) varijabli. Najpoznatije tehnike mašinskog učenja podrazumijevaju vještačke neuronske

mreže (ANN), stabla odlučivanja (Decision Trees), vektore podrške (SVM) itd., a neke od njih će biti iskorišćene u ovom radu na konkretnom setu podataka.

S obzirom da se prediktivni model kreira po paradigmi učenja pod nadzorom, prvi korak ovog procesa podrazumijeva prikupljanje podataka za obuku i testiranje. Imajući u vidu da ovaj rad predstavlja nastavak istraživanja koje je prethodno publikovano u (Banjanin i dr., 2021), koristi se isti set podataka od ukupno 64301 ulazno/izlaznog vektora, koji je dobijen na osnovu Zahtjeva upućenog provajderu M:tel Banja Luka. Set podataka se sastoji od vrijednosti promjenljivih koje su date za period od 30 dana i to od 15.12.2020. do 15.01.2021., sa jednočasovnom frekvencijom mjerenja duž posmatranog saobraćajnog pravca. Na Slici 1, koja je predstavljena kao rezultat u (Banjanin i dr., 2021), prikazana je rangirana značajnost uticaja 17 nezavisnih varijabli na predikciju prosječnog korisničkog protoka i protoka po ćelijama duž posmatrane dionice autoputa. Kao prediktivni model izabran je i kreiran višeslojni perceptron (MLP) koji je pokazao znatno veću tačnost predikcije u odnosu na referentni linearni model. U ovom radu se kao ulazi u model koriste samo prvih osam varijabli rang liste prikazane na Slici 1. Izbor ovakvog seta nezavisnih varijabli predstavlja pokušaj ispitivanja performansi modela kreiranog sa približno dvostuko manjim brojem ulaza, s obzirom da 17 nezavisnih varijabli predstavlja jako zahtjevan set.



Slika 1. Grafički prikaz značajnosti uticaja pojedinih nezavisnih varijabli u MLP prediktivnom modelu (Banjanin i dr., 2021)

Osam odabranih ulaznih varijabli sa oznakama, koje su korišćene u prethodno publikovanom istraživanju (Banjanin i dr., 2021) i u ovom radu, date su u Tabeli 1. Zavisna ili izlazna varijabla, prosječna vrijednost downlink korisničkog protoka, obilježava se sa USER_DL.

Tabela 1. Oznake odabranih ulaznih varijabli

Naziv ulazne (nezavisne) varijable	Oznaka u prethodno publikovanom istraživanju	Oznaka korišćena u ovom radu
Ukupan agregirani DL saobraćaj u ćeliji u kojoj se vrši mjerenje do trenutka uzorkovanja	DL Cell Traffic Volume	VAR_8
Broj retransmitovanih transportnih blokova u DL-SCH (*Downlink Shared Channel*) pri 64QAM modulaciji	64QAM.TB.Retrans	VAR_13
Broj transportnih blokova sa inicijalnim greškama pri 64QAM modulaciji	64QAM.ErrTB.Ibler	VAR_10
Broj transportnih blokova sa inicijalnim greškama pri QPSK modulaciji	QPSK.ErrTB.Ibler	VAR_11
Broj inicijalno emitovanih transportnih blokova u DL-SCH pri QPSK modulaciji	QPSK.TB	VAR_17
Broj transportnih blokova sa inicijalnim greškama pri 16QAM modulaciji	16QAM.ErrTB.Ibler	VAR_9
Prosječnu iskorišćenost DL fizičkih blokova resursa	DL PRB Usage Rate	VAR_1
Broj retransmitovanih transportnih blokova u DL-SCH pri QPSK modulaciji	QPSK.TB.Retrans	VAR_14

Kreiranje modela za predikciju je izvršeno u softverskom okruženju IBM SPSS Modeler čija je osnovna namjena kreiranje prediktivnih modela i obavljanje drugih analitičkih zadataka. SPSS Modeler se odlikuje vizuelnim interfejsom koji omogućava korisnicima korišćenje statističkih algoritama i algoritama za data mining bez programiranja. Na osnovu unijetog seta podataka, metodom automatskog modelovanja pomoću opcije *Auto Numeric*, softver je predložio više rješenja u vidu modela zasnovanih na tehnikama mašinskog učenja rangiranih prema relativnoj greški testiranja. Relativna greška testiranja, kao kriterijum za izbor finalnog modela, predstavlja odnos varijanse posmatranih realnih vrijednosti od onih predviđenih modelom i varijanse posmatranih realnih vrijednosti od aritmetičke sredine istih. Za dobar model, ova vrijednost je obično manja od 1. Komparativnom metodom izvršeno je poređenje rezultata rangiranih rješenja, nakon čega je izabran model sa minimalnom relativnom greškom.

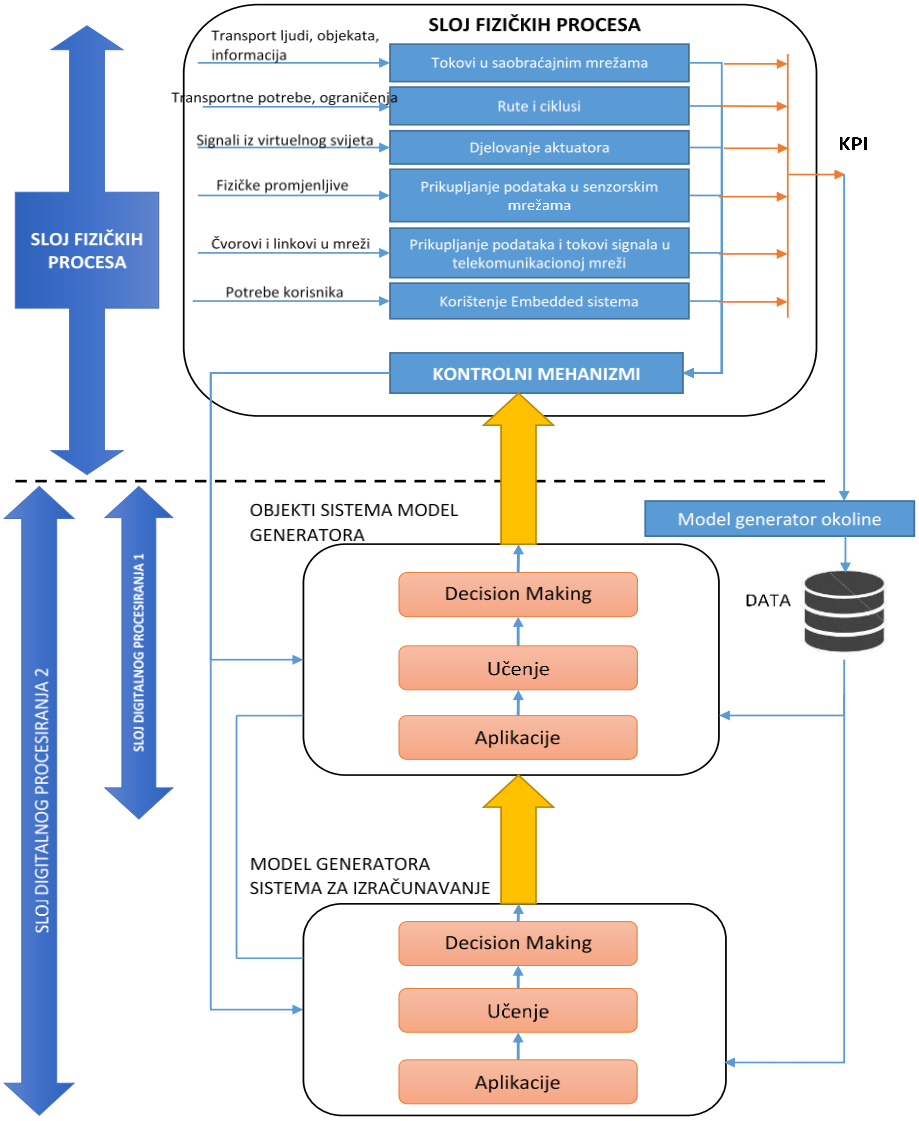
3. LOGIČKI ARHITEKTURNI MODEL CPS U PROSTORU DIONICE AUTOPUTA 9. JANUAR

Virtuelni ili sajber svijet razvojem informacionih i komunikacionih tehnologija postaje sastavni dio skoro svih oblasti ljudskog života i djelatnosti, pa tako i sistema i procesa u saobraćaju i transportu. Integraciju fizičkog i virtuelnog svijeta predstavlja CPS koji svoju značajnu ulogu izvršava akvizicijom podataka o fizičkim varijablama u okolini saobraćajnica pomoću senzora, upravljanjem saobraćajem pomoću centara za monitoring i kontrolu, automatskom kontrolom elemenata sistema (svjetlosna signalizacija, sistemi u vozilima), promptnim pružanjem informacija za korisnike u različitim ulogama ljudskog faktora u saobraćaju itd. (Stojčić, 2021). Virtuelna ili sajber komponenta CPS se bazira na softverima ugniježdenih računara, korisničkim aplikacijama, algoritmima koji u mreži nadgledaju i kontrolišu fizičke procese u kojima se mnoge stvari dešavaju paralelno, i to obično sa petljama povratnih informacija. To znači da i fizički procesi utiču na računarske procese, koji su definisani sekvencijalnim koracima (Stojčić, 2021). CPS istovremeno predstavlja upravljački sistem sa automatski generisanim interfejsima i kontrolni sistem koji je svjestan konteksta. Dakle, hardverski elementi kao što su senzori, mikrokontroleri, aktuatori, u sklopu CPS funkcionišu integralno sa sajber elementima - algoritmima za obradu podataka, nadgledanje i kontrolu fizičkih procesa, modulima za donošenje odluka, lokacijama za skladištenje i analizu podataka. Na ovaj način, značajno se povećava bezbjednost, mobilnost, efikasnost, zaštita okoline i generalno optimizacija saobraćajnih sistema (Deka i Chowdhury, 2019). Osim senzora, aktuatora i mikrokontrolera u domenu fizičkog svijeta sve više se umrežavaju i komponuju autonomne jedinice - „stvari“ koje omogućavaju trenutno dinamičku rekonfiguraciju ili programiranje. Navedeni elementi čine otporan i prilagodljiv IT ekosistem koji predstavlja poseban tip sistema u kome više sistema sa različitim stepenom autonomije postižu zajedničke ciljeve dok se prilagođavaju datoj sredini.

Iako u svijetu još uvijek nije prepoznat jedinstveni CPS - referentni model, uobičajena arhitektura CPS sadrži modele fizičkih procesa, modele softvera, računarskih platformi i mreža. Aktuelni modeli CPS se prema arhitekturi mogu podijeliti na (Putnik i dr., 2019):

- Klasične sajber-fizičke sisteme (CPS^0) koji imaju sposobnost kontrole povratne petlje (donošenje odluka) u realnom vremenu obezbjeđujući na taj način adaptabilnost, rekonfigurabilnost, brzi odziv i robusnost.
- Sajber-fizičke sisteme - CPS^1, kod kojih su fizičke i virtuelne komponente integrisane i koji imaju proširenu logičku arhitekturu u odnosu na CPS^0 modulom za učenje. Ovakvi sistemi se nazivaju sistemi sa jednom petljom učenja, gdje učenje može uticati ili promijeniti fizički dio.
- Sajber-fizički sistemi sa dvostrukom petljom učenja (CPS^2) u kome postoji dodatni virtuelni nivo sa modulom učenja koji ima sposobnost učenja o modulu za učenje CPS^1 modela (učenje o učenju). Učenje se u ovom, ali i u modelu CPS^1 zasniva na objedinjavanju prošlih, sadašnjih i predviđenih podataka, istraživanju naprednih algoritama vještačke inteligencije, fuzzy logike, višekriterijumskog odlučivanja, mašinskog učenja, dubokog učenja i dr.

U nastavku, na Slici 2, dat je prijedog modela CPS sa dvostrukom petljom učenja (CPS^2) za posmatranu dionicu autoputa 9. januar, ključnu saobraćajnicu u Republici Srpskoj koja povezuje njen istočni i zapadni dio.



Slika 2. Logički arhitekturni model CPS (Stojčić, 2021)

Na Slici 2 se jasno mogu uočiti sloj fizičkih procesa, te dva sloja digitalnog procesiranja, koji u suštini, čine dvostruku petlju ovakvog modela (Stojčić, 2021). S obzirom da se CPS može posmatrati i kao mreža fizičkih i virtuelnih elemenata u interakciji, postoje zahtjevi za različitim tehnologijama pri njihovoj konkretnoj primjeni, a mrežne tehnologije su jedna od najvažnijih (Jawhar i dr., 2017). CPS mogu koristiti različite mrežne i komunikacione modele, ali je u posmatranom slučaju potrebno definisati sljedeće vrste mreža na koje se oslanja predloženi model: 1) Mreža M:tel provajdera - celularna LTE (4G) tehnologija; 2) Bežiče senzorske mreže; 3) Softverske mreže; 4) Transportne mreže; 5) Saobraćajne mreže; 6) Socijalne mreže; 7) IoT; 8) Vještačke neuronske mreže. Svaka od ovih mreža obavlja određenu funkciju unutar CPS-a, a njihova interakcija gradi adaptivni IT ekosistem. To je poseban tip sistema u kojem više sistema sa različitim stepenom autonomije postižu zajedničke ciljeve prilagođavajući se određenom okruženju u realnom vremenu. Pored energetskog modula, modula IoT, modula za upravljanje transportom ljudi, stvari i informacija, u prikazanom modelu posebno mjesto zauzima modul za učenje i odlučivanje (Stojčić, 2021).

U predloženom CPS modelu potrebno je analizirati i modelirati veliku količinu prikupljenih podataka. Najbolje rješenje leži u području adaptivnih modela baziranih na vještačkoj inteligenciji koji imaju sposobnost učenja. Stoga su najčešće tehnike i algoritmi koje implementira modul učenja zasnovani na mašinskom učenju. Odlučivanje u okviru CPS-a je proces kojim se na osnovu više inputa i određenih kriterijuma bira najbolje rešenje između nekoliko alternativa. Rješenja se nalaze u matematičkim modelima višekriterijumske teorije odlučivanja (MCDM) ili u adaptivnim modelima (Stojčić, 2021). Model za predikciju korisničkog protoka u mobilnoj mreži na dionici autoputa, koji je u fokusu istraživanja, pozicioniran je upravo u okviru modula za učenje.

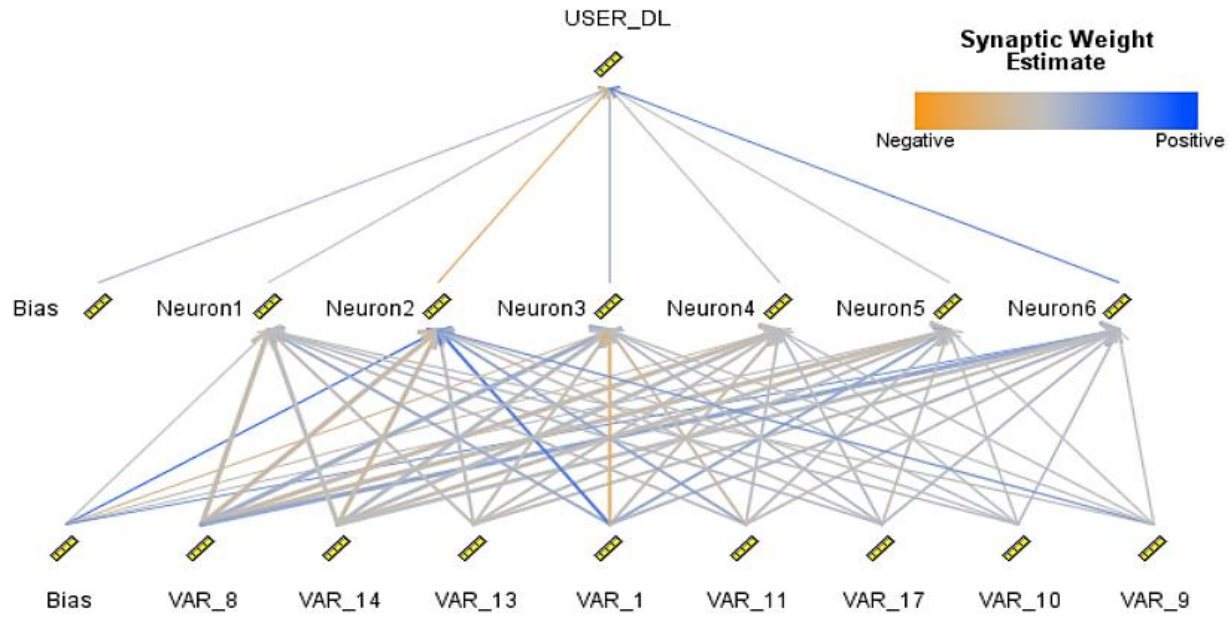
4. REZULTATI OBUKE I TESTIRANJA PREDIKTIVNIH MODELA

Kreiranje i izbor finalnog modela za predikciju prosječnog korisničkog protoka duž posmatrane dionice autoputa, izvršeno je u IBM SPSS Modeler programskom okruženju. S obzirom da je izlazna, tj. zavisna varijabla (USER_DL) kontinualnog karaktera, u navedenom softveru podaci za obuku i testiranje su dovedeni na ulaz čvora *Auto Numeric* u cilju automatskog kreiranja različitih prediktivnih modela. Na ovaj način, u samo jednom prolazu kroz proces modeliranja, čvor *Auto Numeric* ispituje različite tehnike mašinskog učenja, kombinacije parametara za svaku od njih, te na osnovu toga nudi korisniku najbolje - potencijalne kandidate i vrši njihovo rangiranje. Podržane tehnike uključuju neuronske mreže, klasifikaciona i regresiona stabla (Classification and Regression Tree (C&R)), CHAID (Chi-square Automatic Interaction Detection), linearnu regresiju, generalizovanuu linearnu regresiju i vektore podrške (SVM), dok je njihovo rangiranje moguće na osnovu korelacije, relativne greške ili broja korišćenih varijabli. Nakon izvršenog automatskog modelovanja nad raspoloživim setom podataka od 64301 ulazno-izlaznog vektora, kao rezultat, u Tabeli 2 prikazana su tri najbolja modela koja su pangirana prema relativnoj greški testiranja.

Tabela 2. Rangiranje najboljih testiranih modela za predikciju USER_DL na osnovu relativne greške

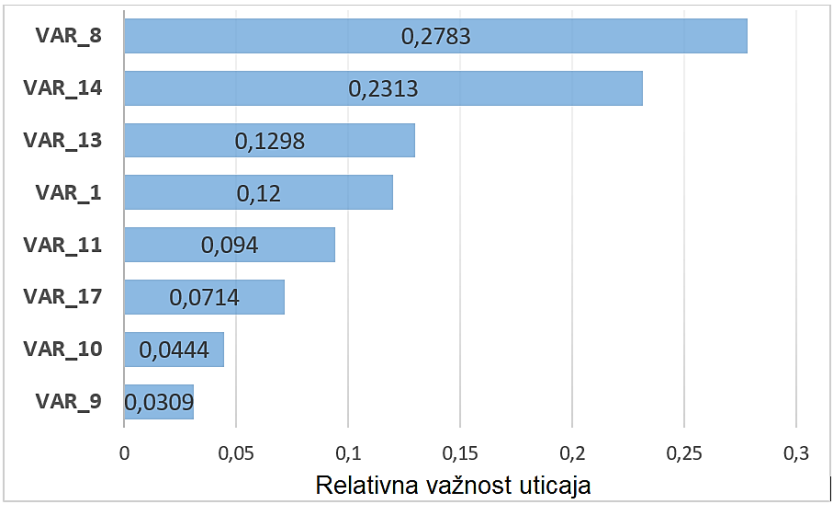
Kreirani model	Relativna greška
1. MLP (Multilayer Perceptron)	0,165
2. CHAID (Chi-square Automatic Interaction Detection)	0,249
3. Classification and Regression Tree (C&R)	0,362

Na osnovu vrijednosti prikazanih u Tabeli 1., kao finalni model se bira vještačka neuronska mreža – višeslojni perceptron (MLP) sa relativnom greškom od 0,165. Modeli zasnovani na hi-kvadrat automatskoj detekciji interakcije (CHAID), te klasifikacionom i regresionom stablu imaju veće vrijednosti relativne greške koje iznose 0,249 i 0,362, respektivno. Parametri i metaparametri izabranog finalnog modela su automatski podešeni tokom procesa njegovog kreiranja, dok je obuka izvršena na 70% ukupnog seta ulazno-izlaznih vektora, a ostatak iskorišćen za testiranje. Automatski kreirana arhitektura izabranog višeslojnog perceptrona, koja je prikazana na Slici 3., osim ulaznog i izlaznog sloja, sastoji se od jednog skrivenog sloja čiji neuroni imaju aktivacionu funkciju oblika hiperboličkog tangensa. Takođe, na Slici 3. se mogu uočiti i različite vrijednosti sinaptičkih težina koje su predstavljene bojom na legendi slike.



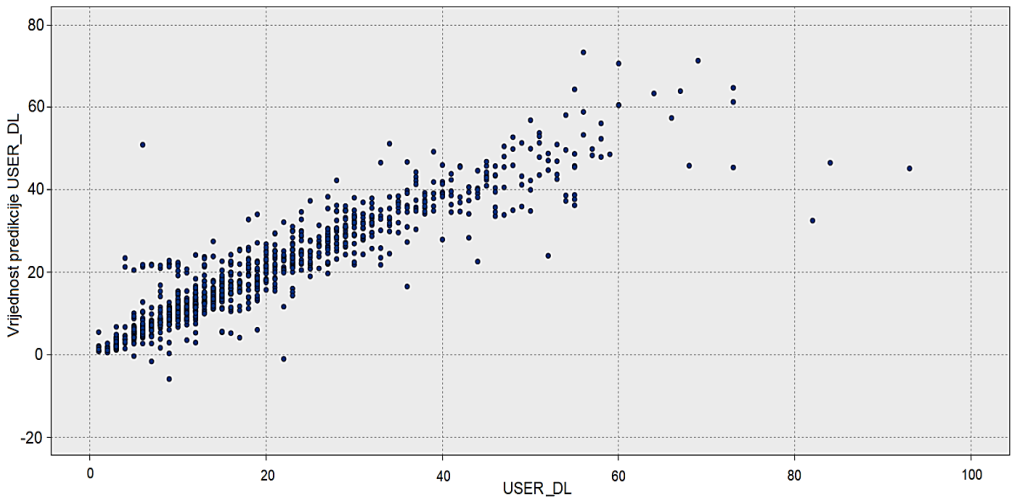
Slika 3. Arhitektura izabranog finalnog modela višeslojnog perceptrona

Bitan rezultat obuke i testiranja izabranog finalnog modela predstavlja relativna važnost uticaja (relative importance) svake od osam nezavisnih varijabli na rezultate predikcije, što je grafički i numerički prikazano na Slici 4. Varijabla VAR_8 ima najveću važnost za predikciju (0,2783), dok je varijabla VAR_9 na posljednjem mjestu prikazane rang liste (0,0309).



Slika 4. Rang lista relativne važnosti uticaja pojedinih nezavisnih varijabli na rezultate predikcije

Slika 5. prikazuje dijagram raspršenosti na kome koordinate tačaka na apscisi predstavljaju stvarne vrijednosti izlazne varijeble protoka, iz podataka za testiranje (USER_DL), dok su na ordinati označene vrijednosti dobijene predikcijom. Na ovaj način, jasno se mogu uočiti odstupanja rezultata-izlaza modela od ciljnih vrijednosti zavisne varijable. Koeficijent determinacije (R^2), kao pokazatelj kvaliteta modela, u ovom slučaju iznosi 0,835. Prema Čadokovoj (Chaddock) skali, ova vrijednost R^2 se nalazi u opsegu između između 0,7 i 0,9 i kvalitativno se može iskazati kao *visoka* (high).



Slika 5. Dijagram raspršenosti rezultata testiranja modela

Potrebno je naglasiti da je u prethodnom istraživanju, publikovanom u (Banjanin i dr., 2021), prediktivnim modelom ostvarena vrijednost koeficijenta determinacije od 0,885 pri 17 ulaznih-nezavisnih varijabli.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U radu je predstavljen logički arhitekturni model CPS u geo-prostoru dionice autoputa 9. januar, a u okviru njegovog modula za učenje izvršena je obuka i testiranje više prediktivnih modela zasnovanih na tehnikama mašinskog učenja. Na osnovu rezultata, kao finalni model, izabran je višeslojni perceptron prema kriterijumu minimalne relativne greške testiranja. Ukoliko se u obzir uzme prethodno istraživanje (Banjanin i dr., 2021), rezultati pokazuju da se zadovoljavajući kvalitet predikcije može ostvariti čak i sa približno dvostrukom manjim brojem ulaza, jer je ostvarena vrijednost R^2=0,835 što je neznatno manje u odnosu na model sa 17 ulaza koji ima koeficijent determinacije jednak 0,885. Prikazani rezultati mogu biti od velike koristi prilikom projektovanja CPS u posmatranom geografskom prostoru. Takođe, mobilni operateri mogu iste koriste pri planiranju proširenja mrežnih resursa i projektovanja nivoa kvaliteta servisa i zadovoljstva korisnika. Buduća istraživanja mogu se orijentisati na kreiranje i testiranje modela višeslojnog perceptrona sa većim brojem skrivenih slojeva.

6. LITERATURA

Banjanin, M. K., Stojčić, M., Drajić, D., Ćurguz, Z., Milanović, Z., & Stjepanović, A. (2021). Adaptive Modeling of Prediction of Telecommunications Network Throughput Performances in the Domain of Motorway Coverage. Applied Sciences, 11(8), 3559. https://doi.org/10.3390/app11083559

Chen, C., Liu, X., Qiu, T., & Sangaiah, A. K. (2020). A short-term traffic prediction model in the vehicular cyber–physical systems. Future Generation Computer Systems, 105, 894-903. https://doi.org/10.1016/j.future.2017.06.006

Deka L., Chowdhury M. (2019). Transportation Cyber-Physical Systems. ISBN 978-0-12-814295-0, Elsevier, 2019

Elefteriadou, L. (2020). Cyber Physical Systems in Transportation: Traffic Management With Connected and Autonomous Vehicles. In Cyber-Physical Systems in the Built Environment (pp. 237-254). Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-41560-0_13

Jawhar, I., Al-Jaroodi, J., Noura, H., & Mohamed, N. (2017, June). Networking and Communication in Cyber Physical Systems. In 2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW) (pp. 75-82). IEEE.

Jianjun, S., Xu, W., Jizhen, G., & Yangzhou, C. (2013). The analysis of traffic control cyber-physical systems. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 96, 2487-2496. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.278

Jia, D., Lu, K., Wang, J., Zhang, X., & Shen, X. (2015). A survey on platoon-based vehicular cyber-physical systems. IEEE communications surveys & tutorials, 18(1), 263-284. DOI: 10.1109/COMST.2015.2410831

Putnik, G. D., Ferreira, L., Lopes, N., & Putnik, Z. (2019). What is a Cyber-Physical System: Definitions and models spectrum. Fme Transactions, 47(4), 663-674. DOI:10.5937/fmet1904663P

Stojčić, M. (2021). Adaptivni modeli entropijskog kodovanja komunikacije virtuelnih i fizičkih senzora za predikciju saobraćaja u mrežama. Doktorska disertacija, Univerzitet u Istočnom Sarajevu Saobraćajni fakultet Doboj (Odbranjena: 24.08.2021.)

Younis, O., & Moayeri, N. (2017). Employing cyber-physical systems: Dynamic traffic light control at road intersections. IEEE Internet of Things Journal, 4(6), 2286-2296. DOI: 10.1109/JIOT.2017.2765243

Zhou, J., Dai, H. N., Wang, H., & Wang, T. (2020). Wide-Attention and Deep-Composite Model for Traffic Flow Prediction in Transportation Cyber–Physical Systems. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 17(5), 3431-3440. DOI: 10.1109/TII.2020.3003133

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

THE FUTURE OF THE POSTAL SECTOR IN A "SMART" ENVIRONMENT

BUDUĆNOST POŠTANSKOG SEKTORA U ''PAMETNOM'' OKRUŽENJU

Mladenka Blagojević[a], Dejan Marković[a], Lana Jovković[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, m.blagojevic@sf.bg.ac.rs, mdejan@sf.bg.ac.rs, lanajovkovic@gmail.com*

Abstract: *In today's digital age, postal services around the world are embracing the digital transformation to improve business processes and meet growing customer demands, in order to ensure commercial sustainability in the future. This paper presents new technologies used in the postal sector precisely to achieve the mentioned goals. The application of new knowledge, machines, software, as well as other innovative solutions that appear in the postal sector is one of the key factors of competitiveness. New, "smart" technologies are reshaping and transforming the postal sector itself. The aim of this paper is to present some of the best experiences in this regard. Through the paper, the technologies of the "smart" environment and the role of the post office in the "Smart City" project are presented.*

Keywords: *postal sector, technologies, Smart City*

Apstrakt: *U današnjoj digitalnoj eri poštanske službe širom sveta prihvataju digitalnu transformaciju radi poboljšanja poslovnih procesa i ispunjenja sve većih zahteva korisnika, a u svrhu obezbeđivanja komercijalne održivosti u budućnosti. Ovaj rad predstavlja nove tehnologije koje se koriste u poštanskom sektoru upravo radi ostvarenja pomenutih ciljeva. Primena novih znanja, mašina, softvera, kao i drugih inovativnih rešenja koja se javljaju u poštanskom sektoru predstavlja jedan od ključnih faktora konkurentnosti. Nove, "pametne" tehnologije preoblikuju i transformišu sam poštanski sektor. Cilj ovog rada je da predstavi neka od najboljih iskustava u tom pogledu. Kroz rad su, u odgovarajućem obimu, prikazane tehnologije "pametnog" okruženja i uloga pošte u projektu "Smart City".*

Ključne riječi: *poštanski sektor, tehnologije, Smart City*

1. UVOD

Sektor poštanskih usluga, kako na globalnom, tako i na nacionalnom nivou karakterišu ubrzane promene u prethodnih nekoliko godina. Kada se posmatra proces dostave pošiljaka krajnjem korisniku evidentno je da je suština koncepta tog procesa ostala ista: fizički učiniti dostupnim primaocu ono što je pošiljalac poslao. U današnje, elektronski pismeno doba, potrošači naručuju više stvari putem Interneta, očekujući veću kontrolu i brže uručenje, odnosno dostavu. U tom pogledu poštanski operatori nastoje da razviju različite strategije radi unapređenja uručenja u određeno vreme i realizaciju uspešne dostave iz prvog pokušaja. Sa jedne strane može se nastojati za novim periodima za dostavu, poput večernjih sati ili vikendom. Sa druge strane, fokus se može usmeriti na unapređenje infrastrukture kako bi se omogućila uspešna dostava kada korisnici nisu kod kuće (paketski ormari, pametni poštanski sandučići, itd.). Takav pristup je od fundamentalnog značaja da se osigura zadovoljstvo korisnika, ali i da se unapredi efikasnost kroz eliminisanje troškova vezanih za poslednju milju.

Na tržište poštanskih usluga, pored razvoja tehnike i tehnologije, utiču i mnogi drugi faktori poput političkih, ekonomskih, privrednih, demografskih. U poslednje vreme sve više pažnje privlači ekološki uticaj poštanske dostave, pri čemu je veliki broj poštanskih operatora u svetu preduzeo mere kako bi smanjio svoj ekološki otisak. Ipak, do najvećih promena dolazi u oblasti tehnologije. Što se tiče transporta i dostave pošiljaka ovde je tehnologija uglavnom usmerena na brzu i efikasnu dostavu i unapređenje dostavnih vozila. Takođe se koristi i za razvoj infrastrukture od poštanskih šaltera, pa do potpuno automatizovane poštanske jedinice za pružanje usluga i preradu pošiljaka. U svetu se već uveliko pojavljuju novi poštanski proizvodi koji predstavljaju kombinaciju fizičke i elektronske isporuke. Danas, poštanske službe koje žele da uvode inovacije koriste ovakve poštanske proizvode i usluge.

2. BUDUĆI PRAVCI RAZVOJA POŠTANSKOG SEKTORA

Sve zahtevniji korisnici, rastuća digitalizacija i promene na tržištu rezultat su procesa liberalizacije i privatizacije i predstavljaju ključne faktore koji su uticali na ponašanje potrošača koji su doveli do:

- promene modela potrošnje: potrošači sve više koriste Internet za svoje potrebe i usmereni su ka korišćenju mobilnih platformi, dok će ih njihova sposobnost da proizvode i štampaju svoje proizvode u 3D tehnici pretvoriti u proizvodne potrošače;
- promene dinamike tražnje: promena u modelu potrošnje izazvala je promenu u dinamici potražnje. Potrošač savremenog doba želi da njegovi proizvodi mogu da budu praćeni i dostavljeni "ovde i sada". Ovakve dostave na zahtev zahtevaju fleksibilnost dostave, od dostave istog dana do opcije "klikni i pokupi" (Click&Collect);
- prelazak ka kolaborativnoj ekonomiji kružnog toka: potrošači sve više kreiraju nove platforme proizvoda ili usluga: "daj i deli" umesto "reklamiraj i prodaj". Kružna ekonomija se razvija kao odgovor na pitanja zaštite životne sredine i održivosti. Kompanije takođe shvataju sve veću vrednost kooperativne konkurencije (Jovičić, 2016).

2.1. Uticaj digitalizacije na poštanski sektor

Potrošači današnjice žele imati sve, bez obzira na vreme i mesto, a zahvaljujući novim tehnologijama koje iz dana u dan napreduju, moguće je ispuniti korisničke zahteve. Novije generacije korisnika će sve više zavisiti od tehnologija i kao takvi će predstavljati najvažniji cilj za brendove, jer korisnici imaju sve veću kupovnu moć i sposobnost da utiču na svoje prijatelje i porodice. Preduzetnici moraju da profitiraju iz ove digitalne distorzije i da redizajniraju svoje usluge kako bi pružili pozitivno korisničko iskustvo.

U ovom kontekstu izazov za poštanske organizacije je značajan. Njihova uloga je da deluju kao pouzdana treća strana omogućavajući međusobne kanale i komunikaciju među ljudima, dok istovremeno minimiziraju svoj ekološki otisak. Jedan od načina da se poštanski operatori nose sa ovim izazovom je da pruže personalizovano, sigurno i prijatno iskustvo u sopstvenim maloprodajnim objektima, povezujući fizički i digitalni svet putem mobilnih tehnologija.

Digitalizacija poštanskih jedinica i istraživanje rešenja za elektronsku trgovinu ključni su korak u privlačenju budućih generacija. Umesto da lansira potpuno novu dimenziju pošte u digitalnoj formi, poštanski sektor bi trebalo da se fokusira na neke ključne strateške prioritete i utiče na već postojeću imovinu.

Internet i sve digitalne tehnologije predstavljaju trenutno igralište i mlađim i starijim korisnicima koji su navikli na njegove pogodnosti i brzinu. Tehnologije će nastaviti da se razvijaju i smatra se da su inovacije neophodne za opstanak. Korisnici su u toku sa najnovijim tehnologijama i očekuju od organizacija da učine isto. S tim u vezi, poštanski sektor može povećati korisničku koncentraciju digitalizacijom nekih aspekata njihovih usluga u kombinaciji sa njihovim značajnim konkurentskim prednostima. Pre svega, misli se na ljudsku interakciju koja predstavlja ključno bogatstvo poštanskih operatora na kojima mogu razvijati nove inovativne usluge. Ulazak u digitalnu sferu ne mora nužno da znači da treba sve digitalizovati. Radi se o stvaranju novih mogućnosti i diverzifikaciji putem digitalne transformacije. Glavni izazov pošte u narednim godinama biće održavanje njenog snažnog identiteta i vidljivosti među građanima uz nastavak njene uspešne diverzifikacije.

Mobilnost je prvi korak ka digitalizaciji. S obzirom da su današnji korisnici stalno povezani sa svojim mobilnim telefonom i komuniciraju sa proizvođačima i uslugama, od presudne važnosti je omogućiti mobilnu interakciju korisnika sa dostavom i drugim poštanskim uslugama. Rasprostranjenost poštanske mreže i obaveza univerzalne poštanske usluge daju prednost nacionalnom poštanskom operatoru u odnosu na ostale kurirske službe. Kombinovanjem fizičkih i digitalnih kanala poštanski sektor može stvoriti odličnu priliku za privlačenje novih korisnika (Deloitte Digital, 2015).

Digitalizacija značajno smanjuje troškove prikupljanja, sortiranja i obrade podataka, tako da na taj način transformiše privredne aktivnosti širom sveta. Digitalne tehnologije omogućavaju malim i srednjim preduzećima, posebno onim u zemljama u razvoju, da učestvuju u globalnoj razmeni putem e-trgovine. Danas priličan broj nacionalnih poštanskih operatora direktno ili u partnerstvu sa drugim kompanijama obezbeđuje poštanske digitalne usluge. Nacionalni poštanski operatori su dobro pozicionirani u osiguranju usluga e-trgovine, e-vlade i e-finansijskih usluga. Takođe, korisnička očekivanja se sve više kreću u smeru da sa nacionalnim poštanskim operatorima imaju direktnu interakciju putem digitalnih kanala. Na taj način poštanski operatori imaju zadatak da se prilagode, kako bi ostali konkurentni u različitim područjima njihovih poslovnih portfolija. E-vlada nastoji da ljudima omogući online pristup informacijama i javnim uslugama, gde na taj način stimuliše društvenu inkluziju. Nacionalni poštanski operatori putem svojih mreža mogu pružiti priliku građanima da lakše dođu do vladinih usluga, kao i da olakšavaju online vladine transakcije omogućavanjem digitalnih usluga (Jovanović i dr., 2019).

3. TEHNOLOGIJE PAMETNOG OKRUŽENJA

Razvoj Interneta dešava se veoma ubrzano u prethodnih 20 godina. Danas postoji više uređaja nego ljudi koji su povezani na Internet. Zbog mnoštva povezanih uređaja na Internet nastojalo se da svi ti uređaji budu povezani i doprinesu prikupljanju i analizi velikih količina podataka koji doprinose postizanju različitih poslovnih ciljeva. Povezivanje različitih objekata i dodavanje senzora na njih ostvaruje nivo digitalne inteligencije uređajima, omogućavajući im da komuniciraju u stvarnom vremenu, bez uključivanja ljudskog bića. U nastavku rada biće opisane tehnologije koje to omogućavaju.

3.1. Internet of Things i Internet of Postal Things

Internet of Things (IoT) odnosi se na milijarde fizičkih uređaja širom sveta koji su sada povezani na Internet, a svi prikupljaju i dele podatke. Zahvaljujući brzom napretku osnovnih tehnologija, IoT otvara ogromne mogućnosti za veliki broj novih aplikacija koje obećavaju poboljšanje kvaliteta naših života. Poslednjih godina IoT je privukao veliku pažnju istraživača iz celog sveta. Umrežavanje fizičkih objekata, vozila, zgrada i drugih stvari sa ugrađenom elektronikom, softverom, senzorima omogućavaju objektima da razmenjuju podatke sa proizvođačem, operaterom ili drugim povezanim uređajima. Iz integracije IoT-a sa poštanskom infrastrukturom nastala je nova tehnologija Internet of Postal Things (IoPT), koja omogućava umrežavanje pojedinih ili svih delova poštanske mreže i kreiranje novih kako bi zaštitila i poboljšala svoju osnovnu delatnost kroz uštedu troškova, operativnu efikasnost, nove proizvode i usluge i, na kraju, bolje iskustvo kupaca.

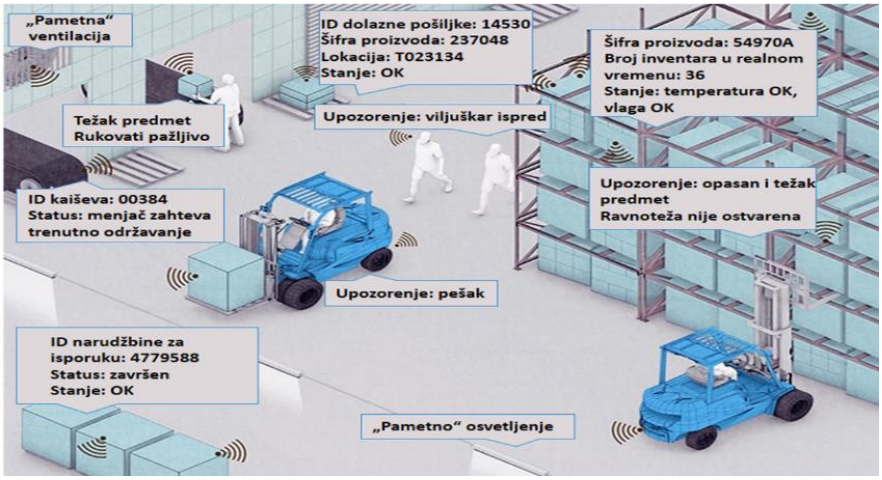
Karakteristike koje poštansko tržište poseduje, a koje podstiču uvođenje Internet of Things tehnologije, su:

- velika infrastuktura - poštanska služba ima ogromnu infrastrukturu i stacionarnih i mobilnih objekata koji svakodnevno prelaze velike razdaljine, stvarajući naizgled beskonačan broj veza. Mnogi od ovih objekata trenutno ne "komuniciraju", što znači da ne prikupljaju i ne prenose podatke. Gustina i domet ove mreže pruža gotovo neograničen potencijal za IoPT aplikacije. Uz to, zastarela infrastruktura omogućava nadogradnju sredstvima opremljenim senzorskom tehnologijom kako bi se postigla bolja održivost;
- iskustvo u prikupljanju i analizi podataka - poštanska služba je pokazala kompetentnost u upravljanju velikim skupovima podataka, kreiranju podataka i proizvoda i eksperimentisanju sa senzorima. Ona upravlja ogromnom količinom podataka generisanih svojim mašinama za obradu koje sortiraju velike količine pošiljaka koje prolaze kroz faze prerade, prikupljajući dnevno hiljade tačaka praćenja. Poštanska služba već koristi neke IoPT aplikacije za postizanje strateških ciljeva kao što su opremanje prevoznika mobilnim uređajima za dostavu, koji uključuju više senzora i korišćenje RFID oznaka za merenje standarda usluge u međunarodnom saobraćaju;
- potražnja korisnika za informacijama - postoji velika potražnja korisnika za više podataka i poboljšanim iskustvom. Pošiljaoci paketa, na primer, očekuju informacije o praćenju, predviđene datume isporuke/dostave, višestruke mogućnosti u pogledu opcija i lokacija dostave i pojednostavljeni postupak povrata. Pošiljaoci direktne pošte takođe zahtevaju više informacija, uključujući obaveštavanje o isporuci svoje poštanske pošiljke u stvarnom vremenu i da li primalac želi nastaviti primanje slične pošte. Upotreba senzora na vozilu, poštanskom sandučiću, ručnom uređaju ili na samoj pošiljci olakšali bi ove usluge pružanjem bolje kontrole u realnom vremenu nad procesima i lokacijama.

IoPT tehnologija bi trebalo da počne sa aplikacijama koje su sa tehničkog stanovišta dokazane i sposobne da kreiraju merljive benefite. Da bi pomenuti benefiti bili dokazani potrebno je sprovesti pilot projekte kako bi se testirala održivost nekog novog servisa ili usluge. U tom kontekstu, mogu se navesti dva reprezentativna primera: “povezano” poštansko sanduče, kao ključni element budućih strategija dostave paketa, kao i “pametni” gradovi, gde bi poštanska vozila mogla prikupljati podatke koji su deo gradskog okruženja. Implementacija i održavanje IoPT sistema bi zahtevala od poštanskog operatora da razvije platformu kojom bi u potpunosti bila povezana fizička infrastruktura sa digitalnim tokovima podataka u jedinstvenu integrisanu mrežu. Ta platforma bi morala biti sigurna, skalabilna i interoperabilna sa tradicionalnim poštanskim uslugama, kao i samom infrastrukturom (Blagojević i dr., 2018).

3.2. Internet of Things u transportu i logistici

Za oblast transporta i logistike, od kojih se poštanska delatnost ne može odvojiti, pitanje lokacije i efikasnog korišćenja raspoloživih resursa je pitanje opstanka. Reorganizujući mrežu pomoću adekvatne mehanizacije i primene T&T (Track&Trace) sistema poštanski operatori godinama unazad pokušavaju da optimizuju protok pošiljaka od prijemne do odredišne tačke i tako izbegnu gubitak prihoda i istovremeno očuvaju svoju viševekovnu lidersku poziciju u oblasti prenosa saopštenja i robnih pošiljaka. Na tržištu je trenutno na raspolaganju veliki broj aplikacija koje omogućavaju: rano otkrivanje neispravnosti opreme i rešavanje problema i pre nego što eskaliraju; praćenje potrošnje goriva; praćenje bezbednog ponašanja u vožnji; identifikovanje volumetrijske težine tereta; dinamičko kreiranje ruta; saradnju logističkih preduzeća kroz koordinaciju prevoza, itd. Rana upozorenja daju analizu i pregled transportnog sistema i na njih se može reagovati pravovremeno i na adekvatan način. Zahvaljujući komunikativnim senzorskim sistemima na vozilima omogućeno je praćenje njihove lokacije i stanja vozila putem geografskih informacionih sistema (GIS) i drugih podataka. Logistička industrija bila je među prvima koja je usvojila IoT u svojim operacijama, od uvođenja ručnih skenera koji su digitalizovali proces isporuke, višestrukim senzorima koji prate integritet tereta i performanse kamiona. Na slici 1 je prikazana primena IoT u jednom DHL-ovom servisnom centru.



Slika 1. DHL-ov servisni centar, primena IoT

3.3. Big data tehnologija

Big data – odnosno veliki skupovi podataka u kombinaciji sa moćnom analitikom, predstavlja tehnologiju koja ima potencijal da promeni način na koji preduzeća pokreću inovacije, efikasnost i zadovoljstvo korisnika. Opadajući trošak prikupljanja, obrade i skladištenja podataka, u kombinaciji sa brzim sticanjem novih izvora podataka i alata za analizu, omogućava poštanskim operatorima da izvlače vrednosti iz veoma velikih količina internih i eksternih podataka i tako omoguće podršku operativnim, poslovnim i strateškim odlukama. Poštanski operatori su već razvili i pilotiraju inovativne Big data aplikacije sa ciljem da pojednostave procese, smanje troškove, poboljšaju interakciju sa kupcima i stvore nove proizvode i usluge. Neki poštanski operatori u Evropi otvaraju zbirne skupove podataka, poput nacionalnih baza podataka koje omogućavaju inovatorima ili urbanistima da razviju nove usluge i aplikacije. Takođe, ti podaci mogu pružiti vladi vredne informacije o rastu bruto domaćeg proizvoda u realnom vremenu i informacije o demografskom kretanju.

Predstavnici tri poštanska operatora izvestili su da počinju sa istraživanjem novih mogućnosti koje nude ‘‘veliki podaci’’. Iako su prioriteti varirali, ovi poštanski operatori su bili fokusirani na dva cilja. S jedne strane, oni koriste Big data da bi ojačali jezgro smanjenjem troškova, efikasnošću, inovacijama proizvoda i interakcijom sa kupcima. S druge strane, Big data takođe omogućava poštanskim operatorima da bolje ispune nacionalnu ulogu, podržavanjem ekonomskog rasta i vladinih usluga.

3.4. Autonomna vozila

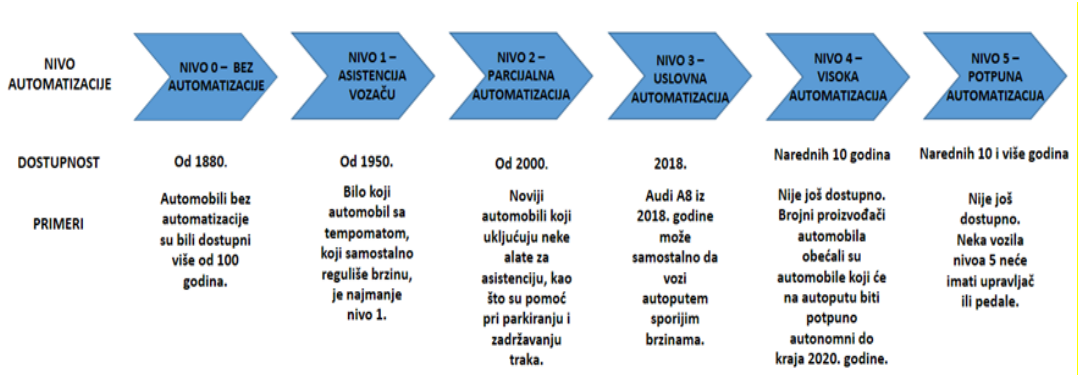
Autonomna vozila (AV) koja su u stanju da se delimično ili u potpunosti sama kreću, mogu postati stvarnost u narednim decenijama. AV tehnologija obećava povećanje sigurnosti, smanjenje troškova goriva i poboljšanje produktivnosti. Ono što je još važnije, ima potencijal da promeni prirodu transportne i dostavne industrije i pokrene nove dostavne modele. Tehnike koje koriste autonomna vozila kako bi se kretala po sopstvenom okruženju zasnivaju se na tehnologijama kao što su: radarska, GPS, LiDAR (Light Detection and

Ranging), 3D mapping, odometrija, itd. Napredni sistemi upravljanja i kontrole vrše prikupljanje i obradu informacija dobijenih sa senzora kako bi doneli odluku o sledećoj akciji koju vozilo treba da sprovede. Drugim rečima, autonomna vozila uče i adaptiraju se svim okolnostima u svom neposrednom okruženju.

Autonomna vozila se mogu odnositi na različite objekte u pokretu, uključujući automobile, kamione, robote i bespilotne letelice. Uvođenje autonomnih vozila u poštanski sektor podrazumevalo bi da se prvo testira sama tehnologija, zatim da se postepeno automatizuju sva pogodna vozila i na kraju da se usavrši strategija u skladu sa razvojem tehnologija, tržišta i regulacija.

3.4.1. Tehnologije autonomnih vozila

Nisu sva autonomna vozila bez vozača. Koliko su vozila autonomna zavisi od kontinuiteta inteligencije vozila (slika 2) koja uključuje od tempomata i asistencije kod parkiranja – funkcije slabe automatizacije uobičajene kod vozila danas, do potpuno autonomnih vozila, bez vozača koja su još uvek daleko.



Slika 2. Kontinuitet automatizacije vozila

Da bi AV funkcionisao, mora biti u stanju da vidi i razume svoju okolinu, orijentiše se i donosi odluke na osnovu tih informacija. Da bi to postigao, mora da poseduje senzore za vid, veštačku inteligenciju i u idealnom slučaju 3D mape slika (www.uspsoig.gov, 2021).

4. ULOGA POŠTE U PROJEKTU SMART CITY

Danas popularni koncept pametnog grada fokusiran je na unapređenje kvaliteta života građana korišćenjem informacione i komunikacione tehnologije. Projekti pametnih gradova često zastaju u početnim fazama zbog nedovoljne količine podataka. Iako raspolažu velikom količinom podataka, državne poštanske službe ostaju izvan koncepta i modela pametnog grada. Ovaj deo rada ima za cilj da ukaže na značaj uključivanja poštanskih službi u efikasno prikupljanje, skladištenje i obrađivanje podataka.

"Pametan" grad (Smart City) predstavlja koncept celovitog i održivog grada u kojem će kvalitet ljudskog života, ali i odnosa prema okolini biti na znatno višem nivou. Uglavnom se temelji na upotrebi pametnih mreža, snažnijem uvođenju informaciono-komunikacionih tehnologija, internetskom povezivanju svih objekata (Internet of Things), smanjenju zagađenja okoline, uvođenju inteligentnih transportnih sistema, ali i povećanju energetske efikasnosti primenom pametnih merenja i uvođenjem inovativnih rešenja u građevinarstvu.

Ne postoji centralna baza podataka o "pametnim" gradovima uopšte u svetu, ali većina velikih gradova podržava i pokreće projekte koji utiču na koncepte pametnih gradova. Iako mnogi gradovi eksperimentišu sa "Smart City" tehnologijama, samo su neki od njih svoje projekte usavršili do prototipa i faze razvoja, dok mnoge inicijative ostaju u fazi ideje.

Uključivanje pošte u pametne projekte izostaje iz nejasnih razloga ili se javlja samo u izolovanim slučajevima uprkos puno mogućnosti za korišćenje očiglednih prednosti sredstava pošte. Na osnovu toga, državne poštanske službe se spremaju da se uključe u aktivnosti pametnih gradova jer poseduju stalnu, stabilnu i efikasnu mrežu koja pokriva celu zemlju.

4.1. Modeli uvođenja poštanskog sektora u projekat Smart City

Postoji nekoliko mogućih nivoa učešća poštanskih usluga u procesima pametnog grada koji se tiču upravljanja podacima. Zainteresovane strane treba da donesu organizacijsku odluku o tome kako će se uloge i odgovornosti u projektu raspodeliti prema odabranom modelu. Sa strane poštanskih operatora, definicija pogodnog poslovnog modela zavisi od poslovnih ciljeva, nivoa spremnosti i onoga što je zakonski dozvoljeno raditi u skladu sa važećim zakonodavstvom. U okviru aktuelnog istraživanja identifikovani su i opisani modeli

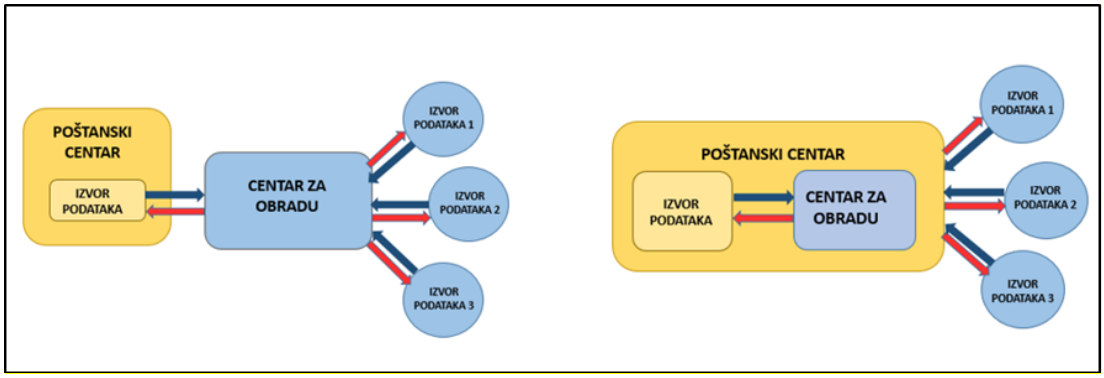
uključenosti poštanskih usluga u projekte pametnih gradova koji predstavljaju pristupe prikupljanja i obrade podataka.

Centrifugalni model (Slika 3a) - infrastruktura poštanskih operatora je alat za prikupljanje podataka koji se prenose u resursni centar radi daljeg skladištenja, obrade i analize. Može se predstaviti sa dva nivoa uključenosti (Pavlovskaya, M. i Kononova, O., 2018):

1. Zakupodavac - pošta samo daje na korišćenje svoju infrastrukturu trećoj strani (npr. gradskoj vlasti) i oni su ti koji su odgovorni za postavljanje, instalaciju i održavanje senzora, prikupljanje podataka i sigurnost podataka. Pošta ovde učestvuje samo u delu prikupljanja podataka i nema nikakvog investicionog udela u projekat, pa tako ni troškova.

2. Prikupljač podataka - ovaj nivo je sličan prethodnom, u delu korišćenja infrastrukture za prikupljanje podataka, i to što vlasništvo nad prikupljenim podacima ima treća strana. Za razliku od prethodnog nivoa, pošta ovde ima neka ulaganja i dodatne troškove za obuku radnika, ali u tom slučaju pošta može postaviti više tarife za naplatu nadoknade.

Centripetalni model (Slika 3b) - model u kom celokupnu uslugu pruža pošta. Pošta je ta koja prikuplja, skladišti, obrađuje i analizira podatke. Ako se pošta odluči da se priključi projektu Smart City, može da ponudi širok spektar novih usluga u okviru projekta i ove usluge može više naplaćivati, uzimajući obzir sva sredstva koja se koriste kako bi se usluga ispunila. Takođe može posedovati sopstvene softvere na kojima bi čuvala i obrađivala podatke, a kasnije ih prodavala gradskim vlastima (Pavlovskaya, M. i Kononova, O., 2018).



Slika 3. a) Centrifugalni model; b) Centripetalni model

4.2. Mogućnosti korišćenja poštanskih operatora u projektu Smart City

Mnogo je razloga zašto bi poštanska služba postala ravnopravan partner u pametnim gradskim projektima, uključujući razloge koji se odnose na karakteristike poštanske mreže i okolnosti današnjice. Prva karakteristika poštanske mreže od velikog značaja za projekte pametnih gradova je njena sveprisutnost. Međutim, nemaju sve poštanske uprave svoju mrežu poštanskih jedinica. Na primer, pošta u Nemačkoj nije vlasništvo Deutsche Post-a, u Italiji manje od 20% poštanskih jedinica pripada ovlašćenom poštanskom operatoru. U zemljama kao što su Sjedinjene Države, Francuska i Rusija situacija je obrnuta.

Sledeće važne karakteristike poštanske mreže pored sveobuhvatne pokrivenosti su učestalost i doslednost koji su relevantniji za dinamične vrste poštanskih sredstava. Zbog toga što pošta u većini zemalja obavlja univerzalnu uslugu, može se reći da se ona nalazi u gotovo svakoj zajednici, uključujući udaljena i slabo naseljena područja, a njena vozila prolaze gotovo svakim putem. Takva široka pokrivenost jedne organizacije omogućava projektima pametnih gradova određenu fleksibilnost u određivanju njihovog obima. Podaci se mogu prikupljati i upoređivati na celoj teritoriji zemlje ili čak samo duž određenih područja ako su potrebni. Poštanska vozila voze gotovo identične rute skoro svakodnevno. Shodno tome, potencijal za prikupljanje podataka velikog broja takvih vozila koji prelaze značajne udaljenosti je ogroman i mogao bi da stvori moćnu informacionu mrežu.

Poštanski “Smart City” projekti uključivali bi kombinovanje različitih vrsta sredstava sa informacionim i komunikacionim tehnologijama da bi pružili uslugu zainteresovanim stranama. Kombinacija bi se u većini slučajeva sastojala od korišćenja poštanskih sredstava opremljenih senzorima i drugim uređajima za prikupljanje podataka namenjene za lokalne samouprave ili bilo koju zainteresovanu stranu. Poštanska vozila su sredstvo koje najviše traže pametni gradovi, ali projekti pametnih gradova takođe mogu da iskoriste i druga poštanska sredstva, poput poštanskih dostavljača i nepokretnu imovinu. U unutrašnjost ili spoljašnjost poštanskih vozila mogu se pričvrstiti različite vrste senzora, koji su obično mali i neupadljivi. Oni bi mogli da snimaju informacije, npr. o kvalitetu vazduha ili drugim merama zaštite životne sredine, o jačini mobilnih, bežičnih i radio signala, o curenja gasa ili bioloških i hemijskih materijala, o prometu u saobraćaju i o stanju na putevima. Mobilna sredstva

mogu sakupljati snimke podataka sa više lokacija dnevno, što je isplativo jer jedan senzor može pokriti široko područje. Za potrebe prikupljanja podataka pametnih gradova to znači da se podaci mogu prikupljati gotovo svakodnevno, omogućavajući tako da se promene tih podataka mere vremenom.

Stacionarni objekti mogu imati ugrađene senzore koji kontinuirano sakupljaju podatke sa jedne lokacije, nudeći potreban nivo preciznosti. Na primer, poštanski ormarić na prometnom mestu opremljen senzorom ili dobro pozicionirana jedinica poštanske mreže može da meri kako se gustina pešaka menja tokom dana. Mnogi pametni gradovi postavljaju senzore u ulična svetla zbog pristupa električnoj energiji kao izvor napajanja za senzore, ali ponekad svetla poseduju komunalno preduzeće, a ne grad, tako da dozvola za njihovo korišćenje ne postoji uvek. U tim slučajevima sandučići mogu poslužiti kao zamena. Nisu ožičeni, pa bi senzori morali da budu na baterije ili na solarni pogon.

Neke informacije o okruženju ne mogu se prikupljati automatski jer je senzorska tehnologija nedovoljno razvijena, a podaci se moraju ručno prikupljati preko dostavljača putem bilo kojeg ručnog uređaja ili pametnog telefona sa unapred instaliranom mobilnom aplikacijom koja omogućava prikupljanje informacija.

Treba napomenuti da većinu inicijativa za uvođenje projekata pametnih gradova podržava vlada. U nekim ruskim gradovima pokušaji uvođenja određenih "pametnih usluga" prave se pod uticajem različitih vladinih programa. Pre svega, ovo se odnosi na najveće megapolise, gde postoje dokazi o interesovanju gradskih vlasti za uvođenje pametnih inicijativa i gde budžetska odredba omogućava sprovođenje takvih projekata. Inicijalna faza nastanka pametnih gradova nudi pošti priliku da se uključi dok su ove inicijative tek u razvoju. Pored toga, međunarodna istraživanja pokazuju da većina zainteresovanih strana vidi vrednost u partnerstvu sa poštanskom službom radi pretvaranja postojećih poštanskih sredstava u dvostruke namene za prikupljanje podataka.

Projekti pametnih gradova postoje u korist gradova i građana, međutim, i sama poštanska služba takođe bi imala koristi od tih napora, kao način da potencijalno ostvari novi prihod. To bi takođe moglo pomoći poštanskoj službi da ojača svoju ulogu nacionalne javne infrastrukture i pružaoca usluga, što je posebno važno imajući u vidu da poverenje počinje da se prepoznaje kao izuzetno dragoceno strateško sredstvo. Može se tvrditi da najuspešnije poštanske usluge, naročito one koje uspešno diverzifikuju svoje usluge, aktivno koriste potrošačevo prihvatanje njihovog brenda za proširenje ponude usluga (Pavlovskaya, M. i Kononova, O., 2018).

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Uticaj tehnologije na korisnike poštanskih usluga do danas je očigledno pozitivan i ostaće takav u narednim godinama. Tehnologija, prvenstveno širenjem Interneta i mobilnih uređaja, osnažila je korisnike i transformisala ih iz pasivnih u aktivne učesnike na tržištu poštanskih usluga. Sa porastom e-trgovine operatori su promenili fokus sa pošiljalaca, poslovnih korisnika, na primaoce, korisnike koji primaju poručenu robu. Operatori koriste tehnologiju da bi poboljšali svoje tehnološke operacije i da bi uveli inovativne proizvode i usluge. Većina od pomenutih novih tehnologija je u fazi testiranja i mnoge od njih dovešće do daljih poboljšanja za korisnike poštanskih usluga. Glavne opšte koristi za korisnike od tehnologije u poštanskom sektoru uključuju: bolje i brže usluge dostave, veća pogodnost i izbor, atraktivne cene uspostavljene konkurencijom. Tu su i nove mogućnosti za finansijski slabije korisnike jer je dostava svih vrsta robe na kućnu adresu bez ikakvih dodatnih troškova postala standard zahvaljujući rastu e-trgovine. Zaključuje se da tehnologija igra pozitivnu ulogu za poštanske usluge i deluje kao pokretač boljih usluga za korisnike. Dosadašnje koristi nadmašuju rizike i probleme.

Tokom aktuelne COVID-19 krize tehnologije opisane u radu posebno dobijaju na značaju iz dva razloga. Prvi je zbog zahteva korisnika za beskontaktnom dostavom radi smanjena mogućnosti zaraze. Drugi razlog je to što jasno je da je u uslovima kada su tržni centri zatvoreni, radno vreme prodavnica skraćeno, kretanje u dobrom delu dana zabranjeno, a smanjenje kontakata neophodno, prodaja na mreži ostala gotovo jedino rešenje za maloprodaju. Iz tog razloga ljudi sve više kupuju online i očekuju brzu i efikasnu isporuku njihovih narudžbina. S druge strane, tokom trenutne situacije operatori su povećali nadzor i komunikaciju sa korisnicima zbog velikog broja izmena adresa primaoca, posebno kod poslovnih korisnika koji su organizovali rad od kuće, usled čega je izmenjena konačna destinacija uručenja pošiljaka. Moguća su i pomeranja rokova uručenja, koji su uslovljeni činjenicom da je većina zemalja u Evropi i svetu, u izmenjenom režimu poslovanja zbog restrikcija koje su uvedene kao mera zaštite od zaraze korona virusom. Većina operatora prijem i uručenje pošiljaka obavlja, kad god je to moguće, na otvorenom prostoru.

Kako bi poštanski operatori uopšte bili u mogućnosti da implementiraju “pametne” sisteme i razvijaju svoju partnersku mrežu, neophodno je da rade na usavšavanju svoje informacione platforme. Ta platforma treba da omogući integraciju i analizu podataka koji se skupljaju od različitih sistema i objekata.

6. LITERATURA

Blagojević, M., Čupić, A., Stanivuković, B. (2018). Primena IoT tehnologije u poštanskom sistemu, XXXVI Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2018, Beograd

Deloitte Digital, (2015). Creating a smart post office appealing to Millennials insights from a digital-native, Belgium

https://www.uspsoig.gov/sites/default/files/document-library-files/2017/RARC-WP-18-001.pdf, pristupljeno avgust 2021.

Jovanović, B., Kujačić, M., Osvald, M. (2019). Budući pravci razvoja poštanskog sektora, XXVII Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2019, Beograd

Jovičić, O. (2016). Svetska poštanska strategija iz Istanbula, uvođenje inovativnih, integrativnih i razvojnih rešenja, XXXIV Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2016, Beograd

Pavlovskaya, M. & Kononova, O. (2018). The Smart City Vision, Russia

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

EXPECTED IMPROVEMENTS OF MOBILE SYSTEMS BY INTRODUCING 5G TECHNOLOGY IN THE TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY OF MOBILE SYSTEMS

OČEKIVANA POBOLJŠANJA MOBILNIH SISTEMA UVOĐENJEM 5G TEHNOLOGIJE U TELEKOMUNIKACIJSKOJ INDUSTRIJI MOBILNIH SISTEMA

Amir Adilović[a], Edvin Škaljo[b]

[a] *BNT-TMiH, Machine and Hydraulics factory, Mehmeda Spahe 1, Novi Travnik 72290, Bosnia and Herzegovina, adilovicamir.bnttmih@gmail.com*

[b] *University of Sarajevo, Faculty of Science (Natural Sciences and Mathematics), Zmaja od Bosne 33-35, Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina, edvin.skaljo@pmf.unsa.ba*

Abstract: *The development of new mobile technologies is expected to improve a set of technical means, organizational and administrative measures and documents, service staff, as well as a set of standards, protocols, methods for wireless voice and data transmission from subscriber to subscriber or from subscriber to information system. This drives economic growth and inclusion in the modern world of digitalization, which achieves a good connection between consumers and companies. The need in the world of digital economy to solve business problems is the need for new mobile technology with low latency, distribution and passability as important features. This technology is the technology of the fifth generation of mobile systems (5G) and is a continuation of 4G, 3G and 2G technology. Observing the global trends of mobile technologies, we will analyze the advantages of this technology through phases, namely: an overview of mobile systems through generations, 5G characteristics, 5G architecture, technical-technological part of 5G and the use of 5G. In addition to the advantages, there are disadvantages due to countries in transition. New technology uses not only new technological, but also software functions. Multiple antennas are used on transceivers to increase signal speed and quality. What is important and the final outcome (result) of this technology is that overloads and delays in signal transmission will be avoided. Such an efficient and reliable network, with better quality of service with new applications and higher speeds is a contribution to the community.*

Key words: *5G, characteristics, architecture, technical-technological elements, use*

Apstrakt: *Razvojem novih mobilnih tehnologija očekuje se poboljšanje skupa tehničkih sredstava, organizacijskih i administrativnih mjera i dokumenata, uslužnog osoblja, kao i skupa standarda, protokola, metoda za bežični prenos glasa i podataka od pretplatnika do pretplatnika ili od pretplatnika do informacijskog sistema. To pokreće ekonomski rast i uključivanje u savremeni svijet digitalizacije, čime se postiže dobra povezanost potrošača i kompanija. Potreba u svijetu digitalne ekonomije za rješavanjem poslovnih problema je potreba za novom mobilnom tehnologijom sa niskom latencijom, distribucijom i prolaznosti kao važnim karakteristikama. Ova tehnologija je tehnologija pete generacije mobilnih sistema (5G) i nastavak je 4G, 3G i 2G tehnologije. Posmatrajući svjetske trendove mobilnih tehnologija, analizirat ćemo prednosti ove tehnologije kroz faze, a to su: pregled mobilnih sistema kroz generacije, karakteristike 5G, arhitekturu 5G, tehničko-tehnološki dio 5G i upotreba 5G. Pored prednosti, postoje i mane zbog zemalja u tranziciji. Nova tehnologija koristi ne samo nove tehnološke, već i softverske funkcije. Na primopredajnicima se koristi više antena, kako bi se povećala brzina i kvaliteta signala. Ono što je bitno i krajnji ishod (rezultat) ove tehnologije je da će se izbjeći preopterećenja i kašnjenja u prenosu signala. Ovakva efikasna i pouzdana mreža, sa boljom kvalitetom usluge uz nove aplikacije i veće brzine je doprinos za zajednicu.*

Ključne riječi: *5G, karakteristike, arhitektura, tehničko-tehnološki elementi, upotreba*

1. UVOD

Mobilni sistemi imaju zadatak da uspostave komunikaciju između korisnika fiksne telefonije i mobilne telefonije, zatim između samih korisnika mobilne telefonije, putem radio -komunikacijskog sistema. Razlike između fiksne (nepokretne) mreže i mobilne (pokretne) mreže je u tome što je u fiksnoj mreži kretanje korisnika ograničeno, dok je u mobilnoj mreži kretanje korisnika u pokretu koje ima odgovarajući radio signal.

Povećana konkurencija i pad cijena za osnovne telekomunikacijske usluge primorali su telekomunikacijsku industriju da nastavi sa novim inovacijama. Ona treba da gradi, održava i upravlja TK mrežama, a korisnicima i organizacijama omogućava komunikaciju unutar i van zemlje.

Od načina na koji je komunikacija uspostavljena do načina na koji kupujemo, putujemo ili koristimo bilo koje usluge, sve što radimo na internetu svodi se na mobilnu komunikaciju. Temelj toga je da mobilne komunikacije održavaju Internet - funkcijonišući kao veza između korisnika i pružatelja (dobavljača) sadržaja.

Nove tehnologije su uvijek korak ispred očekivanja, ali ono što se ne može predvidjeti je odakle će doći promjena. Prvo se razgovara o onom što je sigurno, a onda se vrše nagađanja.

5G tehnologija kao mjera za poboljšanje mobilnih sistema će raditi na višim radio frekvencijama i nuditi priliku za mnogo veće brzine interneta.Tu imamo: puno brža obrada podataka od prethodnih tehnologija i odgovor na povećanje porasta podataka i povezanosti današnjeg modernog društva, zatim internet stvari - Internet of Things (IoT) s milijardama povezanih uređaja i budućih inovacija. Pored bržeg povezivanja i većeg kapaciteta, vrlo važna prednost 5G biće i brzo vrijeme odziva koje se naziva latencija.

2. EVOLUCIJSKI PUT MOBILNIH SISTEMA

Razvojem mobilnih sistema postignut je ogroman napredak u tehnološkom razvoju mobilnih mreža s pojavom novih uređaja i novih usluga.

Prva generacija mobilnih sistema (1G) je korištenje više ćelija i mogućnost prenosa poziva s jedne ćelije na drugu ako korisnik tokom poziva putuje u području pokrivenom s više ćelija.Analogna mreža mogla je podržavati samo prenos glasa, pa nam je dopuštala razgovor dok smo bili u pokretu.

Druga generacija mobilnih sistema (2G) je korištenje GSM standarda, a ono što je bilo novo za telefonske sisteme je digitalni prenos podataka (umjesto analognog).Tu je bio ikvalitetniji nivo govorne usluge i mogućnost razmjene poruka.Uvedena je i mogućnost pristupa multimedijalnom sadržaju na mobilnim telefonima.Nasljednica tzv 2,5G mreža donijela je GPRS tehnologiju (mogućnost korištenja interneta putem mobilnog telefona).Poboljšanje GPRS tehnologije je bilo u tzv. 2,75G - EGDE tehnologiji koja omogućava telekomima da koriste postojeće GSM frekvencijske opsege (900; 1800; 1900) MHz za pružanje multimedijalnih usluga na bazi IP brzina do 384 kbit/s.

Treća generacija mobilnih sistema (3G) je korištenje prosljeđivanja paketa za prenos podataka, a standardizacija je više usmjerena na potrebe nego na tehnologiju. Teži se ka uslugama prenosa podataka (Internet) i potrebama za sve većim brzinama prenosa podataka.Korisnici preko mobilne mreže razmjenjuju multimedijalni sadržaj sa brzinama u prosjeku od (128 do 250) kbit/s, dok je maksimalna granica iznosila 384 kbit/s. Standard koji pripada 3G je IMT-2000 ili IMT-MC (IMT-Multi Carrier). Temelji se na CDMA metodi pristupa komunikacijskom kanalu za slanje govora, podataka i podataka o pozivima.Pojavom 3,5G ili 3G+ ili turbo 3G tehnologije (koja se danas koristi na našim mobilnim uređajima) doprinos je za mreže koje su bazirane na UMTS sistemu. Standard UMTS uključuje: bežičnu mrežu, jezgrenu mrežu (CN) i potvrdu identiteta korisnika putem SIM kartica. U 3G razdoblju imamo i pojavu skupa tehnologija -Voice over Internet Protocol (VoIP) (tehnologije omogućavaju prenos glasovni podataka preko Internet Protokola (IP), korištenje internet veze).

Četvrta generacija mobilnih sistema (4G) je korištenje izmjene pristupa mobilnom web-u u odnosu na prethodne tehnologije, brži prenos podataka i multimedijalnog sadržaja, trenutno učitavanje sadržaja na mreži, brže učitavanje HD video zapisa, prenos HD/3D video sadržaja, usluge igranja igara na mreži u realnom vremenu i mogućnost SD/HD video konferencija.Standard koji pripada 4G je IMT-Advanced, koji definiše mogućnosti 4G. Brzine u teorijskom smislu idu do max 150 Mbit/s, dok je prosječna brzina oko 40 Mbit/s. Tehnologije koje teže ka 4G standardu LTE i WiMAXu početku nisu zadovoljile stroge IMT-Advanced specifikacije od 100 Mbit/s za mobilni i 1 Gbit/s za stacionarni promet. Obje imaju slične ciljeve koji omogućavaju globalno povezivanje bežičnih podatkovnih mreža za mobilne telefone, prenosne računare i druge računarske uređaje.

Potreba za novom tehnologijom (5G) koja nastavlja 4G, 3G i 2G familiju mobilnih sistema, je potreba za većom virtualizacijom i nekim osnovnim prednostima u odnosu na 4G, a to su:

- Veća brzina prenosa podataka,
- Niža kašnjenja signala,
- Mogućnost povezivanja više uređaja,
- Veća energetska efikasnost,
- Dramatično povećana propusnost,
- Veća mobilnost korisnika.

3. KARAKTERISTIKE 5G TEHNOLOGIJE

Ono što će biti karakteriska kod 5G mobilne tehnologije je: niska latencija, distribucija i prolaznost.

Infrastruktura za virtualizaciju mrežnih funkcija - Network Function Virtualization Infrastructure (NFVI) je područje u kojem će se mijenjati tehnologija i operativni modeli.

Telekomunikacijska industrija bi imala koristi povezivanjem uređaja iz fizičkog svijeta na internet u cilju stvaranja inovativnih proizvoda ili usluga, pružanja boljeg korisničkog iskustva, povećanja efikasnosti i/ili poboljšanja sigurnosti, zatim povezanosti koja je prilagođena njihovim zahtjevima i sposobnosti da se brzo kreću u susret potrebama kupaca.

Osnovne karakteristike 5G tehnologije biće:

- Brzina prenosa podataka do 10 Gbit/s (poboljšanje brzine od 10 do 100x u odnosu na 4G mreže),
- Latencija: od 1 ms,
- 1000x širina pojasa po jedinici površine,
- Do 100x broj povezanih uređaja po jedinici površine (u poređenju s 4G LTE),
- 99,999% dostupnost,
- 100% pokrivenost,
- 90% smanjenje upotrebe mrežne energije,
- Do 10 godina trajanja baterije za IoT uređaj male snage.

3.1. Brzina

Analiziranjem pojave 5G tehnologije po cijelom svijetu uočiti će se nejednake brzine u različitim zemljama. To nam govori da će stvarna brzina biti definisana nakon testiranja i praktični primjera.

Rezultat 5G će biti zadovoljavajući, jer max brzina koju teorijski postiže izvedba mreže (performanse) će biti 20 Gbit/s.

Tabela 1. Proređenje brzina

Mreža	Max brzina preuzimanja	Prosječna brzina u teoriji	Prosječna brzina u stvarnom svijetu
5G	20 Gbit/s	(0,2-1) Gbit/s	111,80 Mbit/s
4G	1 Gbit/s	100 Mbit/s	N/A
4G LTE	100 Mbit/s	(30-60) Mbit/s	(2-50) Mbit/s

3.2. Latencija

Cilj svakog pružatelja usluga u 5G mreži biće ostvarivanje veće brzine i kapaciteta sa što nižom latencijom (kašnjenjem). Definisanje 5G standarda se radi kroz regulatorna tijela. U nekim navodima CNN-a latencija u 5G će se praktično svesti na nulu.

Mobilna tehnologija pete generacije će ponuditi nisku latenciju, kašnjenje između slanja i primanja informacija (latencija = 1 ms = 1/1000 s).

Tabela 2. Poređenje latencija

Mreža	Latencija (kašnjenje)
5G	1 ms
4G	100 ms
3G	200 ms
2G	(500-1000) ms

3.3. Frekvencija

Niskofrekventne 5G mreže, koje će se zasnivati na postojećim mobilnim i Wi-Fi frekvencijama, imaće koristi od fleksibilnog kodiranja i većih veličina kanala.

Prelazak na viši frekvencijski opseg nije direktno povezan sa povećanjem brzine.

Razlog za prelazak na novi opseg je nedostatak frekvencije u spektru do 6 GHz.

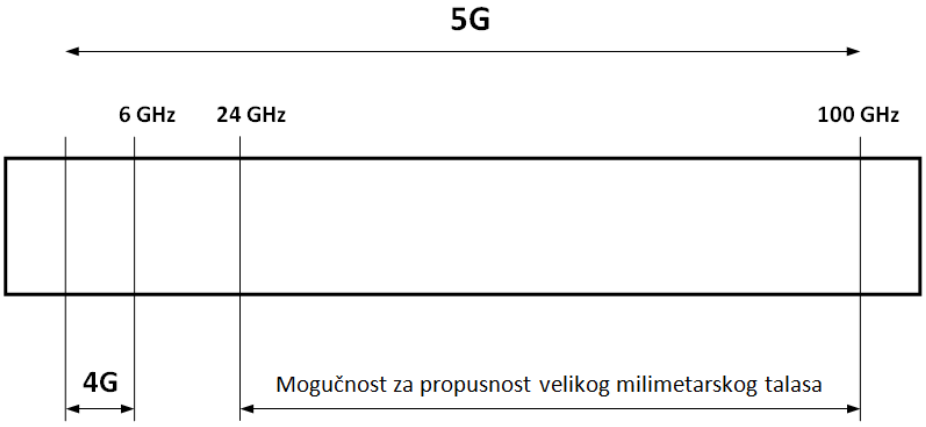
Korištenjem nižih frekvencija, mobilni operateri žele da obezbijede pouzdane mreže, a to se ostvaruje po cijenu nižih brzina za njihove korisnike.

Korištenjem viših frekvencija koje će imati ograničen opseg, potrebno je instaliranje više 5G jarbola kako bi se podržala pouzdanost mreže.

Tabela 3. Poređenje frekvencija

Mreža	Frekvencija
5G	i do 95 GHz
4G	do 6 GHz
3G	do 2 GHz

Prednost 5G za razliku od 4G, je u tome što mrežnim tornjevima neće biti potrebno graditi jarbole, oni će se moći postaviti na zgrade, stubove sa lampama (bandere), itd.



Slika 1. Frekventna porast 5G u odnosu na 4G

4. ARHITEKTURA 5G TEHNOLOGIJE

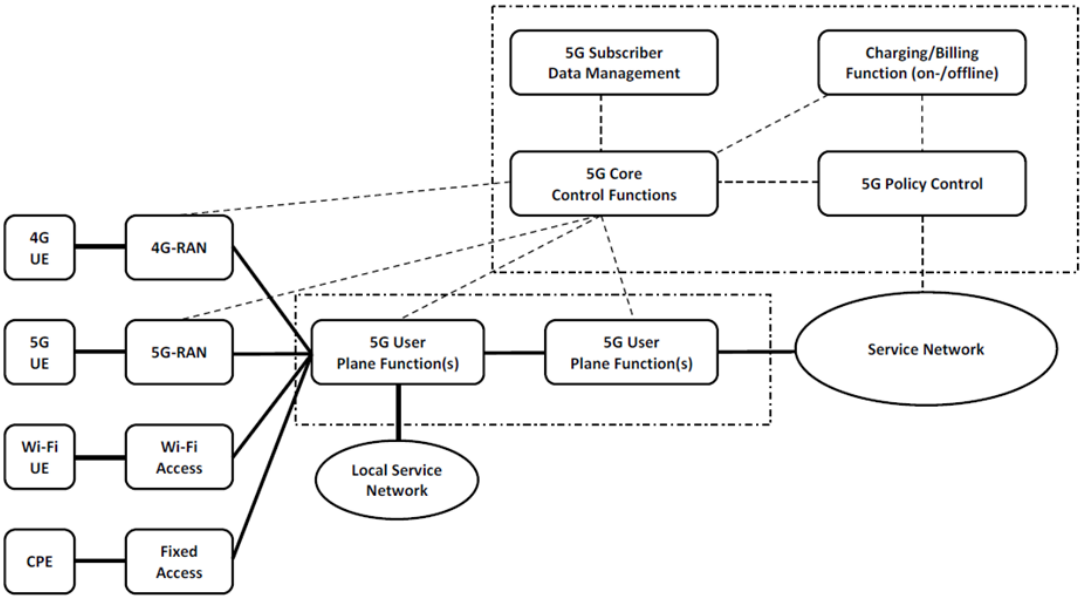
Prethodne generacije mobilnih tehnologija imale su za cilj pružanje brzih i pouzdanih usluga mobilnih podataka korisnicima mreže.

Arhitektura 5G neće biti ograničena blizinom bazne stanice ili složenom arhitekturom. Ona će voditi ka raščlanjenom, fleksibilnom i virtualnom RAN-u sa novim interfejsima (sučeljima), ali pružatelji usluga će za početak koristiti povezivanje 5G mreže sa postojećim 4G mrežama kako bi se osigurala kontunuirana veza.

Mobilna mreža ima dvije glavne komponente:

- Radio pristupne mreže - Radio Access Network (RAN)
  Sastoji se od radio-jarbola i pripadajuće opreme za odašiljanje i prijam.
- Jezgrena mreža - Core Network (CN)
  Sadrži centralne elemente za kontrolu i obradu podataka u mreži.

Na sljedećoj slici imamo prikaz uključenosti funkcija u pružanju mrežnih usluga. Svaka usluga će imati određene karakteristike.



Slika 2. Arhitektura 5G mreže

5G New Radio (5G NR) predstavlja novi vazdušni interfejs i radio pristupnu mrežu (RAN) razvijen da zadovolji različite zahtjeve primjena upotrebe 5G, kao što su velika propusnost, malalatencija, energetska efikasnost, itd. Na osnovu 5G NR je dizajnirana 5G mrežna arhitektura.

Orkestracija (automatizovana konfiguracija, koordinacija i upravljanje računarskim sistemima i softverom), analitika i automatizacija imat će ključnu ulogu u transformisanju mreže za podršku i pokretanje 5G mreže.

5. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI ELEMENTI 5G TEHNOLOGIJE

Potražnja potrošača za kvalitetom usluga mobilne telefonije dovodi do potrebe za ubrzavanjem primjene i testiranja 5G tehnologije.

Prilikom testiranja imamo: da je oprema za testiranje skupa, nestabilno i dugotrajno testiranje do tačke u kojoj se vrši analiza, itd.

Neke kompanije nude Android uređaje (smartphoni i tableti) za mrežne testove kao zamjenu za proceduralno testiranje. Od brendova uređaja izdvajaju se: Samsung, LG, Sony, HPC, Huawei, Xiaomi, Acer i Motorola.

Tehnologija pete generacije će koristiti OFDM tip enkodiranja, slično onome koji se koristi za 4G LTE tehnologiju. U ovom slučaju razlika je u tome što je OFDM dizajniran za manje kašnjenje (latencije) i veću fleksibilnost od LTE.

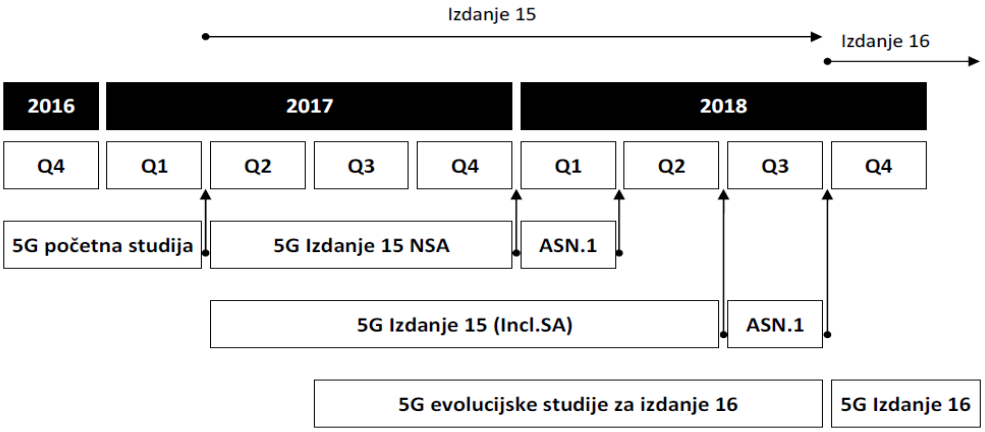
Standard koji pripada 5G je International Mobile Telecommunications-2020 (IMT-2020) čiji je zahtjev izdao ITU sektor radiokomunikacija (ITU-R) 2015. godine.

Standard IMT-2020 postavlja temelje:

- 5G istraživački aktivnosti koje se pojavljuju širom svijeta,
- Definiše okvir i opšte ciljeve procesa 5G standardizacije,
- Utvrđuje putokaz za vođenje ovog procesa do završetka do 2020.-te

Projekt partnerstva treće generacije (3GPP) koji objedinjuje sedam organizacija za razvoj telekomunikacijskih standarda (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC), podijelio je 5G standarde u dva izdanja:

- Izdanje 15. (NR faza 1)
  U ovoj fazi postoje zajednički elementi između LTE i NR, a to je da koriste OFDM.
- Izdanje 16. (NR faza 2)
  Tehnologija pete generacije će raditi nezavisno od LTE.



Slika 3. 5G standard u dva izdanja

Mreže pete generacije u zajedničkom radu sa 4G mrežom koristeće niz makro ćelija, malih ćelija i namjenskih sistema u zgradi. Male stanice su mini bazne stanice dizajnirane za vrlo lokalizirano pokrivanje, otprilike od (10-100) m, pružajući nadopunu za veću makro mrežu. Koristiti će se i masivne MIMO (massive MIMO) (više ulaznih, više izlaznih) antena koje imaju vrlo velik broj antenskih elemenata ili veza za istovremeno slanje i primanje više podataka.



Slika 4. Bazna stanica u Travniku

Kada je riječ o 5G uređajima, svi 5G uređaji moraju imati i 4G podršku koja je neophodna za početnu konekciju, prije nego što se signal prebaci na 5G.

6. UPOTREBA 5G TEHNOLOGIJE

Pored korisničke (potrošačke) upotrebe, tehnologija će imati i udio u pružanju usluga u industrijskom sektoru.

Upotrebom 5G, tehnologija će razviti vještačku inteligenciju i njena primjena će biti zastupljena u: poljoprivredi, obrazovanju, zdravstvu, razvoju infrastrukture u urbanom području, unapređenju funkcionisanja administrativni službi, itd.

U narednoj tabeli je prikazana analiza sa komercijalnog aspekta korištenja usluga mobilne tehnologije usvijetu.

Tabela 4.Komercijalna analiza pokretanja 5G u svijetu

Mreža	Analiza baze na 500 miliona korisnika
5G	za 3 godine
4G	5 godina
3G	10 godina

7. ZAKLJUČAK

Analizirajući trend razvoja mobilnih mreža putem 5G tehnologije kao mjere za poboljšanje mobilnih sistema, osvrćemo se na iskustva prestižnih zemalja u svijetu telekomunikacija i uviđamo prednosti i nedostatke razvoja.

U Bosni i Hercegovini bi se analiza tržišta radila na nivou države jer je situacija u zemlji sa tri dominantna operatera takva da se svaki operater fokusira na područje gdje su njegovi korisnici, a ostala područja pokriva mobilnom mrežom radi regulative u BiH.

Analizirajući prednosti, primjećujemo da će 5G omogućiti brži pristup internetu sa većim brojem istovremeno povezanih korisnika. Usvajanje konvergentnih žičnih i bežičnih mreža biće olakšano, posebno omogućavanjem integracije sistema za upravljanje mrežom.

S druge strane imamo: da zbog socijalnog statusa korisnici koriste starije modele telefona koji nemaju ugrađen 5G modem, pa neće moći da koriste mrežu, zatim panika korisnika zbog krize (pandemije) prisiljava potrošače da troše manje novca na nebitne proizvode i usluge, i druge socijalne strane koje usporavaju razvoj novih tehnologija, a proizilaze iz loše privrede i organizacije država u tranziciji.

Neki od praktičnih primjera privrednih oblasti kojima će koristiti 5G tehnologija su: medicina (operacija uz konsultacije ljekara na velikim udaljenostima), drumski promet (navigacija automobila), mašinstvo (održavanje videokonferencije prezentovanjem proizvoda i potraživanja stavova u procesu proizvodnje) i druge oblasti.

Peta generacija će donijeti veću brzinu, nižu latenciju i sposobnost da se međusobno konektuje mnogo više uređaja kao što su senzori i Internet stvari - Internet of Things (IoT) oprema.

8. LITERATURA

Shafique, Kinza, et al. (2020). Internet of things (IoT) for next-generation smart systems: A review of current challenges, future trends and prospects for emerging 5G-IoT scenarios. Ieee Access 8, 23022-23040.

Linguaglossa, Leonardo, et al. (2019). Survey of performance acceleration techniques for network function virtualization. Proceedings of the IEEE 107.4, 746-764.

Shafi, Mansoor, et al. (2017). 5G: A tutorial overview of standards, trials, challenges, deployment, and practice. IEEE journal on selected areas in communications 35.6, 1201-1221.

Hribar, Uroš. (2007). Razvoj mobilnih tehnologij. Izbran i vidiki: Tehnologija, marketing 5, 285-320.

Australian Mobile and Telecommunications Association (AMTA), (2019). 5G and EMF Explained. EMF Explained Series 2.0, 3-12.

Telecom Engineering Centre (TEC), New Delhi (2019). 5G-Key Capabilities&Applications. Study Paper, 3-26.

ITU, Ženeva (2018). Подготовка к внедрению 5G: возможности и проблемы. 15-23.

The Voice of 5G and LTE for the Americas (2017). 5G Network Transformation. 5G Americas. 3-38.

CARNet – HRVATSKA AKADEMSKA I ISTRAŽIVAČKA MREŽA, Zagreb (2010). Sigurnost mobilnih mreža. NCERT-PUBDOC-2010-06-303 Revizija 1.04, 5-18.

THALES, (2021). Introducing 5G technology and networks (speed, use cases and rollout): https://www.thalesgroup.com/en

Elta-kabel, (2020). Brzina, kapacitet… Razlike između 4G i 5G mreže: https://www.elta-kabel.com/

PCCHIP, (2020). Razlika između LTE, 4G i 5G: https://pcchip.hr/

PCPRESS, (2019). Sve o 5G tehnologiji: U petoj brzini!: https://pcpress.rs/

MDPI, (2018). How 5G Wireless (and Concomitant Technologies) Will Revolutionize Healthcare?: https://www.mdpi.com/.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

INTERNET OF THINGS IN WASTE MANAGEMENT SOLUTION FOR SMART CITIES

INTERNET STVARI U RJEŠENJU UPRAVLJANJA OTPADOM ZA PAMETNE GRADOVE

Aleksandar Stjepanović[a], Miroslav Kostadinović[a], Goran Kuzmić[a], Mirko Stojčić[a]

[a] University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, aleksandar.stjepanovic@sf.ues.rs.ba, miroslav.kostadinovic@sf.ues.rs.ba, goran.kuzmic@sf.ues.rs.ba, mirko.stojcic@sf.ues.rs.ba

Abstract: *A growing number of cities around the globe are testing smart waste management solutions to create higher efficiency systems with keeping their cities clean. Increasing waste generation has become a significant challenge in developing countries. Due to unprecedented population growth and urbanization various problems also occur. In this paper, an IoT-based smart waste bin monitoring waste management system is proposed. This system try to solve the problems associated with management of waste material and the IoT-based waste collection for the smart city. The proposed system is capable in the collection of waste effectively, detection of filling level of waste material. The IoT-based device performs the controlling and monitoring of the electric bins. These devices are wirelessly connected with the central hub to transmit the information about the bins filling level with the existing location.*

Key words: *Smart cities, Internet of Things, waste control system*

Apstrakt: *Sve veći broj gradova širom svijeta testira pametna rešenja za upravljanje otpadom kako bi stvorio sisteme veće efikasnosti održavajući svoje gradove čistima. Povećanje količine otpada koji se generiše postao je značajan izazov u zemljama u razvoju. Zbog neviđenog porasta stanovništva i urbanizacije takođe se javljaju različiti problemi. U ovom radu predlaže se sistem upravljanja otpadom koji prati pametne kante za otpad na osnovu IoT-a tehnologije. Ovaj sistem pokušava da riješi probleme povezane sa upravljanjem otpadnim materijalom i sakupljanjem otpada zasnovanog na IoT-u za pametni grad. Predloženi sistem je sposoban za efikasno sakupljanje otpada, otkrivanje nivoa punjenja otpadnog materijala. Uređaj zasnovan na IoT-u vrši kontrolu i nadgledanje električnih kanti. Ovi uređaji su bežično povezani sa centralnim čvorištem radi prenosa informacija o nivou punjenja kanti sa postojećom lokacijom.*

Ključne riječi: *Pametni gradovi, Internet stvari, sistem za kontrolu otpada*

1. INTRODUCTION

One of the problems of big cities is the problem of waste management and collection. To make cities greener and more efficient, new technologies such as the Internet of Things (IoT) can play an important role. The best technological solutions can be achieved in smart cities by creating different stakeholders to work together. Integration of institutions, utilities, service companies from different areas can be achieved solutions that provide a new quality of life in urban and rural areas (K. Kranthi Kumar, Dr.E. Ramaraj, Dr.P. Geetha, 2020).

Improving safety and quality of life can be achieved by connecting devices, vehicles and infrastructure across the city. Building such solutions on an open, standards-based communication platform that can be used continuously is a serious challenge. It is important to note that currently almost all applications that use the "Internet of Things" for smart waste management focus on commercial waste and municipal, public waste containers, rather than household waste (K. Kranthi Kumar at al. 2020). The traditional way of managing waste collection for these types of waste containers has been to schedule and send large trucks around the city at regular intervals. When the worker arrived at the container, it would be emptied regardless of whether the container was full or half empty. Some of the containers can be empty for a longer period of time, while on the other hand, depending on the structure and behavior of citizens, some containers fill faster than usual, which leads to excessive waste, garbage and other hazards.

Efficient waste collection is a necessary service in the application of smart cities (S.A. Mahajan, Akshay Kokane, Apoorva Shewale, Mrunaya Shinde , Shivani Ingale, 2017). The use of new technology can lead to significant improvements in the waste management process. The paper proposes the architecture of an IoT - based system that targets two elements. The first is to monitor the amount and content of waste in garbage containers, as well as the environment of the containers.

The second involves the dynamic scheduling and routing of waste collection vehicles based on information transmitted from the container. The design of the garbage container detects all obstacles around the container and monitors illegal disposal near the container. The routing protocol provides an optimal solution for collecting waste from filled containers in high-density housing estates while reducing travel length (Sapna Suryawanshi, Rohini Bhuse, Megha Gite, Dhanashri Hande, 2018). The combined improvement of these elements will result in increased waste collection efficiency, reduction and emission of harmful exhaust gases.

2. METHODS

For the realization of the container, modern technologies based on the Arduino Uno microcontroller device equipped with a module for WiFi communication were used. The principle of container filling measurement is based on non-contact measurement based on ultrasonic sensor HC-SR04 which has the ability to measure distances in the range from 2cm to 400cm with an accuracy of 0.3cm and active coverage angle less than 150. The sensor works on the principle of 40.000Hz ultrasonic signal which returns to the sensor after reflection from the object. By calculating the duration of the return pulse, the required distance is obtained. Figure 1 shows the appearance of the signals emitted by the ultrasonic sensor.

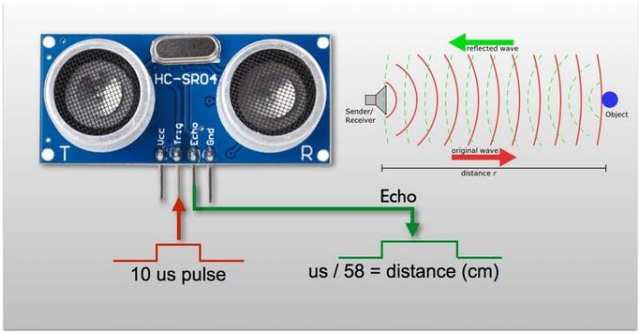


Figure 1. Ultrasonic sensor HC-SR04 distance measure (https://github.com/gamegine/HCSR04-ultrasonic-sensor-lib)

The system consists of an ultrasonic sensor-detector of container filling, based on wireless WiFi or LTE technology for communication with the control center. The control center is equipped with an application based on Googlemaps technology where a detailed display of all associated containers is performed (Alexey Medvedev at al., 2015).

Each of the containers is via a wireless connection in communication with the central application. The application monitors and signals-warns when the container is critically full. Based on the position of the container, the calculation of the optimal path of the vehicle for garbage collection and collection is performed, and an order is given for the movement along the precisely determined path. Figure 2 shows the architecture of the proposed system.

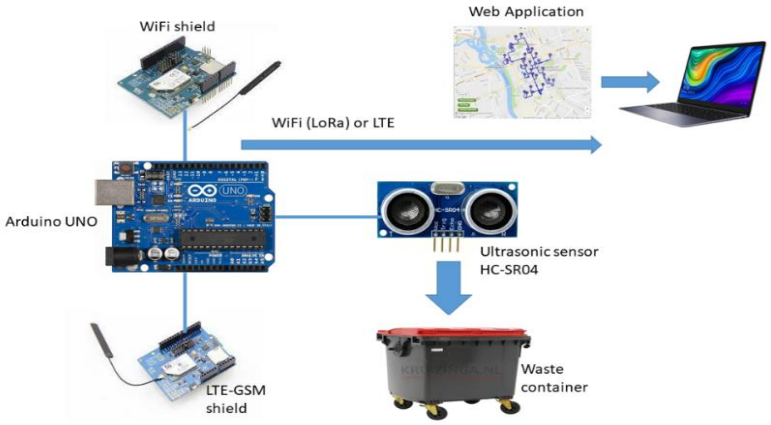


Figure 2. System for smart waste management

The web application installed in the control center is in charge of monitoring the state of the container filling. The application has the task of constantly monitoring the state of charge and timely alarm of garbage collection vehicles. Based on the position of the container, the optimal route of the vehicle is calculated in order to reduce transport costs to a minimum.

By systematically monitoring the situation on the ground, the garbage collection service provider has the opportunity to adjust the number of required containers depending on the needs of individual locations (Mohammad Aazam at al., 2016). This achieves significant savings in time and material resources.

3. RESULTS

The basic principle of operation of the system for monitoring and controlling the filling of garbage containers is based on constant, constant measurement of the filling level of the container. The measurement is based on ultrasonic sensors that communicate with the central control system via a wireless network (WiFi or mobile network).

Based on the obtained data, the operator performs planning and, in cooperation with the application for the calculation of optimal paths (based on artificial neural networks), proposes the optimal path for sending vehicles (Zhanna Mingaleva at al., 2019). Based on the data obtained from the center, the vehicle travels around the containers according to a predetermined path. Figure 3 shows an example of the layout of garbage containers in the city of Doboj, and a proposed route for their tour.

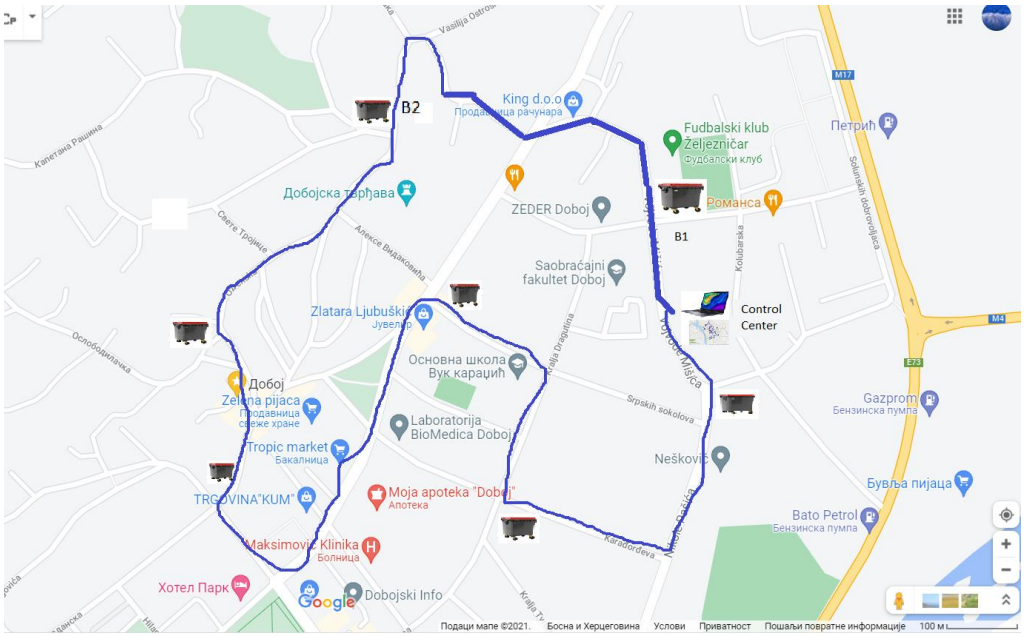


Figure 3. Waste management system in City of Doboj

Fuel consumption, the shortest route or possibly the fastest route can be used as parameters for calculating the optimal route, depending on the given circumstances.

4. DISCUSSION

The paper analyzes the possibility of applying modern wireless technologies in solving the problem of monitoring and control of garbage containers. The proposed system uses modern wireless technologies based on IoT and microcontroller devices based on Arduino Uno microcontroller board. Ultrasonic sensors that are an integral part of the system installed in the container were used to monitor the level of the container.

Data on the state of filling of the container is sent to the monitoring center where the decision on future steps is made. The application in the central monitoring system monitors the situation on the ground and on the basis of input data obtained from the field calculates the optimal route of the vehicle that will go around and empty the filled garbage containers. The system is especially effective in densely populated urban areas where there is a high intensity of population movement.

5. CONCLUSION

Modern cities require continuous monitoring of the state of filling of garbage containers. In order to avoid potential problems related to the timely removal of garbage from filled or overfilled containers, it is necessary to implement a system for active monitoring, supervision and sending information on the condition of garbage containers. In addition to the fact that such systems warn in time about the critical condition of the container, already installed applications based on modern artificial neural networks, suggest an optimal path for the vehicle that is in the service of garbage collection. Such systems prevent the unauthorized accumulation of garbage, and on the other hand save fuel and time due to the selection of the optimal route for the tour. The mentioned systems represent only one segment in the realization of "smart cities".

6. REFERENCES

Alexey Medvedev, Petr Fedchenkov, Arkady Zaslavsky, Theodoros Anagnostopoulos, Sergey Khoruzhnikov (2015). Waste Management as an IoT-Enabled Service in Smart Cities. Conference on Internet of Things and Smart Spaces International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking, SMART 2015, NEW2AN 2015: pp 104-115.

K. Kranthi Kumar, Dr.E. Ramaraj, Dr.P. Geetha. (2020). IoT based trash collection bin using Arduinouno. Journal of Critical Reviews, ol 7, Issue 4, 2020. SSN- 2394-512.

Mohammad Aazam; Marc St-Hilaire; Chung-Horng Lung, Ioannis Lambadaris (2016). Cloud-based smart waste management for smart cities. 2016 IEEE 21st International Workshop on Computer Aided Modelling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD), ISSN: 2378-4873.

S.A. Mahajan, Akshay Kokane, Apoorva Shewale, Mrunaya Shinde , Shivani Ingale (2017). Smart Waste Management System using IoT. International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), Vol-4, Issue-4, Apr-2017. https://dx.doi.org/10.22161/ijaers-.4.4.12 ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O)

Sapna Suryawanshi, Rohini Bhuse, Megha Gite, Dhanashri Hande (2018). Waste Management System Based On IoT. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 05 Issue: 03 | Mar-2018, e-ISSN: 2395-0056.

Zhanna Mingaleva, Natalia Vukovic, Irina Volkova, Tatiana Salimova (2019). Waste Management in Green and Smart Cities: A Case Study of Russia. MDPI, Sustainability 2020.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

SIMULATION OF ALOHA IDENTIFICATION PROTOCOL IN RFID ENVIRONMENT

SIMULACIJA IDENTIFIKACIONOG PROTOKOLA ALOHA U RFID OKRUŽENJU

Jovanović Žarko[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, jovanoviczarko@live.com*

Abstract: *An identification protocol is a set of rules that is needed to communicate between two or more devices. In this case, they are an RFID reader and RF tag. In RFID technology, there are many types of protocols for communication and identification between tags and readers, but the ALOHA identification protocol with its variants will be described here. Use of the ALOHA protocol enables bandwidth expansion when communicating and transmitting information between RFID readers and RF tags that are integrated into the RFID system. The basic division of the ALOHA protocol is into pure Aloha protocol and sloted Aloha protocol. In the MATLAB software package and its add-ons will simulate the transmission of information in the RFID protocol through both variants of the Aloha protocol in order to better understand how it works and communicates between the RFID reader and the RFID tag.*

Key words: *RFID Aloha protocol, Pure Aloha, Sloted Aloha, MATLAB, Simulation*

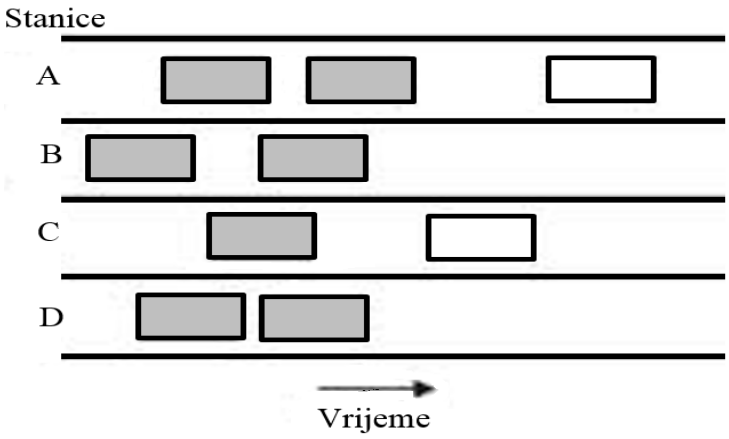
Apstrakt: *Pod pojmom identifikacionog protokola smatra se skup pravila koji je potreban da se ostvari komunikacija između dva ili više uređaja. U ovom slučaju to su RFID čitač i RF oznaka. U RFID tehnologiji postoji mnogo vrsta protokola za komunikaciju i identifikaciju između oznaka i čitača, ali ovdje će biti opisan ALOHA identifikacioni protokol sa svojim varijantama. Korištenje ALOHA protokola omogućava proširenje propusog opsega prilikom komunikacije i prenosa informacija između RFID čitača i većeg broja oznaka (tagova) koji su integrisani u RFID sistem. Osnovna podjela ALOHA protokola je na čisti(pure) Aloha protokol i prorezani(sloted) Aloha protokol. Kroz programski paket MATLAB i njegove dodatke simulirati će se prenos informacija u RFID protokolu kroz obije varijante Aloha protokola sa ciljem boljeg razumjevanja načina funkcionisanja i komunikacije između RFID čitača i RFID taga.*

Ključne riječi: *RFID, Aloha protokol, Čista Aloha, Sloted Aloha MATLAB, Simulacija*

1. UVOD

Pod pojmom identifikacionog protokola smatra se skup pravila koji je potreban da se ostvari komunikacija između dva ili više uređaja. U ovom slučaju to su RFID čitač i RF oznake (tag). U RFID tehnologiji postoji mnogo vrsta protokola za komunikaciju i identifikaciju između tagova i čitača, ali u ovom radu će biti opisan samo Aloha protokol sa svojim osnovnim varijantama. Cilj eksperimetalnog istraživanja je da prikaže dosadašnja teorijska dostignuća u razvoju ove vrste protokola i kao i simulacijski prikažu prenosni i propusni kapaciteti odabranih varIjanti ovog protokola. Osnovni ALOHA protokol patentovan je od strane Normana Abramsona sa Havajskog univerziteta sedamdesetih godina i predstavlja elegantnu metodu za rješavanje problema pristupanja kanalu. Iako je u originalnom protokolu korišćeno radiodifuzno emitovanje, osnovna ideja je primjenljiva na sve vidove radio komunikacija kod kojiih se pristupa zajedničkom kanalu pa tako postoji mogućnost upotrebe ove vrste protokola u RFID okruženju. (https://www.docsity.com/sr/podsloj-za-upravljanje-pristupom-medijumima-slajdovi-racunarske-mreze-i-mrezne-tehnologije-informatika/367359/ 16.06.2021)

Osnovna ideja ALOHA protokola je veoma jednostavna: dozvoliti korisnicima da emituju uvek kada imaju spremne podatke za slanje. Pošiljalac uvjek može da zaključi da li je emitovanje bilo uspešno ako osluškuje kanal. Ako je emitovanje neuspešno, slanje se ponavlja se sve do upješnog ishoda. Na slici 1. je prikazano generisanje okvira za prenos podatka u čistom ALOHA sistemu. Kada god dva korisnika pokušavaju da zauzmu kanal u istom trenutku, okviri se oštećuju. Čak iako se samo par bitova preklopi, nastaje kolizija.



Slika 1. Generisanje okvira u čistom (pure) ALOHA sistemu

Jedinično vrijeme prenosa okvira sa podacima definiše se kao vrijeme potrebno da se pošalje standardni okvir fiksne dužine. Pretpostavka je da beskonačni broj korisnika generiše nove okvire sledeći Poasonovu distribuciju sa N proizvedenih podataka tokom vremena potrebnog za prenos jednog podatka . Ako je N>1 korisnici generišu podatke brže nego što sistem može da ih obradi i često dolazi do sudara. Preporuka je, svakako, 0<N<1.

Osim novih okvira, oznake ponovo emituju i okvire kji sadrže podatke koji su se prethodno sudarili, što daje ukupno stanje G svih okvira tokom vremena potrebnog za prenos jednog okvira fiksne dužine (G>=N). Pri niskom opterećenju je G≈N. Pri visokom opterećenju biće G>>N. Protok podataka S dobija se kao proizvod opterećenja G i vjerovatnoće uspešnosti slanja P_0 (vjerovatnoća da se okvir na putu neće sudariti):

$$S = G \times P_o \tag{1}$$

dok se ukupni protok podataka dobija kao:

$$S = G_e^{-2G} \tag{2}$$

Gdje su:

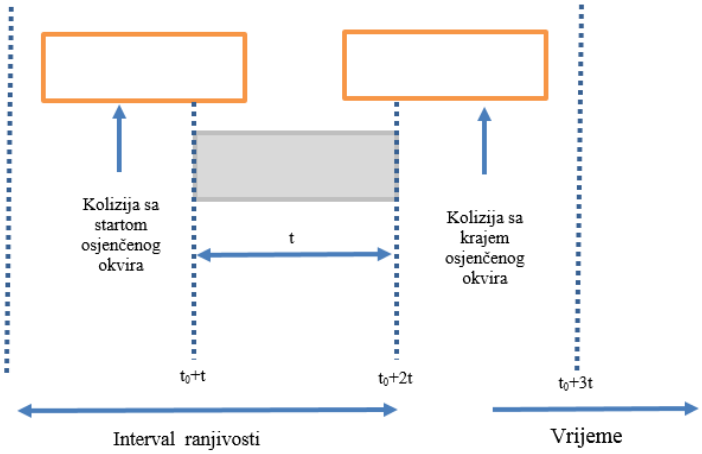
N – broj generisanih okvira za slanje

G – opterećenje kanala, broj svih emitovanih okvira tokom vremena potrebnog za potpuni prenos jednog okvira (G>=N)

S – Protok podataka

P_o – vjerovatnoća da se okvir na putu neće sudariti

Kod čiste ALOHA-e maksimalni protok je omogućen pri G=0.5, uz S=0.5e, što iznosi oko 0.184, tj oko 18%. Okvir se neće sudariti ako se ne nalazi u intervalu ranjivosti prikazanom na slici 2., a čija je dužina 2t, gde je t jedinično vrijeme prenosa okvira.

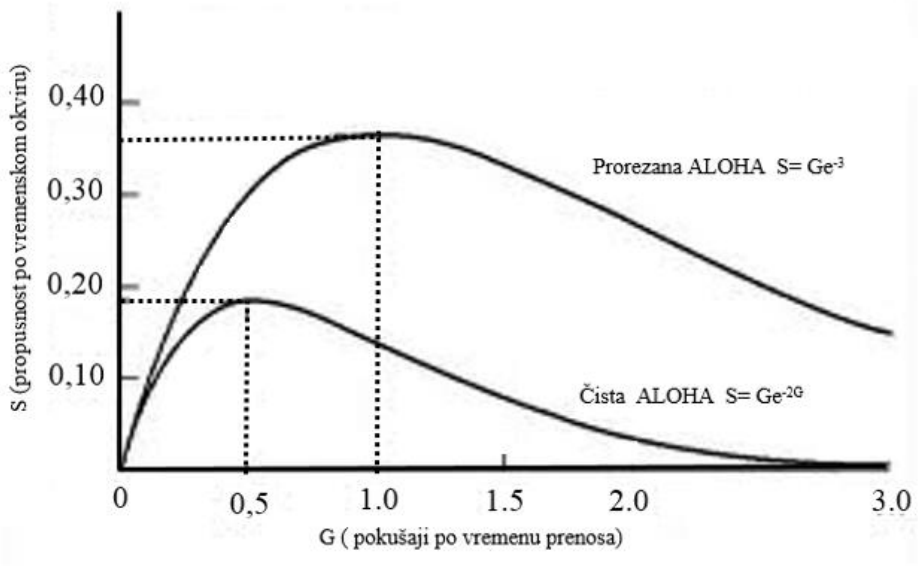


Slika 2. Interval ranjivosti

Godine 1972. Roberts Lawrence je objavio metodu dupliranja kapaciteta ALOHA sistema uvođenjem podjele vremena na intervale konačne dužine i da svaki interval odgovara vremenu prenosa jednog podatka. Jedan od načina da se to postigne bio bi da posebna stanica emituje odgovarajući signal na početku svakog podatka. Na ovaj način je period ranjivosti smanjen sa 2t na t, tako da sada protok iznosi:

$$S = Ge^{-2G} \tag{3}$$

Ovaj protokol dostiže maksimum na G=1, uz protok podataka 0.368 okvira po vremenu t, tj. oko 37%.



Slika 3. Vremenska raspodjela ALOHA protokola

Kroz uvodna teorijska razmatranja i opisane tehničke aspekte ALOHA protokola prikazaće se teorijska istraživanja o principima funkcionisanja pomenutih vrsta indentifikacionih protokola, kao i o ograničenjima koji utiču na njihovu efikasnost. Kroz eksperimentalni dio biće izvršeno više simulacionih procesa u programskom paketu MATLAB i iz njih će se izvesti zaključna razmatranja i diskutovati dobijeni rezultati.

2. TEHNIČKI ASPEKTI ALOHA PROTOKOLA

Čitači RFID-a imaju za cilj brzo prepoznavanje RF oznaka. Ključno ograničenje je, međutim, da se oznaka može čitati samo jedna po jedna. Tako u varijantama sa više RFID oznaka, kao na primjer veliki broj označenih predmeta na paleti, čitanje postaje problematično kada više oznaka istovremeno reaguje jer se njihovi odgovarajući signali međusobno sudaraju i oštećuju.

Čitači RFID moraju pokrenuti protokol za sprečavanje sudara kako bi arbitrirali odgovore oznaka tako da dožive minimalnu ili nikakvu koliziju i tako postignu brzu i tačnu identifikaciju.

Nažalost, protokoli protiv kolizije suočavaju se sa ključnim izazovom. Odnosno, nisu svjesni identiteta (ID) ili broja oznaka u zoni ispitivanja čitaoca. Ako su ove informacije dostupne, onda protokol za sprečavanje sudara može lako uputiti zahtjev svakoj oznaci da prenose informaciju u vremenu koje se ne preklapa sa prenosom drugih oznaka. (Klair, D.K. i Chin, K.-W. 2008)

Ako postoje dvije oznake sa ID X i Y, protokol za sprečavanje sudara može obavjestiti tagove da se prenose u trenutku t_1, gde se t_2 javlja odmah nakon što čitač potvrdi da je primio prenos X oznake. Međutim, u praksi su obije ove informacije nepoznate i kao rezultat toga, protokoli protiv sudara imaju poteškoća da osiguraju da odgovori od oznaka budu bez sudara.

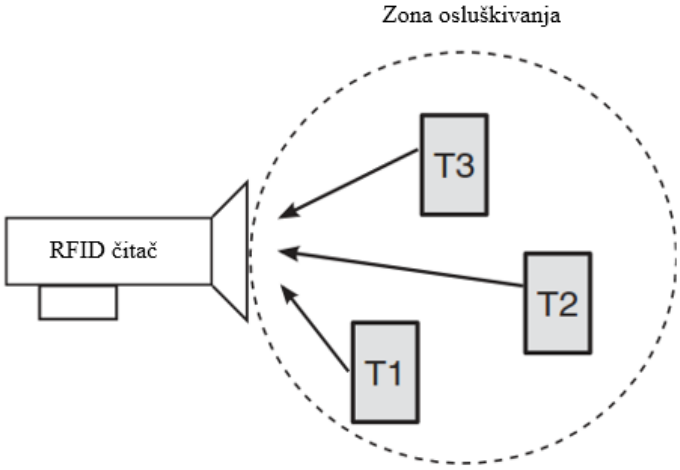
Sama funkcija protokola protiv sudara treba da osigura da su odgovori oznaka uzastopni kako bi se maksimizirala stopa čitanja kao i da omogući da čitač ne čeka besposleno na odgovore neočitanih RFID oznaka. U suprotnom, proces čitanja doživjeće produžena kašnjenja u identifikaciji, a takođe i gubitak energije i širine propusnog opsega.

Tabela 1. Poređenje ALOHA protokola

Vrsta protokola	Čisti Aloha protokol (PA)	Prorezani Aloha protokol (SA)
Prednosti protokola za zaštitu od kolizije	Informacija sa RFID oznake se prenose ka čitaču nakon nasumično odabranog vremenskog intervala U slučaju kolizije RFID oznake će ponovo poslati informaciju sa nasumičnim kašnjenjem.	Informacija sa RFID oznake se prenose ka čitaču u vremenski sinhronizovanim prorezima (slotovima) U slučaju kolizije RFID oznake će ponovo poslati informaciju sa nasumičnim kašnjenjem..
Mane protokola	U okruženjima gdje postoji velika gustina RFID oznaka broj kolizija značajno raste	U okruženjima gdje postoji velika gustina RFID oznaka broj kolizija značajno raste, Neophodna je vremenska sinhronizacija između RF čitača i RFID oznaka
Način pobude očitavanja	TTF tags-talk-first (pobudni signal inicira RFID oznaka)	RTF reader-talks-first (pobudni signal inicira RFID čitač)
Troškovi implementacije	Veoma niski	Niski
Kompleksnost sistema	Veoma jednostavan	Jednostavan

2.1. Čisti ALOHA protokol

Na slici 4 prikazane su tri oznake u zoni osluškivanja čitača. Svaka od oznaka je u režimu rada da reaguje nasumično nakon što primi zahtjev za očitavanje od čitača. Ako čitač uspešno primi odgovor na oznaku, on šalje potvrdu (ACK). S druge strane, ako dođe do sudara, čitač emituje negativni ACK (NACK), što dovodi do toga da oznaka ponovo prenosi svoj ID nakon nasumičnog kašnjenja. RFID sistemi zasnovani na čistom Aloha protokolu međutim, pate od dobro poznatog problema djelimičnog sudara koji ograničava njihov protok na 18% (Schwartz, M. 1988)



Slika 4. Interakcija RF čitača sa oznakama

2.2. Prorezani (slotted) ALOHA protokol

Glavni problem koji ograničava brzinu očitavanja sistema čiste Aloha su djelimični sudari. Da bi prevazišli ovaj osnovni problem, RFID sistemi mogu da koriste protokol prorezane Aloha-e, koje imaju maksimalnu propusnu moć od oko 36% (Schwartz, M. 1988) što je duplo više nego kod čiste Alohe. Umjesto da šalju odgovore u neprekidnom vremenskom slijedu, RFID oznakama je sada potrebno da odgovore po unaprijed definisanim slotovima. To znači da su RF čitač i oznake čvrsto sinhronizovani i da oznake mogu da se očitaju samo na početku slota. Ako dođe do sudara, oznake u režimu čekanja propuštaju slučajan (random) broj slotova prije ponovnog prenosa. Ključni dobitak u performansama koji je postigla prorezana (slotted) Aloha rezultat je činjenica da se sudari mogu desiti samo na početku svakog slota, za razliku od bilo kog trenutka kod protokola čiste Alohe. (Schwartz, M. 1988).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Tokom razrade rada, opisana su dvije osnovne varijante ALOHA protokola,

- Čisti (pure) ALOHA protokol
- Prorezani (sloted) ALOHA protokol

Takođe, eksperimentalno je uz pomoć softervskog paketa MATLAB izvršeno sledeće:

- Poređenje efikasnosti čistog ALOHA protokola i ALOHA protokola sa prorezima
- Grafički prikazana efikasnost poređenih protokola u MATLAB –u

3.1. Simulacija propusnog opsega čistog (pure) ALOHA-a protokola u MATLAB-u

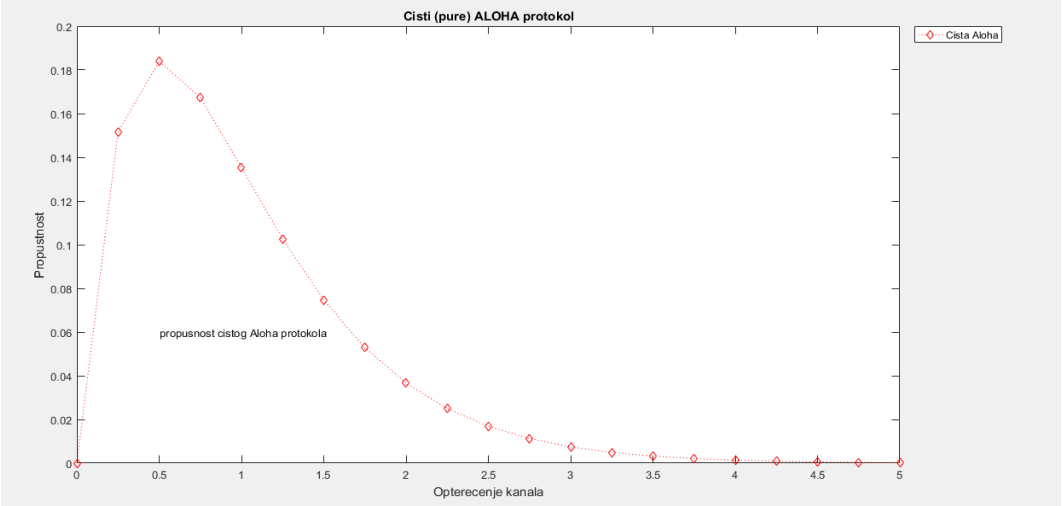
Na osnovu dostupnih teoretskih i simulacijskih istraživanja u programskom paketu MATLAB izrađena je funkcija propunog opsega čistog ALOHA protokola iz kojeg se vidi maksimalna propusna moć u toku jednog vremenskog intervala.

Izvorni kod u MATLABU glasi:

```
% Kriva propusnosti kod cistog (Pure) Aloha protokola

G=0:0.25:5;
S=G.*exp(-2*G);
plot(G,S,'rd:');
title('Cisti (pure) ALOHA protokol');
xlabel('Opterecenje kanala');
ylabel('Propustnost');
text(.5,.06,'propusnost cistog Aloha protokola');
legend('Cista Aloha','Location','NorthEastOutside');
```

Slika 5. Izvorni kod simulacije čistog ALOHA protokola



Slika 6. Grafik propusnosti čistog ALOHA protokola

3.2. Simulacija propusnog opsega prorezanog (slotted) ALOHA-a protokola u MATLAB-u

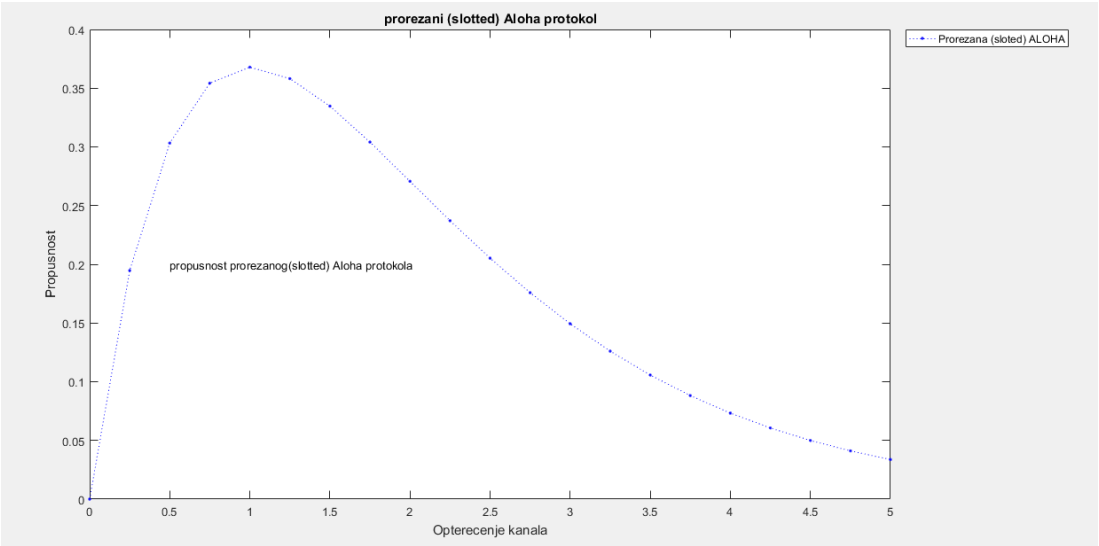
Takođe u programskom paketu MATLAB izrađena je funkcija koja simulira propunsi opseg prorezanog (slotted) ALOHA protokola iz kojeg se vidi maksimalna propusna moć u toku posmatranaog vremenskog intervala.

Izvorni kod u MATLABU glasi:

```
% Kriva propusnosti kod cprorezanog (Slotted) Aloha protokola

G=0:0.25:5
S=G.*exp(-G);
plot(G,S,'b.:');
title('prorezani (slotted) Aloha protokol');
xlabel('Opterecenje kanala');
ylabel('Propusnost');
text(.5,.2,'propusnost prorezanog(slotted) Aloha protokola');
legend('Prorezana (sloted) ALOHA','Location','NorthEastoutside');
```

Slika 7. Izvorni kod simulacije prorezanog ALOHA protokola



Slika 8. grafik propusnosti prorezanog ALOHA protokola

3.3. Simulacija propusnosti ALOHA protokola u MATLABU

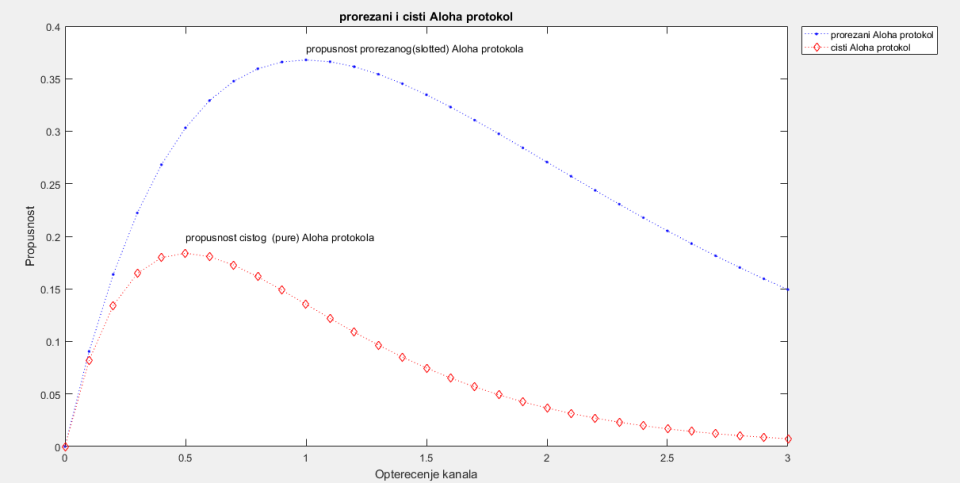
Da bi što realnije prikazali propusne opsege čistog i prorezanog ALOHA protokola u programskom paketu MATLAB biće izvršeno nekoliko serija paralelnih simulacijskih procesa prilikom kojih će doći do postepenog povećanja opterećenja kanala (ΔG) kao i maksimalnog opterećenja kanala za prenos (G_{max}) za obije posmatrane varijante ALOHA protokola. Na slici 9. prikazan je izvorni kod simulacijskog procesa u MATLAB-u koji će kao rezultat na zajedničkom grafikonu paralelno prikazati krivu propusnosti za posmatrane varijante ALOHA protokola .

```
%Kriva propusnosti kod prorezanog  čistog(Pure) i (Slotted) Aloha protokola
G=0:0.25:5;
S=G.*exp(-G);
plot( G ,S ,'b.:');
title('prorezani i cisti Aloha protokol');
xlabel('Opterecenje kanala');
ylabel('Propusnost');
text(1,.38,'propusnost prorezanog(slotted) Aloha protokola');
hold on;
S1=G.*exp(-2*G);
plot( G ,S1 ,'rd:');
text(.5,.2,'propusnost cistog  (pure) Aloha protokola');
legend('prorezani Aloha protokol' ,'cisti Aloha protokol','Location','NorthEastOutside');
```

Slika 9. Izvorni kod paralelne simulacije propusnosti čistog i prorezanog ALOHA protokola

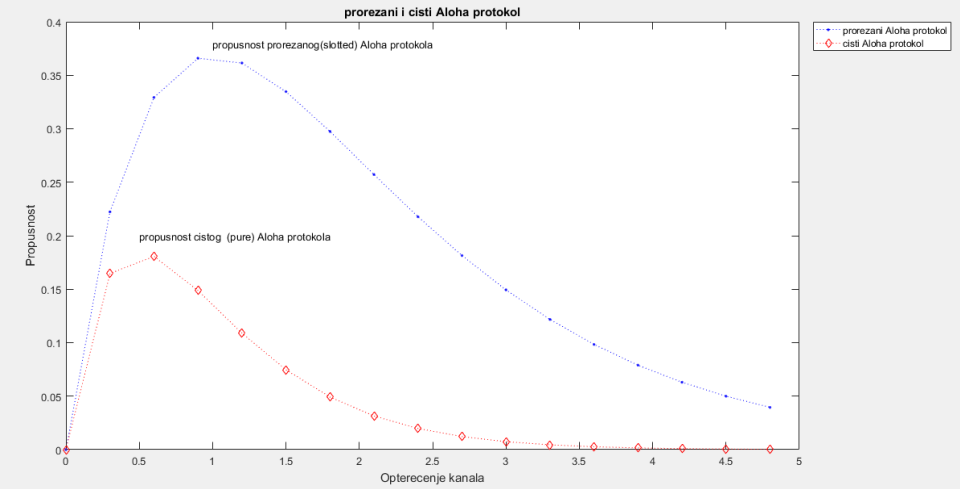
Na osnovu ulaznih podataka za potrebe simulacije u MATLAB -u na nekoliko sledećih grafikona prikazujemo propusnost kanala za različite vrijednosi ΔG i G_{max}.

Na slici 10 prikazan je grafikon sa sledećim ulaznim podacima ΔG=0,1 i G_{max}=3.



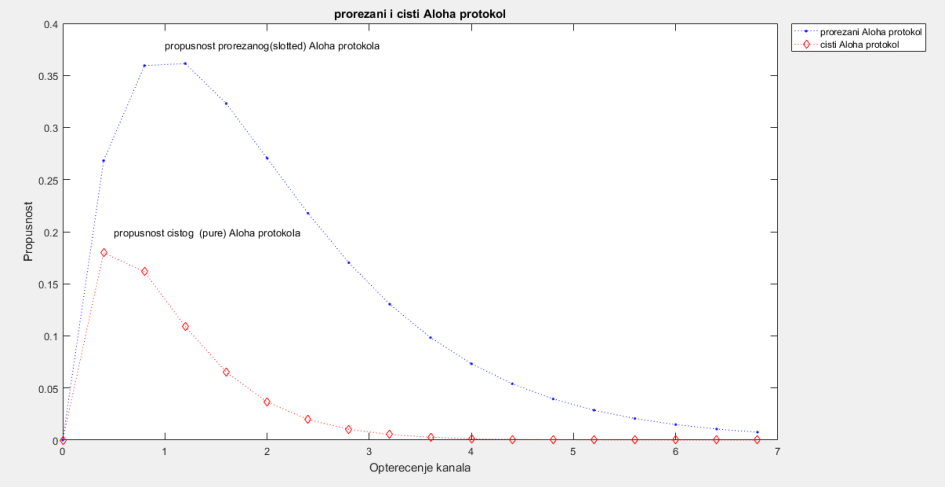
Slika 10. Simulacija propustljivosti kanala sa ulaznim podacima ΔG=0,1 i G_{max}=3.

Slika 11 prikazuje grafikon sa sledećim ulaznim podacima ΔG=0,3 i G_{max}=5. Opterećenje kanala počinje iz 0 i korakom 0,3 postepeno se povećava broj okvira potrebnih za prenos dok opterećenje ne dostigne maksimalnu vrijednost 5.



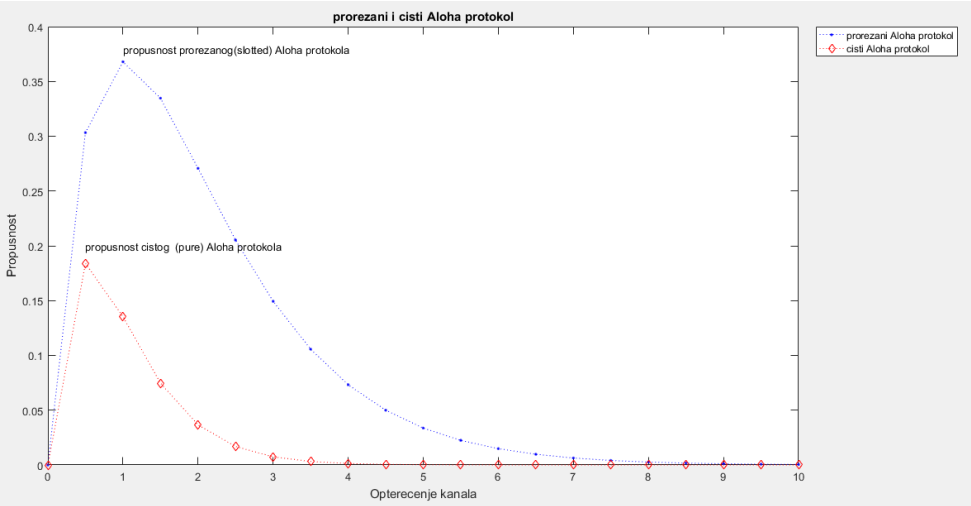
Slika 11. Simulacija propustljivosti kanala sa ulaznim podacima ΔG=0,3 i G_{max}=5.

Na slici 12 analogno prethodnim simulacijama nastavljamo sa grafičkim prikazom simulacije opterećenja kanala sa ulaznim podacima ΔG=0,4 i G_{max}=7. Opterećenje kanala počinje iz 0 i korakom 0,4 postepeno se povećava broj okvira potrebnih za prenos dok opterećenje ne dostigne maksimalnu vrijednost 7.



Slika 12. Simulacija propustljivosti kanala sa ulaznim podacima ΔG=0,4 i G_{max}=7.

Poslednja u nizu simulacija predstavlja opterećenja kanala sa ulaznim podacima $\Delta G=0,5$ i $G_{max}=10$. Opterećenje kanala počinje iz 0 i korakom 0,5 postepeno se povećava broj okvira potrebnih za prenos dok opterećenje ne dostigne maksimalnu vrijednost 10.



Slika 13. Simulacija propustljivosti kanala sa ulaznim podacima $\Delta G=0,5$ i $G_{max}=10$.

Kao što prikazano na gornjim slikama propusnosti čistog ALOHA protokola i ALOHA protokola sa prorezima su različita za različite vrednosti G i pokazuju različitu krivu za različite maksimalne propusnosti S_{max}.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Ubrzanim razvojem RFID-a i sve većom upotrebom ove tehnologije u skladišnoj logistici, sistemima bezbjednosti, lancima snabdjevanja, IoT i sl., RFID postaje sve prisutniji u širokoj primjeni i omogućava ubrzani razvoj novih tehničkih sistema. Ova tehnologija je interesantna za implementaciju zbog svoje isplativosti, visokih stopa čitljivosti, pobojšanja automatske identifikacije i što je najvažnije zbog svoje glavne prednosti u odnosu na druge tehnologije a to je visoka energetska efikasnost (Cmijanić i dr. 2018).

S obzirom na to da se u lokalnim okruženjima povećao broj oznaka, sistemi se suočavaju sa najvažnijim izazovima ove tehnologije, da se pokuša pronaći adekvatno tehničko rješenje koje će omogućiti nesmetano očitavanje oznaka i minimizirati broj kolizija (sudara) prilikom očitavanja RF oznaka od strane RF čitača. Da bi se izbjegle kolizije posebna pažnja je usmjerena na razvoje protokola protiv sudara. U ovom radu predstavljene su osnovne verzije ALOHA protokola jer ova vrsta protokola je prisutna u sistemima gdje je aspekt stavljen na jednostavnost i smanjena potrošnja energije.

Čisti (pure) ALOHA protokol je najjednostavniji identifikacioni protokol kod kojeg se informacija sa RFID oznake prenose ka čitaču nakon nasumično odabranog vremenskog intervala. Ovakav protokol je veoma jednostavan i troškovi njegove implemetacije su veoma niski. Sa tehničkog aspekta, protokol funkcioniše tako da u slučaju kolizije prilikom pokušaja prenosa informacije, RFID oznake će ponovo poslati informaciju sa nasumičnim kašnjenjem. Kao što smo tokom simulacije propusnosti RFID sistema vidjeli, mane ovog protokola se manifestuju u okruženjima gdje postoji velika gustina RFID oznaka jer broj kolizija (sudara) značajno raste.

Prednosti prorezanog ALOHA protokola takođe se ogledaju u njegovoj jednostavnosti i niskim troškovima implemetacije što predstavlja mogućnost primjene u raznim tehničkim sistemima. Kod ovog protokola se informacija sa RFID oznake se prenose ka čitaču u vremenski sinhronizovanim prorezima (slotovima). Kao i kod čistog ALOHA protokola, slučaju kolizije RFID oznake će ponovo poslati informaciju sa nasumičnim kašnjenjem. Simulacijom propusnosti ovog protokola vidjeli smo da je i ovaj protokol ranjiv kada se u okruženju RFID čitača nalazi veliki broj RF oznaka i da tada dolazi do povećanja broja. Sa tehnološkog aspekta, kod ovog protokola neophodna je vremenska sinhronizacija između RF čitača i RFID oznaka da bi se mogli sinhronizovati vremeski prorezi (slotovi).

Opisani osnovni protokoli protiv sudara adekvatni su za primjenu u jednostavnijim tehničkim sistemima, dok se za kompleksne sisteme, gdje je potrebno da se u veoma kratkim vremenskim intervalima izvrši komunikacija između RFID čitača i veoma velikog broja RFID oznaka koriste se napredniji hibridni protokoli zasnovani na principima rada čistog i prorezanog ALOHA protokola koji zahtjevaju dosta veće troškove implemetacije i u mnogome povećavaju kompleksnosti sistema a samim time i smanjuju energetsku efikasnost sistema.

5. LITERATURA

Bolic M., Simplot-Ryl D., Stojmenovic I. - RFID Systems_ Research Trends and Challenges-John Wiley & Sons (2010) izdanje 1

Cmiljanic N., Landaluce H. i Perallos A. A Comparison of RFID Anti-Collision Protocols for Tag Identification Journal of Applied Science 2018

Floerkemeier, C. and Wille, M. Comparison of transmission schemes for framed ALOHA based RFID protocols, na Proceedings of the International Symposium on Applications on Internet Workshops.

Klair, D.K. i Chin, K.W. Anti-collision protocol for energy efficient identification and monitoring in RFID-Enhanced WSNs, in IEEE ICCCN , St Thomas, US Virgin Islands, USA. 2008

Klair, D.K, Chin, K.-W., and Raad, R. (2009) On the energy consumption of pure and slotted Aloha based RFID anti-collision protocols. Computer Communications, str. 961–973.

Peng, Q., Zhang, M., and Wu, W. Variant enhanced dynamic frame slotted Aloha algorithm for fast object identification in RFID system, in The IEEE International Workshop on Anti-Counterfeiting, Security and Identification, China. (2007)

Rivera, A., Klair, D., and Chin, K.-W. (2009) A simulation study on the energy efficiency of pure

AJD slotted Aloha based RFID tag reading protocols, The 6th IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, USA.

Schwartz, M. Telecommunication Networks Protocols, Modeling and Analysis Addison Wesley New York 1988

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

THE APPLICATION OF CONSOLIDATION CENTERS TO POSTAL SERVICES OPERATIONS

PRIMENA KONSOLIDACIONIH CENTARA U FUNKCIJI POŠTANSKOG SAOBRAĆAJA

Biljana Grgurović[a], Stevan Veličković[b]

[a] *Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Dpt. School of Information and Communication Technologies, Zdravka Celara 16, Belgrade, 11000, Serbia, biljana.grgurovic@ict.edu.rs, stevan.velickovic@ict.edu.rs*

Abtract: *Customers' approach to goods and services has changed with time, and with those changes, the organization of the operations of postal/logistics/transportation companies drastically changed, too. As the population in urban areas increased, e-commerce developed, the number of e-commerce platforms rose, so rose the expectations of customers to receive what they want, when, where, and how they want it. Instead of bulk deliveries to shopping malls or retail stores concentrated in certain urban zones, the practice now encompasses a large number of smaller deliveries to various locations that call for different routes. The downward mileage trend for large deliveries is bound to continue, while the mileage for small deliveries is predicted to abruptly rise. Many companies will have to reexamine and redefine their transportation logistics, since transportation in cities is becoming increasingly difficult, and in certain cases, impossible.*

The purpose of the paper is to show that the demands that postal operators face, especially those that operate in the above-described environment, can be satisfied with a wide choice of consolidator locations, i.e., consolidation centers. The paper will present suggestions for overcoming the problems related to the optimization of the delivery process, easier access to a higher number of individual customers, as well as ensuring access to office spaces in urban zones where it is currently difficult or too costly.

Key words: *location, delivery, postal operators*

Apstrakt: *Način na koji kupci pristupaju robi i uslugama menjala se tokom vremena, a sa tim promenama drastično se menjala i organizacija rada poštanskih/logističkih/transportnih preduzeća. S porastom broja stanovnika u gradskim sredinama, razvojem e-trgovine, povećanjem broja platformi namenjenih e-trgovini, povećavalo se i očekivanje kupaca da dobiju ono što žele, kada, gde i kako to žele. Umesto dostave velike količine robe u tržne centre ili maloprodajne objekte koncentrisane u određene gradske zone, obrazac je promenjen na veliki broj količinski malih dostava na različite lokacije do kojih se stiže različitim relacijama. Trend pada pređenih km zbog dostave veće količine robe će se nastaviti, dok će trend pređenih km zbog dostave male količine robe naglo rasti. Mnogobrojne kompanije će morati da preispitaju i redefinišu transportnu logistiku pošto im je prevoz u gradovima veoma otežan, a u pojedinim slučajevima i onemogućen.*

Cilj rada je da pokaže kako zahtevi postavljeni pred poštanske operatore, koji posluju u opisanom okruženju, mogu biti zadovoljeni zahvaljujući dobrom izboru lokacije konsolidatora, odnosno konsolidacionih centara. U radu će biti dati predlozi za prevazilaženje problema vezanih za optimizaciju procesa uručenja, lakši pristup većem broju pojedinačnih korisnika, ali i obezbeđenja pristupa poslovnom prostoru u užim gradskim zonama gde je to teško izvodljivo ili suviše skupo.

Ključne riječi: *lokacija, dostava, poštanski operatori*

1. UVOD

Poznato je da kurirske usluge osim što u sebi integrišu četiri vrste usluga (usluge komunikacija, usluge oglašavanja, usluge transporta zajedno sa ostalim logističkim procesima, finansijske usluge) imaju i neke specifičnosti po kojima se razlikuju. Operatori poštanskih usluga kao dodatak osnovnoj usluzi nude, na primer, određeno vreme uručenja sa tačnošću do sat vremena, garanciju povrata novca, prijem i dostavu po sistemu od vrata do vrata, mogućnost praćenja pošiljke...(Milutinović i dr., 2016).

U vreme intenzivne konkurencije kompanije su na ovaj način poboljšavale konkurentnost što, ne samo da je donosilo korist samim kompanijama, već je imalo i direktan uticaj na konkurentnost sektora (industrije) u celini. Ako konkurentnost definišemo kao sposobnost operatori da profitabilno stekne i održi tržišni udeo, onda je jasna i njegova potreba da se prilagodi i transformiše kao odgovor na promenljive tržišne uslove. Očito je da konkurentnost mora imati dinamičku prirodu.

Potreba za superiornošću unutar sektora koju je operator razvio u poređenju sa konkurentima, sada se mora posmatrati na neki drugačiji način. Raspoloživi resursi operatora više ne mogu, a i ne smeju, imati dominantniji položaj u poređenju sa faktorima i ograničenjima iz okruženja (npr. očuvanje životne sredine, smanjenje saobraćajnih gužvi u gradskim zonama, bolje iskorišćenje raspoloživih resursa…) Potreba za saradnjom je neophodna, društvena odgovornost podrazumevajuća, a različitost se i dalje može postizati u delu cene, kvaliteta izvršene usluge, primenjene tehnologije...

Identifikovana neefikasnost u delu *last mile* bi se mogla otkloniti ili smanjiti korišćenjem konsolidacionih centara. Ako se uzme u obzir da se pod konsolidacijom podrazumeva proces objedinjavanja pošiljaka u cilju efikasnijeg prenosa, a pod konsolidatorom lice koje na osnovu ugovora objedinjuje poštanske pošiljke u cilju pojednostavljenja procesa prenosa (ISS, 2020), onda se definicija konsolidacionog centra koja kaže da je reč o logističkom objektu koji opslužuje ceo ili deo grada (Kapur, 2020), može lako prilagoditi ovakvim potrebama poštanskog saobraćaja.

Konsolidacioni centar (KC) koji bi razdvajao tokove transporta na one unutar gradske zone i izvan zone grada (Tadić i dr., 2014), ili više njih, ako za tako nešto postoji opravdanje, različitih kapaciteta, opremljenosti i namene prilagođene konkretnim potrebama, bi koristilo više poštanskih operatora. Način funkcionisanja ovakvog KC trebalo bi da se bazira na nekim osnovnim principima ekonomije deljenja, tj. solidarne ekonomije.

Osnovna ideja autora rada je da ukažu baš na činjenicu da zahtevi postavljeni pred poštanske operatore, koji posluju u okruženju koje ih ograničava nizom faktora, mogu biti efikasno ispunjeni definisanjem i otvaranjem jednog ili više konsolidacionih centara. KC bi omogućili prevazilaženje problema vezanih za optimizaciju procesa uručenja, lakši pristup većem broju pojedinačnih korisnika, ali i obezbeđenja pristupa poslovnom prostoru u užim gradskim zonama gde je to teško izvodljivo ili suviše skupo.

2. PRINCIPI EKONOMIJE DELJENJA PRILAGOĐENI POTREBAMA POŠTANSKIH OPERATORA

Pošto je opšte prihvaćenu definiciju ekonomije deljenja teško pronaći, autori ovog rada će pod ovim terminom podrazumevati razmenu i deljenje svih oblika resursa unutar neke zajednice radi ostvarivanja zajedničkih ciljeva, a bez bespotrebne kupovine i nekontrolisane potrošnje. Osnovna ideja se bazira na preusmeravanju / usmeravanju svih činioca države i društva da funkcionišu u korist ljudi i životne sredine. (http://www.solidarityeconomy.eu/, 20.6.2021.)

Gradske sredine koje beleže stalno povećanje broja stanovnika koji svoje navike po pitanju kupovine sve više prebaciju na kombinaciju klika i kućne dostave, utiču na potrebu za daljim povećanjem broja dostavnih vozila. Trend pada pređenih *km* zbog dostave veće količine robe će se nastaviti, dok će trend pređenih *km* zbog dostave male količine robe naglo rasti. Mnogobrojne kompanije će morati da preispitaju i redefinišu transportnu logistiku pošto im je prevoz u gradovima veoma otežan, a u pojedinim slučajevima i onemogućen.

Ovakvo stanje će nastaviti da se intenzivira, a posledica će predstavljati dodatni izazov za poštanske operatore. Kvalitet i dostupnost usluga su od fundamentalnog značaja za kvalitet života, ali, s druge strane, u skladu sa tim, poštanski operatori bi morali svaki pojedinačno prerasti u velika transportna preduzeća. Kao takvi imali bi izražen uticaj na kvalitet života posebno u urbanoj zoni.

Na koji način povezati potrebe pojedinaca sa potrebama zajednice sa ciljem kreiranja pristojnih životnih uslova? Širom sveta poštanski operatori deluju na sličan način i bore se sa sličnim problemima najčešće vezanim za specifičnosti sredine u kojoj se usluga pruža.

Jedno od mogućih rešenja u oblasti dostave može biti i konsolidacioni centar čije će usluge koristiti više poštanskih operatora sa dobijenom licencom ili odobrenjem od nadležnog regulatornog tela i koji će biti spremni da prihvatanjem principa ekonomije deljenja stavljaju na raspolaganje drugima vlastito, ali, za uzvrat, mogu koristiti i tuđe.

Deljenje samo po sebi nije nova pojava, ali je razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija, doprineo ubrzanom razvoju mogućnosti deljenja. Ideja o vlasništvu u formi kako je do sada posmatrano u bliskoj budućnosti smatraće se zastarelom i prevaziđenom. Mogućnost pristupa nečemu će imati mnogo veći značaj u odnosu na posedovanje tog istog.

Ako su poštanski operatori već uveliko korisnici savremenih tehnologija, zbog čega ne bi iskoristili i ovu mogućnost u cilju smanjenja pređenih kilometara prvenstveno u užim gradskim zonama. Integrisani dostavni lanac u delu *last mile* predstavljao bi rezultat saradnje više kompanija unutar okvirnog zajedničkog rada. Optimizacija ove karike u prenosu pošiljaka dovela bi do racionalizacije transporta, smanjenja ukupnih troškova prenosa, bolje iskorišćenosti fleksibilnih transportnih kapaciteta i osoblja, mogućnosti nabavke i korišćenja ekoloških vozila i pomoćnih sredstava za dostavu, minimizacije mnogobrojnih neželjenih uticaja na životnu sredinu. Cilj boljeg iskorišćenje sopstvenih kapaciteta, voznog parka i osoblja, treba da preraste u ideju da se sa što manje troškova, investicija, kapaciteta pruži usluga na postavljeni zahtev uz što kraće vreme reakcije i što veći kvalitet. (Cakić, 2010)

3. DEFINISANJE OGRANIČENJA I OSNOVNIH POJMOVA VEZANIH ZA LOKACIJU KONSOLIDACIONOG CENTRA

U osnovi moguće je razgraničiti dve vrste konsolidacionih centara:

- konsolidacioni centri formirani na dobrovoljnoj bazi,
- prisilno učešće u konsolidaciji. (WYG, 2019)

Prisilno učešće u konsolidaciji podrazumeva zabranu svih drugih vrsta uručenja ili nalaganje upotrebe isključivo usluga konsolidatora. Za ovu opciju se opredeljuju velike gradske aglomeracije koje su kao cilj postavile drastično smanjenje ili potpunu zabranu kretanja vozila u određenim zonama a sve u cilju povećanja kvaliteta života svojih građana. (WYG, 2019)

Da bi postavljeni zahtevi bili ispoštovani, prostorije KC u kojima se odvijaju logistički procesi, u oba slučaja, moraju biti locirane što bliže mestu potražnje za uslugama, omogućavati maksimalnu fleksibilnost u poslovanju i voditi ka smanjenju transportnih troškova i broja vozila na putu.

Pred svaki KC postavljena su minimalno tri nezaobilazna preduslova uspešnog poslovanja. Nabrojaćemo ih i ukratko objasniti:

- U skladu sa zahtevima kupaca – Akcenat se stavlja na optimizaciju procesa uručenja (tačna dostava sa sve kraćim rokovima). Vremena kada su mogućnost praćenja i cena bili jedini kriterijumi za odluku o kupovini ili provajderu su prošla. U cilju dodatne diferencijacije tržištu moraju biti ponuđene usluge dodatne vrednosti i to prvenstveno više opcija za uručenje po pitanju roka (sve raznovrsniji vremenski okvir) ili mesta (sve veći broj lokacija).
- U skladu sa ograničenjima definisanim lokalnim i nacionalnim propisima – Ovakva ograničenja prvenstveno utiču na mogućnosti pristupa svakom pojedinačnom korisniku a posebno onim nastanjenim u užim gradskim zonama. Širom Evrope primenjuju mnogobrojni zakoni koje štite gradske zone od velikih zagađivača. U Monaku vozila nosivosti veće od 8,5t moraju koristiti Monaco konsolidacioni centar. Vozila manje nosivosti mogu ući u grad samo u određeno vreme. Kopenhagen je osnovao centar za konsolidaciju koji od ponedeljka do petka između 07:00 i 16:00h vrši dostavu neprehrambenih proizvoda koristeći vozila sa nultom emisijom. Projekat je subvencionisan od strane gradske vlasti. Utreht je uveo ograničenje na maksimalno pet vozila istovremeno u pešačkoj zoni u centru grada. Roba se dostavlja u gradske distributivne centre i distribuira u grad korišćenjem električnih vozila sa prikolicama. Francuska prestonica je osnovala mikrokonsolidacione centre strateški smeštene u centru grada. Roba se preuzima od strane transportnih vozila na centralnom čvorištu, a distribuira vozilima sa nultom emisijom. U strategiji grada Londona u ovoj oblasti postavljen je cilj da se do 2041. godine 80% svih putovanja u gradskoj zoni vrši pešice, biciklom ili javnim prevozom. U Beogradu se na osnovu *Rešenja o režimu saobraćaja teretnih i zaprežnih vozila i snabdevanja na teritoriji Grada Beograda* (član 6) zabranjuje zaustavljanje i parkiranje teretnim vozilima u ulicama u kojima su trase linija JGPP u vremenu od 7:00 do 20:00h. (Sl. list grada Beograda, 2019) Kao posledica navedenog pojavljuje se potreba za preispitivanjem i redefinisanjem transportne logistike pošto je prevoz u gradovima veoma otežan, a u pojedinim slučajevima i onemogućen. Broj mogućih rešenja nije veliki, a poneka od njih (npr. električna dostavna vozila, korišćenje robota...) posebno za one ne preterano finansijski jake, mogu biti i preskupa.
- U skladu sa ograničenjima i uslovima na terenu - Povećanjem potreba za stambenim prostorom smanjuju se raspoložive površine za poslovni prostor (logističke kapacitete). Ovo se posebno odnosi na

inotržišta, na kojim se najbolje lokacije „čuvaju" za domaće kompanije. Osim toga, mogućost otvaranja sopstvenih poslovnica, kao krajnjih tačaka infrastrukture, nije uvek i isplativa.

Ako se zanemari mogućnost da uprava grada obezbedi prostor za KC koji već postoji ali je neiskorišćen, onda se mora tražiti rešenje za lokaciju KC koji će opsluživati veći broj operatora i obezbediti njihov zajednički nastup prvenstveno u onom delu poznatom kao *last mile*.

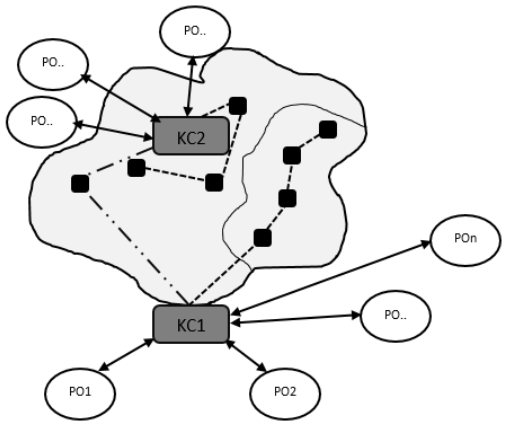
Pod lokacijom KC podrazumeva se prostor na kome će se graditi ili već postoji neki KC. To mesto treba da omogući pružanje logističkih usluga na optimalan način za definisano područje na kome se generiše potražnja.

Pod lokacijskim problemom u ovom slučaju podrazumeva se definisanje broja KC, pronalaženje najboljih od mogućih rešenja za definisanje lokacije budućih KC, kao i raspoređivanje klijenata koji zahtevaju usluge po pojedinim objektima.

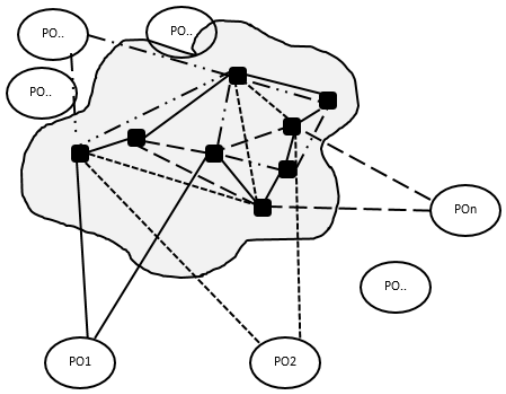
Iako se ovom problemu može pristupiti sa mikro i makro aspekta, u ovom slučaju dovoljno je bazirati se samo na mikro aspektu, odnosno na načinu pronalaženja rešenja na nivou gradske regije (središte grada i njegova urbanizovana okolina), centralne gradske zone, industrijskog kompleksa…

Takođe, mada teorijski postoji mogućnost razmatranja problema lociranja objekta bilo gde, ograničavanje na mogućnost lociranja objekta u određenim tačkama je veoma verovatna. Razog za tako nešto leži u činjenici da je verovatnoća zanemarivanja svih urbanističkih, transportnih, ekonomskih, organizacionih i dr. ograničenja, kao i lokalnih i nacionalnih propisa, uz istovremeno usklađivanje sa zahtevima kupaca, veoma mala.

Odluke o lokaciji i broju KC za svaku gradsku sredinu su strategijskog karaktera. Obezbeđenje ovakvih kapaciteta nije jednostavno, nije jeftino, niti se može obaviti brzo, potrebna je politička volja i finansijska podrška, ali ukupni efekti njihovog postojanja pozitivno bi uticali na kvalitet života stanovnika posmatranog područja. Optimalan model ne postoji, ali različite opcije se mogu kombinovati.

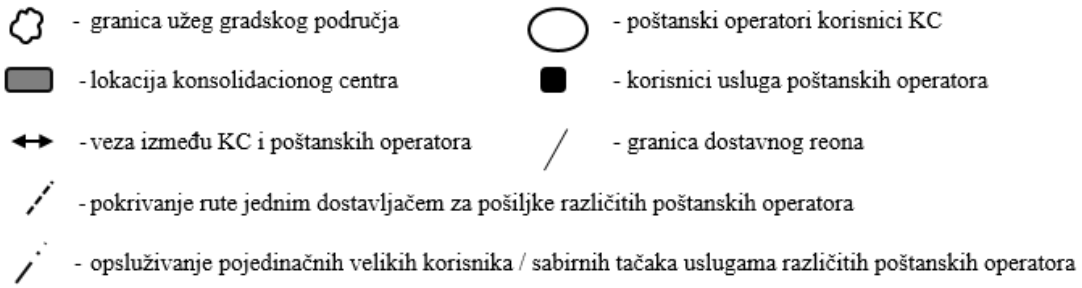


Slika 1. Prikaz dostavnih ruta u slučaju postojanja KC

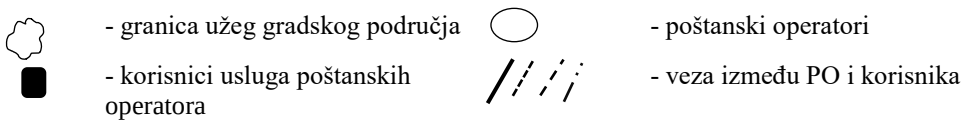


Slika 2. Prikaz dostavnih ruta u slučaju nepostojanja KC

Legenda za Sliku 1:



Legenda za Sliku 2:



4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Iako se o ekonomiji deljanja dosta govori, ipak je još uvek reč o nedovoljno shvaćenom i nedovoljno razrađenom konceptu posebno u pojedinim oblastima. Pošto je u pitanju tržišni model koji omogućava i olakšava deljenje pristupa dobrima i uslugama, ne sme biti usko posmatran samo kao mogućnost deljenja automobila, kuća i sl.

Izložena ideja može biti polazna tačka za rešavanje dela saobraćajnih problema bar u oblasti dostave u užim gradskim zonama. S obzirom da je na teritoriji Srbije elektronsko poslovanje, odnosno elektronska trgovina, još uvek u početnoj fazi razvoja i da se u sklopu ekonomskih reformi koje država sprovodi očekuje porast broja malih i srednjih preduzeća, koja su upravo najveći korisnici usluga kurirskih službi, jasno je da će i broj poštanskih operatora rasti. U skladu sa idejom o praćenju najnovijih svetskih trendova, da se očekivati da privatni poštanski operatori mogu pronaći svoj interes u ekonomiji deljenja i formiranju zajedničkog konsolidacionog centra.

U ovom radu su samo postavljene osnove ideje nekog novog vida saradnje poštanskih operatora. Dalja razmatranja bi morala prvenstveno uzeti u obzir zainteresovanost državnih i gradskih struktura na polju rešavanja nagomilanih problema vezanih za normalno i održivo funkcionisanje užih gradskih zona. Sledeći korak bi bio definisanje vrste KC – dobrovoljno ili prisilno učešće u procesu konsolidacije, što bi sigurno uticalo i na odnos poštanskih operatora prema predočenom konceptu. U zavisnosti od vrste prihvaćenog KC vršio bi se i izbor lokacije. Definisanje ruta, bazirano na IT tehnologijama, bi, osim povezivanja više korisnika usluga različitih operatora, ujedno omogućile i rešavanje problem podele dodatnog opterećenja izazvanog većim brojem pošiljki. Proces usklađivanja ponude sa potražnjom u ekonomiji deljenja zahteva nove perspektive i alate za rešavanje izazova i identifikovanje mogućnosti.

Jedan od problema koji se može pojaviti kod poštanskih operatora, osim prihvatanja činjenice da se polovanje ne može više bazirati samo na posedovanju, već i na mogućnosti deljenja, jeste pitanje zaštite sopstvenog brenda. Ipak, dobrim sagledavanjem sveukupnih prilika i trendova, problema u funkcionisanju u gusto naseljnim zonama, zajednički interes baziran na kreativnom preduzetničkom duhu, digitalizaciji i tehnološkom napretku, će se sigurno pronaći.

5. LITERATURA

Cakić, A., (2010). Razjašnjenje definisanja transportnog lanca, Vojnotehnički glasnik, 51 (1), 113-128.

Institut za standardizaciju Srbije. (2020). Poštanski saobraćaj – Terminologija, SRPS A.L3.002:2020, 7-8.

Kapur, Dj., (2020). Rešavanje problema dostane pomoću QGIS-a. Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 36(01)

Milutinovic, J., Grgurovic, B., Velickovic, S., Strbac, S., & Popovic, M. (2016). Model for adjusting postal routes to set requirements. Transport problems, VIII International Conference, 87-94.

Ming Hu, (2019). Sharing Economy: Making Supply Meet Demand. Springer Series in Supply Chain Management Book 6.

Rešenje o režimu saobraćaja teretnih i zaprežnih vozila i snabdevanja na teritoriji Grada Beograda, "Sl. list grada Beograda", br. 73/2019.

Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M., (2014). Inicijative City logistike u cilju poboljšanja održivosti promenom konteksta urbane sredine, Tehnika – Saobraćaj, 61 (5), 834-843.

Teodorović, D., (1996). Transportne mreže, algoritamski pristup, Univerzitet u Beogradu. 257-285.

WYG. (2019). Transport for London, London Freight Consolidation Feasibility Study, Final Report.

http://www.solidarityeconomy.eu/

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

RC CIRCUIT AS A DYNAMIC SYSTEM
RC KOLO KAO DINAMIČKI SISTEM

Slavko Đurić[a], Vesna Mišić[a], Milan Milotić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, slavko.djuric@sf.ues.rs.ba, vesnasmisic@yahoo.com, milanmilotic@yahoo.com*

Abstract: *The paper considers the response to the accumulated energy in the RC circuit. In the circuit, capacitor C is originally charged with voltage U_0. At that moment t = 0 the circuit breaker P is switched on. Using Kirchhoff's laws on circuit elements, a homogeneous differential equation with constant coefficients is obtained with the initial condition $U_C(0)=U_0$. The solution of the differential equation is shown in the exponential form $U_C(0) = U_0 \cdot e^{-t/\tau}$. It is shown that a dynamic system can be formed from this solution. It is shown and vice versa, that from the formed dynamic system one can find an autonomous system (RC circuit equation) whose solution describes the formed dynamic system. It is also shown that a topologically equivalent system whose solutions are defined on the whole set can join the circuit equation.*

Key words: *RC circuit, dynamic system, voltage U_0, Kirchhoff's laws, a topologically equivalent system*

Apstrakt: *U radu se razmatra odziv na akumulisanu energiju u RC kolu. U kolu je prvobitno kondenzator C napunjen naponom U_0. U tom trenutku t=0 uključi se prekidač P kola. Korišćenjem Kirchhoffovih zakona na elemente kola dobija se homogena diferencijalna jednačina sa konstantnim koeficijentima uz početni uslov $U_C(0) = U_0$. Rešenje diferencijalne jednačine prikazano je u eksponencijalnom obliku $U_C(0) = U_0 \cdot e^{-t/\tau}$. Pokazano je da se od ovog rješenja može formirati dinamički sistem. Pokazano je i obratno, da se od formiranog dinamičkog sistema može naći autonomni sistem (jednačina RC kola) čije rješenje opisuje formirani dinamički sistem. Pokazano je takođe da se jednačini RC kola može pridružiti topološko ekvivalentni sistem čija su rješenja definisana na čitavom skupu R.*

Ključne riječi: *RC kolo, dinamički sistem, napon U_0, Kirhofov zakon, topološki ekvivalentni sistem*

1. UVOD

Neka je zadan skup početnih vrijednosti $A \subseteq R^n$. Dinamički sistem prikazuje kretanje tog skupa u vremenu.

Definicija 1.1. Neka je $A \subseteq R^n$. Dinamički sistem na skupu A je funkcija $\varphi(t,x): R \times A \to A$ klase C^1 za koju vrijedi [1,2,3]:

$$\varphi(0,x) = x, \quad x \in A \tag{1}$$

$$\varphi(t+p,x) = \varphi(t,(\varphi(p,x)) \qquad t,p \in R \tag{2}$$

Ako se uvede oznaka $\varphi_t(x) = \varphi(t,x)$ svojstva (1) i (2) ekvivalentna su svostvima:

$$\varphi_0 = id \tag{1'}$$

$$\varphi_{t+p} = \varphi_t \circ \varphi_p \tag{2'}$$

Neka je je $\mathcal{A}=\{\varphi_t: t \in R\}$. Može se pokazati da je $(\mathcal{A},\circ)$ Abelova grupa. Očito vrijedi:

$$(\varphi_t \circ \varphi_p) \circ \varphi_s = \varphi_t \circ (\varphi_p \circ \varphi_s).$$

Neutralni element iz $\mathcal{A}$ jeste φ_0, jer vrijedi $\varphi_t \circ \varphi_0 = \varphi_{t+0} = \varphi_t$. Inverzni element od φ_t je φ_{-t}, jer vrijedi $\varphi_t \circ \varphi_{-t} = \varphi_{t-t} = \varphi_0$. Komutativnost operacije $\circ$ direktno slijedi iz (2') $\varphi_t \circ \varphi_p = \varphi_{t+p} = \varphi_{p+t} = \varphi_p \circ \varphi_t$.

Teorema 1.1. Zadan je dinamički sistem

$$\varphi(t,x): R \times A \to A$$

Neka je $x(t) = \varphi(t, x_0)$ za neko $x_0 \in A$. Tada je $x(t)$ rješenje autonomnog sistema:

$$\left.\begin{aligned} x' &= f(x) \\ x(0) &= x_0 \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

gdje je funkcija $f(x)$ definisana sa:

$$f(x) = \frac{\partial \varphi(0,x)}{\partial t}. \tag{4}$$

Dokaz: Neka je $x(t) = \varphi(t, x_0)$. Tada prema svojstvu (1) dinamičkog sistema $x(0) = \varphi(0, x_0) = x_0$. Prema svostvu (2) dinamičkog sistema imamo:

$$x'(t) = \frac{\partial \varphi(t,x_0)}{\partial t} = \frac{\partial \varphi(0+t,x_0)}{\partial t} = \frac{\partial \varphi(0,\varphi(t,x_0))}{\partial t} = \frac{\partial \varphi(0,x(t))}{\partial t} = f\big(x(t)\big).$$

Prema tome $x(t)$ je rješenje sistema $x' = f(x)$.

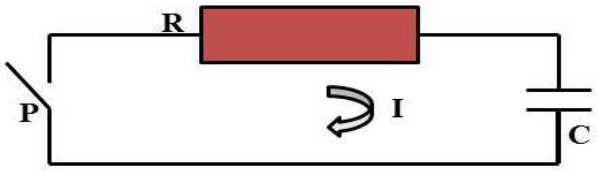
2. REZULTATI

Razmotrimo sada autonomni *n* sistem (RC kolo) prikazan na slici 1. U kolu je prvobitno kondenzator C napunjen naponom U_0. U trenutku $t = 0$ uključi se prekidač P.

Iz Kirchhoffovih zakona slijedi [4,5,6]:

$$U_C + U_R = 0 \tag{5}$$

Korišćenjem veza između napona i struje pojedinih komponenti kola ima se:



Slika 2.1. Odziv na akumulisanu energiju (RC kolo)

$$U_R = R \cdot I, \quad I = C \cdot U_C' \tag{6}$$

Smjenom izraza iz jednačine (6) u jednačinu (5) dobija se diferencijalna jednačina RC kola

$$R \cdot C \cdot U_C'(t) + U_C(t) = 0 \tag{7}$$

uz početni uslov $U_C(0) = U_0$.
Ako se uvede vremenska konstanta $\tau = R \cdot C$ jednačina (7) poprima oblik:

$$U_C'(t) = \frac{1}{\tau} \cdot U_C(t) = 0 \tag{8}$$

uz početni uslov $U_C(0) = U_0$.
Jednačina (8) je homogena diferencijalna jednačina sa konstantnim koeficijentima čije je rješenje:

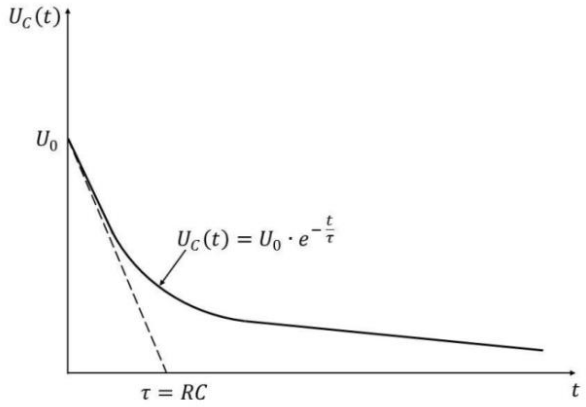
$$U_C(t) = K \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \tag{9}$$

gdje je K konstanta.
Vrijednost konstante K određuje se iz uslova $U_C(0) = U_0 = K$.

Sada je opšte rješenje prikazano sa:

$$U_C(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \tag{10}$$

koje je definisano na čitavom skupu R.
Dijagram zavisnosti napona $U_C(t)$ kondenzatora od vremena prikazan je na slici 2.2.



Slika 2.2. Zavisnost napona kondenzatora od vremena u RC kolu

Može se uočiti da brzina promjene napona na kondenzatoru zavisi od vrijednosti vremenske konstante.
Kako su sva rješenja (10) autonomnog sistema (8) definisana na čitavom skupu R to se može formirati pripadni dinamički sistem pomoću funkcije:

$$\varphi(t, U_c) = U_C \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}. \tag{11}$$

Funkcija $\varphi(t, U_C): R^2 \to R$ definisana izrazom (11) zadovoljava obadva uslova dina-mičkog sistema. Lako se provjerava da vrijedi:

$$\varphi(0, U_C) = U_C \cdot e^0 = U_C \qquad \text{Uslov (1)}$$

$$\varphi\big(t, \varphi(p, U_C)\big) = \varphi\left(t, U_C \cdot e^{-\frac{p}{\tau}}\right) = U_C \cdot e^{-\frac{p}{\tau}} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = U_C \cdot e^{\frac{t+p}{\tau}} = \varphi(t+p, U_C) \qquad \text{Uslov (2)}$$

Korišćenjem teoreme 1.1 može se pokazati i obratno tj, polazeći od dinamičkog sistema može se naći pripadni autonomni sistem (jednačina RC kola).

Imamo da je:

$$\frac{\partial \varphi(t, U_C)}{\partial t} = \frac{\partial \varphi\left(U_C \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{\partial t} = -\frac{1}{\tau} \cdot U_C \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$f(U_C) = \frac{\partial \varphi(0, U_C)}{\partial t} = -\frac{1}{\tau} \cdot U_{C,}$$

a prema (3) sledi:

$$\mathrm{U}' = -\frac{1}{\tau} \cdot \mathrm{U_C}$$

odnosno

$$U' + \frac{1}{\tau} \cdot U_C = 0,$$

a to je jednačina (8) tj. jednačina RC kola.

Takođe se može pokazati da se sistemu (8) jednačini RC kola može pridružiti topološko ekvivalentni sistem čija su rješenja definisana na čitavom skupu R. To obezbeđuje teorema o globalnoj egzistenciji (teorema 2.1) koju ćemo navesti bez dokaza.

Teorema 2.1. Neka je $f(x)$ rješenje problema:

$$\left.\begin{matrix} x'=\frac{1}{1+\|f(x)\|}\cdot f(x) \\ x(0)=x_0 \end{matrix}\right\}. \tag{12}$$

koje je definisano na na čitavom R, onda je taj sistem topološko ekvivalentan sistemu:

$$\left.\begin{matrix} x' = f(x) \\ x(0) = x_0 \end{matrix}\right\} \tag{13}$$

Primenom teoreme 2.1 na RC kolo tj. na jednačinu (8) možemo naći topološko ekvivalentan sistem koji definiše dinamiku RC kola tj. dinamički sistem. Prema (12) toploško ekvivalentan sistem sistemu (8) je:

$$\left.\begin{matrix} U'_C = \dfrac{-\frac{1}{\tau}\cdot U_C}{1+\left|-\frac{1}{\tau}\cdot U_C\right|} \\ U_C(0) = U_0 \end{matrix}\right\} \tag{14}$$

čije je opšte rješenje:

$$U_C^{\tau}\cdot e^{U_C} = U_0^{\tau}\cdot e^{U_C}\cdot e^{-t} \tag{15}$$

koje je definisanao na čitavom R.

Jednačina (15) ekvivalentna je jednačini:

$$U_C = \sqrt[\tau]{U_0^{\tau}\cdot e^{-(t+U_C-U_0)}} \tag{16}$$

Kako su rješenja definisana na čitavom skupu R može se formirati pripadni dinamički sistem

$\varphi(t, U_C): R^2 \to R$

$$\varphi(t, U_C) = \sqrt[\tau]{U_C^{\tau}\cdot e^{-(t+U_C-U_C)}} = \sqrt[\tau]{U_C^{\tau}\cdot e^{-t}} = U_C\cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \tag{17}$$

koji je u potpunosti identičan dinamičkom sistemu definisan jednačinom (11). Prema tome postoji homeomorfizam H (neprekidna bijekcija) koji integralne krive (10) sistema (8) pre-slikava u integralne krive (15) odnosno (16) sistema (14) tj. homeomorfozam H je identite-ta.

3. ZAKLJUČAK

U radu se razmatra električno RC kolo koje je prvobitno napunjeno naponom U_0. U trenutku $t = 0$ uključen je prekidač P kola i prati se pražnjenje napona na kondenzatoru tokom vremena i došlo se do sledećih zaključaka:

- diferencijalna jednačina koja opisuje dinamiku RC kola je homogena diferencijalna jednačina sa konstantnim koeficijentima (jednačina (8))
- rješenje je prikazano u uksponencijalnom obliku (jednačina (10))
- rješenja su definisana na čitavon skupu R, pa se onda može formirati pripadni dinamički sistem RC kola pomoću funkcije (11)
- pokazano je i obratno tj. polazeći od dinamičkog sistema (11) može se naći pripadni autonomni sistem (jednačina RC kola, jednačina (8))
- pokazano je takođe da se sistemu (8) jednačini RC kola može pridružiti topološko ekvivalentni sistem (jednačina (14)) čija su rješenja (jednačina (16)) definisana na čitavom skupu R. To obezbeđuje teorema o glabalnoj egzisteniciji (teorema 2.1).

4. LITERATURA

Broer, H., Takens, F.: Dynamical Systems and Chaos, 2011, Springer, New York Heidelberg London
Đurić, S.: Automatsko upravljanje, Predavanja, 2015, Saobraćajni fakultet, Doboj
Lynch, S.: Dynamical systems with applications using Mathematica, 2007, Birkh Aauser
Milojković, S.: Teorija električnih kola, 1985, Svjetlost, Sarajevo
Starčević, M.: Dinamički sustavi, 2017, Skripta, PMF Zagreb
Turković, E., Đekić, S., Tadić, V.: Teorija električnih kola kroz matematičku analizu, 2019, SVET KNJIGE, Beograd

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

MATERIAL WAREHOUSE MANAGEMENT DATABASE DESIGN

PROJEKTOVANJE BAZE PODATAKA ZA UPRAVLJANJE SKLADIŠTEM MATERIJALA

Željko Stjepanović[a], Alen Panić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, stjepanoviczeljko@yahoo.com, alenpanicc@gmail.com*

Abstract: *Data organization is possible in the classical way in the form of individual tables and in the modern way as a set of integrated data in the form of databases. Database design is the most important segment in developing material warehouse management database. Therefore, the goal here is to reach the detailed specification of the overall structure of the database model, i.e. the database logic scheme at the implementation level. This database design includes the creation of a scheme, as well as the translation of data models into structures supported by appropriate software. Additionally, the topic related to the protection and security of data and information is of special importance in this paper and it is necessary to introduce users of this database with the real dangers that are present in modern business, as well as with the protection measures that need to be taken to ensure data security in the Internet environment*

Key words: *database, material warehouse, database management system, data security*

Apstrakt: *Organizacija podataka je moguća na klasičan način u formi pojedinačnih tabela i savremen način kao skup integrisanih podataka u formi baza podataka. Projektovanje je najznačajniji segment u razvoju baze podataka za upravljanje skladištem materijala. S tim u vezi, cilj ovog rada je da se dođe do detaljne specifikacije sveukupne strukture modela baze podataka, odnosno do logičke šeme baze podataka na implementacionom nivou. Dizajn ove baze obuhvata izradu šeme, kao i prevođenje modela podataka u strukture podržane odgovarajućim softverom. Pored toga, u okviru ovog rada poseban značaj ima tema koja se odnosi na zaštitu i bezbjednost podataka i informacija. S tim u vezi, potrebno je upoznati korisnika ove baze sa realnim opasnostima koje su prisutne u savremenom poslovanju, kao i mjerama zaštite koje treba preduzeti kako bi se obezbijedila sigurnost podataka u internet okruženju.*

Ključne riječi: *baza podataka, skladište materijala, sistem za upravljanje bazama podataka, zaštita podataka*

1. UVOD

Hijerarhijske veze između podataka moraju se uspostaviti kako bi se mogla obezbijediti racionalna transformacija podataka u informacije. Baze podataka predstavljaju najviši nivo hijerarhije podataka, kao i kolekciju integrisanih i povezanih slogova više tabela. Organizacija podataka je moguća na tradicionalan način u formi pojedinačnih tabela i savremen način kao skup integrisanih podataka u formi baza podataka.

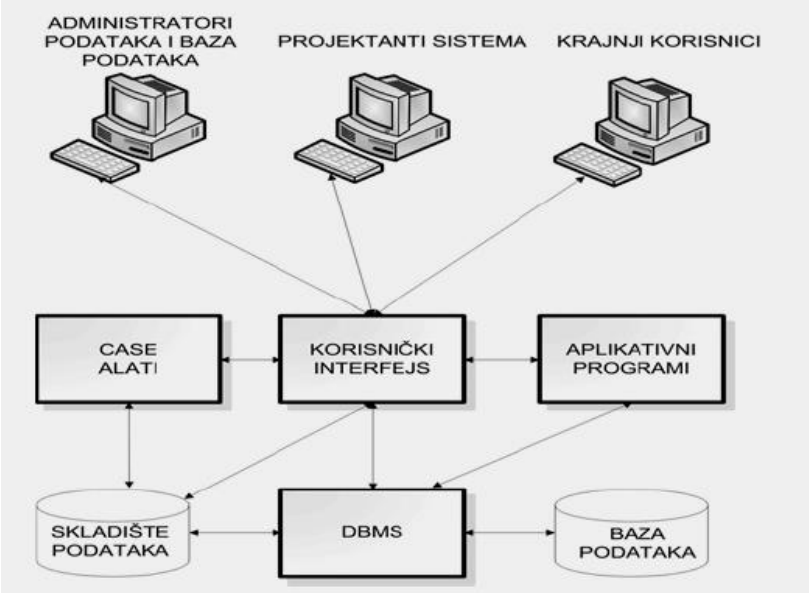
Baza podataka za upravljanje skladištem materijala podrazumijeva definisanje cjelokupne baze, odnosno utvrđivanje njenog konceptualnog dizajna. Uzimajući u obzir opštu strukturu podataka u bazama, pristup podacima i manipulisanje podacima u skladištu materijala ostvaruje se pomoću sistema za upravljanje bazama podataka. Ovaj softver predstavlja skup programskih proizvoda koji upravljaju realizacijom, održavanjem i korištenjem baze podataka. U savremenom načinu upravljanja poslovnim procesima skladište predstavlja tačku u logističkoj mreži na kojoj se predmet skladištenja prihvata i prosleđuje u nekom drugom smjeru unutar mreže (Goluža, 2016).

U narednom dijelu ovog rada prezentovat ćemo savremenu organizaciju podataka i njen značaj u procesu upravljanja podacima, te autonomni model baze podataka za upravljanje skladištem materijala.

2. BAZE PODATAKA

Bazu podataka svakog savremenog preduzeća čine tabele, forme, upiti, izvještaji, relacije i druge komponente okruženja baze. Baze podataka su višekorisnički sistemi u kojima je nužno osigurati dodjeljivanje i poštovanje ovlašćenja pristupu, mijenjanju i brisanju podataka (Carić, Buntić, 2015). Baze podataka predstavljaju viši nivo rada sa podacima upoređujući ih sa klasičnim programskim jezicima (Manger, 2014). Razvoj velikih baza podataka predstavlja veoma ozbiljan zadatak. U mnogim organizacijama razvoj i upravljanje bazama podataka je odgovornost administratora baze podataka. S tim u vezi, izrada baze podataka u svakom preduzeću započinje procesom planiranja. Administratori, dizajneri baza, zajedno sa menadžmentom, razvijaju model poslovnih procesa, uz definisanje informacionih zahtjeva korisnika. Nadalje, korisnici identifikuju ključne podatke koji su potrebni za obavljanje poslovnih aktivnosti. Na osnovu prethodnih spoznaja razvija se *entity relationship diagrams* (E-R dijagrami) koji definiše odnose između entiteta određenog poslovnog procesa.

Modeli podataka predstavljaju logički dizajn baze podataka na osnovu koga se definiše fizički dizajn baze, te razvijaju aplikativni programi koji podržavaju poslovne procese u preduzećima. Model podataka predstavlja cjelokupan logički pogled na odnose među podacima u bazi podataka. Interfejs između logičkog i fizičkog modela baze obezbjeđuje sistem za upravljanje bazama podataka.



Slika 1. Komponente okruženja baze podataka

Izvor: Stjepanović, Ž., Božičković, Z., Krsmanović, M.(2020)

Fizička organizacija podataka ne utiče na rezultate operacija sa podacima, ali ima veliki uticaj na efikasnost sistema za upravljanje podacima (Baranović, Zakošek, 2012). Na sljedećoj slici prikazano je informatičko okruženje baze podataka.

2.1. Informacija kao resurs

Baze podataka pored strukturiranih podataka sadrže i druge vrste podataka kao što su razna dokumenta, fotografije, zvuk, video zapise i drugo. *Podatak* se može definisati kao sačuvana prezentacija predmeta ili događaja koja ima važnost za korisnika. S tim u vezi, podatak sam po sebi nema značenja, tek kada se interpretira nekom vrstom sistema za obradu podataka dobija značenje i postaje informacija. Kao rezultat obrade podataka stiču se nova saznanja, odnosno *informacije.* Ako posmatramo informaciju kao resurs, ona ima izuzetan značaj u savremenom poslovanju.

Ostali resursi uslovljeni su informacionim, jer bez posjedovanja informacija o stanju, mjestu i načinu njihovog korištenja, oni postaju beskorisni. Uticaj informacija i prateće tehnologije na strukturu i funkcionisanje nacionalnih privreda, pa i čitave svjetske ekonomije, ogleda se u brzom razvoju i sve većem značaju novih privrednih grana. Intenzivnom primjenom informacionih tehnologija dolazi se do strukturnih promjena koje se najviše odražavaju na poslovne procese i aktivnosti vezane za informacije u smislu njihove informatizacije. Rezultat toga su: efikasnija obrada podataka, jednostavniji razvoj sistema i niži troškovi izrade programa (Stankić,R., Radovanović, L., 2017).

2.2. Vrste i struktura baza podataka

Kontinuirani razvoj informacionih tehnologija i njihovih poslovnih primjena rezultirao je evolucijom različitih vrsta baza podataka kao što su transakcione baze podataka, distribuirane baze podataka, eksterne baze podataka, skladište podataka i hipermedijalne baze podataka. Transakcione baze podataka memorišu podatke potrebne za podršku poslovnim procesima i operacijama u elektronskom poslovanju. Nadalje, skladište podataka memoriše podatke ekstrahovane iz različitih operacionih, eksternih ili nekih drugih baza podataka. Ova baza predstavlja izvor prečišćenih i transformisanih podataka koje koriste menadžeri i drugi poslovni stručnjaci za rudarenje, analitičku obradu i druge vrste poslovnih analiza. Cilj rudarenja podataka je otkrivanje skrivenih obrazaca ponašanja i trendova u velikoj količini podataka nastalim u poslovnim aktivnostima preduzeća (Stjepanović, Božičković, Krsmanović, 2020). Veze između slogova u bazi podataka su bazirane na logičkoj strukturi podataka ili određenom modelu podataka. Sistemi za upravljanje bazama koriste strukturu podataka, obezbjeđujući korisnicima brz i jednostavan pristup informacijama. S tim u vezi, postoji pet osnovnih modela podataka i to: hijerarhijski model, mrežni model, relacioni model, višedimenzionalni model i objektno orjentisani model.

Kod klasičnog hijerarhijskog modela svi slogovi su zavisni i aranžirani u strukturu sa više nivoa koja se sastoji od jednog korjenovog sloga i više podređenih nivoa. Mrežna struktura može predstavljati kompleksnije logičke veze uz upotrebu paketa za upravljanje bazama podataka. Relaciona struktura je najpopularniji model, jer ga koristi većina paketa za upravljanje bazama podataka. Kod relacionog modela podaci se čuvaju u vidu jednostavnih tabela. Nadalje, višedimenzionalna struktura je varijanta relacionog modela koji koristi višedimenzionalne strukture podataka. Najznačajnija prednost višedimenzionalnih struktura jeste kompaktan i jednostavan način vizuelizacije podataka. Objektno orijentisani modeli podataka predstavljaju ključnu tehnologiju za novu generaciju multimedijalnih web baziranih aplikacija. Ovi modeli podržavaju princip nasleđivanja kod koga objekti na nižem nivou nasleđuju neke ili sve osobine roditeljskih objekata. Hijerarhijski model podataka je prirodan model za baze podataka koje se koriste za struktuirane rutinske tipove procesiranja transakcija kakve imamo kod većine poslovnih operacija. I na kraju, relacioni model omogućava jednostavno dobijanje informacija kao odgovor na *ad hoc* zahtjeve. Veze između slogova se ne moraju definisati unaprijed, već ih sistem za upravljanje bazama podataka kreira u vidu novih tabela. Relacione baze podataka su lakše za projektante i programere jer ne rade na nivou slogova, već sa relacijama između tabela.

2.3. Metode pristupa podacima

Efikasan pristup podacima je izuzetno bitan. Prilikom održavanja baze podataka, slogovi ili objekti se kontinuirano dodaju, brišu ili ažuriraju kako bih se pravilno i na vriijeme evidentirale poslovne transakcije.

Pristup podacima je kontinuiran proces u cilju obezbjeđenja odgovora na korisničke zahtjeve. Relacioni sistemi za upravljanje bazama podataka koriste primarne ključeve za povezivanje slogova memorisane u raznim tabelama. Na taj način, realacioni sistemi za upravljanje bazama podataka može obezbijediti informacije iz više međusobno povezanih tabela koristeći primarne ključeve. Sekvencijalni pristup predstavlja osnovni i najprostiji način pristupa podacima. Ovaj metod koristi sekvencijalnu organizaciju kod koje su slogovi fizički smješteni u rastućem ili opadajućem redoslijedu ključnog polja. Sekvencijalni pristup je efikasan kada je riječ o velikoj količini podataka koji se procesiraju periodično. Kod direktnog pristupa slogovi nisu sortirani na memorijskom mediju, već su proizvoljno raspoređeni. Zato, unos novih podataka ne zahtijeva sortiranje, pa se jednostavno i brzo realizuje. Postoji više načina pristupa podacima kod direktnog metoda. Najviše se koristi pristup podacima putem transformacije ključa, kao i indeksni i indeksno-sekvencijalni pristup.

S obzirom da se radi o globalnom problemu, za efikasno suzbijanje nisu dovoljni samo stručnjaci za sigurnost, ekspertne grupe i ostali organi za sprječavanje i suzbijanje računarskog kriminala, već je potrebno ostvariti potpunu koordinaciju i sveobuhvatnu akciju zakonodavstva i snaga reda u prevenciji računarskog kriminala. Računarski kriminal je protivpravna povreda imovine kod koje se računarski podaci s predomišljajem mijenjaju, do njih se neovlašteno dolazi iz koristi ili se koristi zajedno sa hardverom. Uspjeh u borbi protiv računarskog kriminala podrazumijeva zaštitu podataka i informacija koje se pothranjuju, obrađuju i prenose. Računarski kriminal može se definisati kao sveukupnost kaznenih djela počinjenih na određenom području kroz određeno vrijeme, kojima se neovlašteno utiče na korišćenje, cjelovitost i dostupnost tehničke i programske podrške, kao i na integritet i tajnost digitalnih podataka. Nadalje, osnovne vrste napadača na informatičke resurse su početnici, internet pankeri, interni napadači, napadači programeri, napadači profesionalci, napadači teroristi.

3. ZAŠTITA I BEZBJEDNOST PODATAKA

Uzevši u obzir čenjenicu da je računarski kriminal stvarnost kompjuterskog doba u kojem živimo, može se konstatovati da se računari koriste kao sredstvo za realizaciju kriminalnih radnji. Računarski kriminal je protivpravna povreda imovine kod koje se računarski podaci s predumišljajem mijenjaju, razaraju, do njih se neovlašteno dolazi iz koristi ili se koristi zajedno sa hardeverom (Grubor, Milosavljević, 2010). U tom smislu, pitanje zaštite odnosi se na fizičku zaštitu koja podrazumijeva zaštitu hardvera, dokumentacije, zaposlenih i druge neophodne mjere fizičke zaštite, kao i logičku zaštitu koja uključuje zaštitu podataka i softvera koji su u nematerijalnom obliku. Zaštita i sigurnost podataka i informacija jedna je od vodećih tema na području informacionih tehnologija. Uz pojmove zaštite i sigurnosti podataka i informacija potrebno je razmotriti pitanje privatnosti i neovlaštenog pristupa podacima. Činjenica je da informacione tehnologije pružaju određene prednosti, ali i određene rizike koji se odnose na zaštitu i sigurnost podataka i informacija. Savremene tehnike zaštite podataka i informacija su uspostavljanje pisane politike sigurnosti podataka i informacija, fizička zaštita, softveri sigurnosti odnosno sistemi za prevenciju i detekciju od neovlaštenog pristupa, biometrijske tehnike zaštite, kriptografske tehnike zaštite, plan stvaranja sigurnosnih kopija i plan oporavka, lozinka i lični identifikacioni broj, edukacija zaposlenih i slično.

Zaštita podataka i informacija može se ostvariti ukoliko se definišu podaci o korisnicima pojedinih modula, njihovim ovlaštenjima i odgovornostima i pisanim procedurama ponašanja, što podrazumijeva da preduzeće treba ovakve procedure i pravila ponašanja zapisati u obliku politika i pravila sigurnosti. Osnovne mjere zaštite podataka su organizacione, tehničke i komunikacione mjere zaštite. Organizacione mjere zaštite obuhvataju obezbjeđenje uslova za rad računara i osoblja, stručnih kadrova, tehnologije obrade podataka, medija za čuvanje podataka i slično. Tehničke mjere zaštite obuhvataju fizičke mjere zaštite i mjere zaštite računarskog sistema. Fizičke mjere zaštite podataka obuhvataju zaštitu od neispravnih instalacija, požara, poplava, zagađenja okoline, štetnih zračenja, neadekvatnog napajanja električnom energijom i slično.

Da bi se steklo povjerenje u internet okruženje, potrebno je uspostaviti politiku bezbjednosti. Politika bezbjednosti treba da pokaže da je internet sigurno sredstvo i da nema razloga za brigu. Najmanja greška ili propust za cyber kriminalca predstavlja pun pogodak da na lak način zloupotrijebi ili ukrade povjerljive informacije. U okviru internet okruženja uočeno je niz problema koji se odnose na sigurnost podataka u procesu komunikacije. Uspješno rješavanje ovih problema pozitivno će uticati na visok nivo povjerenja u digitalno okruženje. Kriptografija je nauka o prikrivanju informacionih sadržaja i onemogućavanju njihovog razumijevanja, moodifikovanju i upotrebi od strane neovlaštenih subjekata, te definisanju matematičke tehnike koja treba da obezbijedi siguran protok informacija kroz telekomunikacione kanale. Naziv potiče od grčkih riječi kriptos (koja znači sakriven) i grafein (pisati). Osnovni zadatak kriptografije kao nauke je da obezbijedi vjerodostojnost, tajnost, provjeru porijakla informacije i identiteta korisnika, te dokazivanje odgovornosti korisnika za određenu radnju koja ujedno predstavlja i najvažniji aspekt pri uspostavljanju sistema zaštite podataka.

4. MODEL BAZE PODATAKA ZA UPRAVLJANJE SKLADIŠTEM MATERIJALA

Skladište koje ima za cilj ispuniti zahtjeve visokog menadžmenta, a da se pri tom zadovolje zahtjevi korisnika, treba koristiti alate i tehnologije koje omogućuju olakšanu kontrolu i rukovanje skladištem (Bušić,2016). Modeli baza podataka se stvaraju kako bih se postiglo bolje razumijevanje procesa, pojava i aktivnosti (Sharma, 2010). S tim u vezi, strukturu modela baze podataka za upravljanje skladištem materijala čine sljedeće grupe podataka: osnovni podaci o preduzeću, matični podaci o materijalima, dnevne transakcije o promjenama na materijalu, memorisane godišnje transakcije o promjenama na materijalu, podaci koji predstavljaju stanje materijala, šifarnik grupa materijala, konta materijala, skladišta materijala, tipova promjena na materijalima u skladištu, šifarnik nosioca troškova, dobavljača i razne druge radne tabele koje se koriste u procesu upravljanja skladištem materijala. Šema baze podataka je formalni opis svih podataka baze i svih odnosa koji postoje između njih (Silberschetz, Kotrth, 2010). S tim u vezi, na sljedećoj slici prikazana je osnovna struktura baze podataka za upravljanje skladištem materijala.



Slika 2. Model baze podataka za upravljanje skladištem materijala

Izvor: lična kreacija autora

Tabela osnovnih podataka u preduzeću sadrži podatke kao što su naziv preduzeća, adresa preduzeća, žiro račun, poslovna godina, te lozinka. Ovi podaci se koriste u toku kreiranja izvještaja po potrebi. Sadržaj tabele matičnih podataka čine matični podaci vezani za određen materijal koji se vodi pod dodijeljenom šifrom. Šifrovanje materijala obavlja sam korisnik ove tabele. Osnovni ključ ove tabele čini šifra materijala. U okviru ove tabele obavljaju se oparecije upisa novog materijala, izmjena podataka postojećeg, kao i brisanje nepotrebnih materijala. Tabela dnevnog prometa služi za unos i ažuriranje podataka u tabelu godišnjeg prometa materijala. S tim u vezi, ova tabela predstavlja radnu tabelu koja se prazni poslije ažuriranja unesenih podataka u tabelu godišnjeg prometa materijala. Osnovni ključ ove tabele je šifra materijala koja obezbjeđuje uspostavljanje relacija sa tabelom matičnih podataka.

Prilikom unosa ovih podataka neophodno je uspostaviti logičke kontrole koje treba da obezbijede tačnost podataka prilikom ulaska u sistem. U okviru ove tabele poseban značaj ima podatak koji se odnosi na ažuriranje podataka dnevnog prometa u tabelu godišnjeg prometa. Kada se realizuje ažuriranje sloga u godišnji promet, polje statusa ažuriranja dobija vrijednost .T. (true, tačno) inače ostaje podrazumijevana vrijednost .F. (false, netačno). Ukoliko bi došlo do prekida operacije ažuriranja, moguće je istu operaciju ponoviti jer se preskaču slogovi sa statusom .T. Prilikom unosa novog dokumenta provjerava se ovaj status na posljednjem slogu, ako je on .T. prazni se tabela dnevnog promet koja je spremna za upis novog dokumenta. Upotreba ove tabele je pomoćnog karaktera pa zato predstavlja radnu tabelu ove baze podataka. Ukoliko obezbijedimo kvalitetne logičke kontrole na ulazu podataka u sistem, na taj način zanačajno ćemo smanjiti obim grešaka koje se u kasnijim fazama mnogo teže popravljaju.

Podaci vezani za godišnji promet materijala ažuriraju se putem tabele dnevnog prmeta, odnosno unosom dnevnih dokumenata. Ova tabela sadrži sve transakcije koje se odnose na poslovne promjene vezane za ulaz odnosno izlaz materijala u toku poslovne godine. Osnovni ključ koji obezbjeđuje povezivanje ove tabele sa ostalim tabelama baze podataka materijala je šifra materijala. Pomoćni ključevi omogućuju uvid korisniku u poslovne promjene vezane za materijal po raznim atributima kao što su datum knjiženja, datum dokumenta, broj naloga, vrsta dokumenta, konto materijala, broj dokumenta, grupa materijala i šifra skladišta. Ovako kreirana baza obezbjeđuje u potpunosti evidentiranje materijala po skladištima. Tabela godišnjeg prometa predstavlja osnovnu tabelu koja sadrži detaljne podatke o zalihama materijla po skladištima. Podaci kao što su broj naloga obezbjeđuje povezanost ove baze sa radnim nalozima pogonskog knjigovodstva. Na taj način moguće je automatski povezati troškove materijala sa pogonskim knjigovodstvom. Ova baza predstavlja dio integralne baze podataka svakog korisnika. Podaci kao što su nivelaciona cijena i nivelaciona količina koriste se prilikom promjene cijene materijala. Ovi podaci obezbjeđuju praćenje svih provedenih nivelacija po određenim skladištima. U toku inventure po skladištima materijala pune se polja vezana za stanje po inventuri i stanje po knjigovodstvu, te na taj način utvrđuje višak ili manjak u skladištu materijala.

Ukoliko se lista stanje materijala na određeni dan koji je identičan tekućem datumu, tada se stanje kreira koristeći podatke tabele stanja. Međutim, ukoliko želimo listati stanje po nekom određenom datumu isto se kreira putem tabele godišnjeg prometa. Osnovni ključ u ovoj tebeli je šifra materijala. Ovaj ključ obezbejeđuje uspostavljanje relacija sa svim ostalim tabelama po potrebi. Pomoćni ključevi kao što su šifra skladišta, šifra grupa materijala i šifra dobavljača obezbjeđuju kreiranje izvještaja po novadenim atributima Atributi ulaz materijala, izlaz materijala i cijena materijala omogućuju formiranje stanja materijala po količini, kao i finansijsko stanje materijala. Atribut stanje materijala po inventuri knjigovodstvu obezbejeđuju podatke za ispis pregleda inventure. Kada se realizuje ažuriranje sloga inventure, polje statusa ažuriranja dobija vrijednost .T. (true, tačno) inače ostaje podrazumijevana vrijednost .F. (false, netačno). Ukoliko bi došlo do prekida operacije

ažuriranja, moguće je istu operaciju ponoviti jer se preskaču slogovi sa statusom .T. Strukturu tabele grupa materijala sadrži podatke o grupama materijala. Osnovni ključ koji obezbjeđuje povezanost ove tabele sa ostalim tabelama baze podataka za upravljanje skladištem materijala je šifra grupe.

Grupa materijala obuhvata srodne materijale u određenom skladištu. Tabela konta materijala sadrži podatke o kontima na kojima se vodi stanje materijala u finansijskom knjigovodstvu. Osnovni ključ koji obezbjeđuje povezanost ove tabele sa ostalim tabelama baze podataka je šifra konta. Izvještaji vezani za stanje materijala po kontima, pored osnovnih podataka o materijalima, obezbjeđuje usklađivanje analitike stanja materijala sa sintetikom koja se vodi u glavnoj knjizi.

Tabela nosioca troška materijala sadrži podatke o nosiocu troška materijala. Osnovni ključ koji obezbjeđuje povezanost ove tabele sa ostalim tabelama baze podataka je šifra nosioca troška. Izvještaji vezani za trškove materijala po nosiocima automatski se mogu uključiti u aplikaciju pogonskog knjigovodstva. Ovaj atribut obezbjeđuje vezu između aplikacije materijalnog poslovanja i pogonskog knjigovodstva u cilju automatizacije poslovnih procesa. Šifarnik skladišta materijala čine podaci vezani za skladišta materijala ukoliko se isti vodi na više skladišta. Ova baza podataka obezbjeđuje automatsko vođenje više skladišta po potrebi. Osnovni ključ tabele skladišta materijala predstavlja šifra skladišta koja obezbjeđuje uspostavljenje relacija sa ostalim tabelama ove baze. Nadalje, šifarnik tipa promjene sadrži podatke o tipu promjene kao što su šifra, naziv i status promjene. Osnovni ključ koji obezbjeđuje povezanost ove tabele sa ostalim tabelama baze podataka je šifra tipa promjene. Atribut status promjene ukazuje da li se radi o transakciji koja se odnosi na ulaz ili izlaz materijala, te na taj način utiče na stanje materijala u skladištu. Nadalje, šifarnik vrste dokumenta sadrži podatke o vrsti dokumenta kao što su šifra, naziv i status vrste dokumenta. Osnovni ključ koji obezbjeđuje povezanost ove tabele sa ostalim tabelama baze podataka je šifra vrste dokumenta. I na kraju, strktura tabele poslovnih partnera čine podaci vezani za poslovne partnere preduzeća. Ova tabela sadrži podatke kao što su šifra, naziv, adresa i telefon poslovnog partnera. Osnovni ključ ove tabele predstavlja šifra poslovnog partnera.

5. ZAKLJUČAK

Projektovanje baze podataka podrazumijeva niz kompleksnih aktivnosti kao što su definisanje strukture baze podataka, pristup definisanim podacima, dizajniranje i administracija baze podataka, ocjena i izbor softvera za bazu podataka i drugo. Definisanje opšte strukture podataka u bazama podataka, pristup podacima i manipulisanje podacima u skladištu materijala ostvaruje se pomoću sistema za upravljanje bazama podataka. Uzevši u obzir činjenicu da je računarski kriminal stvarnost kompjuterskog doba u kojem živimo, može se konstatovati da se računari koriste kao sredstvo za realizaciju kriminalnih radnji. S tim u vezi, posebno je obrađena tema koja se odnosi na zaštitui i bezbjednost podataka u okviru informacionog sistema za upravljanje skladištem materijala. Pored toga, akcenat je dat i na zaštitu podataka u procesu kominikacije uz korištenje kriptografskih metoda zaštite. Savremene tehnike zaštite podataka i informacija su uspostavljanje pisane politike sigurnosti podataka i informacija, fizička zaštita, softveri sigurnosti odnosno sistemi za prevenciju i detekciju od neovlaštenog pristupa, biometrijske tehnike zaštite, kriptografske tehnike zaštite, plan stvaranja sigurnosnih kopija i plan oporavka, lozinka i lični identifikacioni broj, edukacija zaposlenih i slično.

U okviru ovog rada definisan je i autonoman model baze podataka za upravljanje skladištem materijala. Osnovnu strukturu ovog modela čine matični podaci o materijalima, dnevne transakcije o promjenama na materijalu, memorisane godišnje transakcije o promjenama na materijalu, podaci koji predstavljaju stanje materijala, šifarnik grupa materijala, konta materijala, skladišta materijala, tipova promjena na materijalima u skladištu i drugi podaci potrebni za efikasno upravljanje skladištem materijala. Ovaj model predstavlja značajan doprinos u razvoju informacionog sistema za upravljanje skladištem materijala, ali i informacionog preduzeća u cjelini. Osnovni cilj projektovanja baze podataka za upravljanje skladištem materijala je povećanje efikasnosti operativnih i upravljačkih poslovnih procesa u okviru ovog skladišnog sistema. Projektovana baza podataka predstavlja dobru osnovu za primjenu aplikativnog softvera i potpunu automatizaciju skladišnog poslovanja u okviru svakog privrednog subjekta.

6. LITERATURA

Carić, T., Buntić, M.(2015), Uvod u relacijske baze podataka, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu.

Baranović, M., Zakošek, S.,(2012), Baze podataka, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektronike i računarstva.

Bušić, D., (2015), Prikaz i analiza skladišnog sustava preduzeća, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu.

Grubor, G., Milosavljević, M.(2010), Istraga kompjuterskog kriminala, Beograd, Univerzitet Singidunum.

Goluža, A.,(2016), Analiza skladišnog sustava u farmacetskoj industriji, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.

Manger, R.(2014), Baze podataka, Element, Zagreb.

Silberschatz, A., Korth, H.,(2010), Database system concepts, 6th, New York: McGraw-HillEducation.

Sharma, N. i dr.,(2010), Database Fundamentals, IBM Canada Markham, Canada.

Stankić, R., Radovanović, L.,(2017), Poslovni informacioni sistemi, Brčko, Ekonomski fakultet.

Stjepanović, Ž., Božičković, Z., Krsmanović, M.(2020), Informacioni sistemi, Istočno Sarajevo, Univerzitet u Istočnom Sarajevu Saobraćajni fakultet Doboj.

http://www.znanje.org/abc7tutorials/accessMMX/relacije.htm

http://moodle.srce.hr/eportfolio/artefact/filr/download

http://www.hr.wikepedia.org/wiki/Microsoft SQL Server.htm

http://www.cis.hr/www.edicija/LINKED Documents/CCERT-PUBDOC-2006-11-171.pdf

http://databases.about.com/od/sql/a/What-Is-Sql.htm

https://www.thebalance.com/implementing-a-warehouse-management-system-wms-2221330

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ALGORITHM FOR ASSESSING THE CURRENT DRIVER'S ABILITY TO DRIVE A VEHICLE BASED ON EYE PARAMETER RECOGNITION

Gordana Jotanović[a], Željko Stojanov[b], Dragan Peraković[c] , Amel Kosovac[d], Aleksandar Damjanović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Misica 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, gordana.jotanovic@sf.ues.rs.ba, aleksandar.damjanovic@hotmail.com*

[b] *University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin", Djure Djakovica bb, 23000 Zrenjanin, Serbia, zeljko.stojanov@uns.ac.rs*

[c] *University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Borongajska cesta 83a, 10000 Zagreb, Croatia, dperakovic@fpz.unizg.hr*

[d] *University of Sarajevo, Faculty of Transport and Communications, Zmaja od Bosne 8, 71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, amelkosovac@gmail.com*

Abstract: *The algorithm presented in the paper deals with the eye parameters recognition (pupils/iris) on the basis of which the driver's current ability to drive is determined. The algorithm can be applied in transport companies, where employers strive for maximum efficiency of professional drivers at work, in order to ensure safe transport of people and goods. The problem is how to recognize in real time a driver who is not capable of driving a vehicle? Daily testing of drivers for alcohol, drugs, illicit drugs and fatigue significantly increases the costs of transport companies. Using an iris/pupil recognition algorithm, we can identify deviant conditions and use them to assess a professional current driver's ability to drive.*

Key words: *Professional driver; eye parameter recognition; Hough's transformation; Canny detection; segmentation*

1. INTRODUCTION

One of the problems in the field of "computer vision" is recognizing the location, orientation or number of certain objects. An example of this type of problem is current in the field of recognizing or detecting the parameters of the human eye. Assessment of driving ability can be performed on the basis of this type of recognition. A deviant condition within the assessment can be called narrowing or widening of the pupil/iris when drivers take drugs, drink alcohol, consume certain types of medication, are tired, depressed, etc.

It is known that the diameter of the pupil expands in the dark (which improves night vision), and narrows in bright light, protecting the eyes from harmful influences. Strong emotions cause increased production of hormones, and their sudden release into the bloodstream also becomes the reason for the dilation of the pupil. The aim of this research is to create an algorithm, and later a software solution that, based on the recognized eye parameters, makes an assessment of the driver's current ability to drive. Deviant conditions of dilation or narrowing of the pupil/iris of the eye are the basis for assessing the driving abilities of drivers in real time. The results of the assessment could be used in terms of sanctioning drivers by excluding them from traffic, and thus protecting people and goods.

The algorithm presented in this paper has application in assessing the current driving abilities of professional drivers. Professional drivers include drivers of trucks, buses, trams or taxis, and they transport goods and passengers from point A to point B. They are also tasked with taking care of their vehicle, cargo and passengers during transport. The safety of people and goods depends on the driver's current ability to drive the vehicle, for which professional drivers are in charge. Therefore, there is a need to test the driver's current driving ability on a daily basis. Employers of transport companies strive for maximum efficiency of professional drivers at work, in order to ensure safe transport of people and goods. Therefore, the current ability to drive for professional drivers is of great importance for the life and work of people.

The paper is structured as follows: The first part contains an introduction to the issue. The second part deals with thematic considerations in related work. The third part describes the algorithm for assessing the

current driver's ability to drive a vehicle. The fourth part deals with the test results, as well as the discussion of the presented results. Concluding remarks and future development of the research are presented in the fifth part.

2. RELATED WORK

Many papers have studied pupil/iris recognition techniques in different settings, where the likelihood of obtaining non-ideal pupil/iris images is high due to male/female gender, reflective glasses, eye condition (open or closed), and lighting conditions. Most iris segmentation methods primarily focus on accurate iris detection in images taken in a predetermined environment.

Recognition of eye characteristics based on a face-oriented camera, and processing of collected images on a server are the subject of many studies. This approach is practical from a camera point of view, but requires additional investment in network infrastructure for data transmission. Which requires different techniques, some of which use devices like a pupillometer, which is not always a practical solution (Meeker, 2005).

Many studies are concerned with monitoring the results of measuring the ratio of the iris to the pupil over time, based on images from the camera. Iris and pupil measurement methods are often based on detection of gaze tracking (Mukawa, 2004), assessment of emotions (Kawai, 2013), assessment of the Autonomic Nervous System (ANS) (Usui & Hirata, 1995), and detection of right and left pupils eye (Eckstein, 2017).

Previously used methods for iris/pupil detection were based on Haug's transformation (Wildes et al., 1996; Ballard, 1980). However, iris localizations based on such an algorithm are complex because they seek limit values on the entire eye image (Radman, Jumari & Zainal, 2012).

Detection methods based on this algorithm are complex because they require boundaries at the edges of the whole image (Daugman, 2004). However, today there is the possibility of local data processing, with the help of a computer directly connected to the camera so that the algorithm regains its importance (Hassanein et al., 2015).

Discovering the eyes and their parts are important tasks in computer vision (Charles & Stewart, 2008). Numerous applications have recently been developed to monitor the frequency of eye blinking, gaze, and other phenomena, but this requires collecting a large number of real-life images.

The research presented by Zadnik & Žemva (2021) had the task of checking whether a compact access control device based on iris recognition technology, intended for easy installation on doors in smart cities, is acceptable as a low-cost solution?

3. ALGORITHM FOR ASSESSING THE CURRENT DRIVER'S ABILITY TO DRIVE A VEHICLE

The algorithm presented in this paper deals with the assessment of the current driving ability of the driver based on the eye parameters recognition (pupils and iris). For the safety of the people and goods for which professional drivers are in charge, there is a need to test the driver's driving ability on a daily basis. The process of assessing the current driver's ability to drive a vehicle consists of the following sub-processes: sub-process of image preparation, sub-process of eye parameters (pupils / irises) recognition, sub-process of checking initial values, Figure 1.

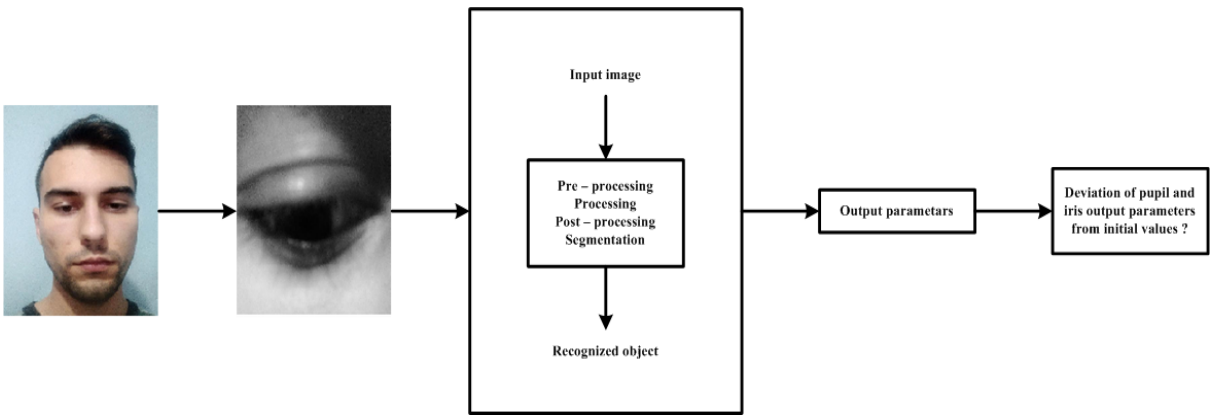


Figure 1. The process of assessing the current driver's ability to drive a vehicle

The algorithm for assessing the current ability of the driver to drive the vehicle operates on the principle of eye parameters (pupils/irises) recognition based on a black and white image of eye that has previously undergone a sub-process of image preparation (sub-process of image preparation), which is shown in Figure 2.

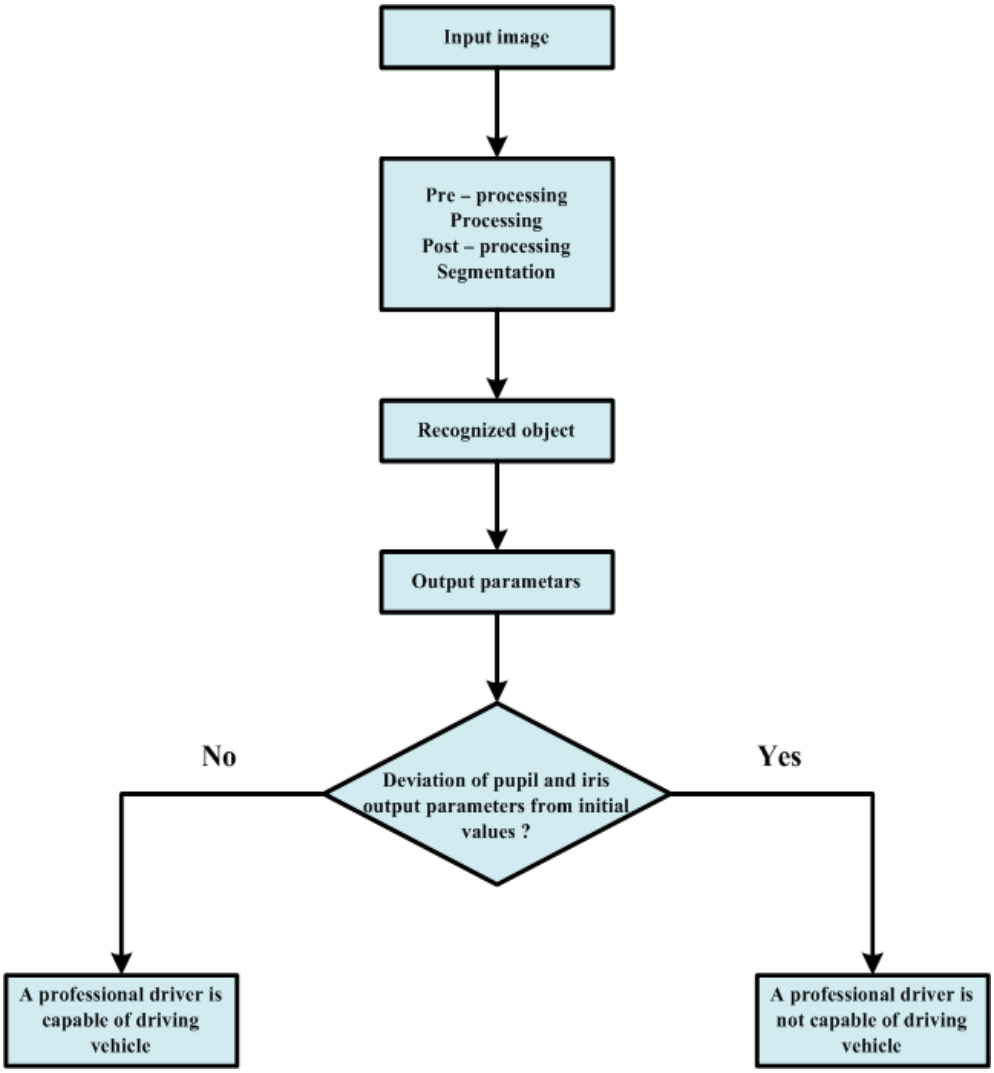


Figure 2. Algorithm for assessing the current driver's ability to drive a vehicle

The object recognition sub-process for results gives pupil and iris radius sizes by which the pupil/iris surface difference is further calculated (Jotanovic et al., 2021). When the recognition sub-process is complete then the values of the pupil and iris parameters (real-time image) are compared with the initial values of the pupil/iris parameters found in the dataset of images taken when hiring the driver. By comparing the initial values of the pupil/iris parameters with the output values, we obtain deviations that may indicate a change that could affect the current ability of the professional driver to drive the vehicle (sub-process of checking the initial values).

3.1. Image preparation

The operation of the Algorithm depends on two images of the same driver. The first shooting is done when hiring a professional driver and the second in real time, i.e. when the driver enters the vehicle. It is very important for the functioning of the Algorithm that the images in both shooting be taken under similar conditions. When taking images, it is necessary to pay attention to the image of the driver's being frontal, without glasses and the best possible resolution. It is also advisable to fix the camera or mobile phone, so that the image quality is as good as possible. After that, the images are sent for further processing (see Figure 1).

3.2. Eye parameters (pupils/irises) recognition

The pupil/iris recognition from the digital image is performed using the Algorithm for assessing the driver's current ability to drive a vehicle. Recognition, the Algorithm is performed on the basis of Hough's

transformation. In this case, it is a circular Hough transformation, as well as its application to recognize round objects of a more specific pupil / iris.

Pupil/iris recognition consists of 4 segments:

- Pre-processing (preparation for processing).
- Processing (Hough's transformation).
- Post-processing (edge detection by Canny method).
- Segmentation (segmentation algorithm).

In the pre-processing phase, the so-called frame blurring (known as the frame linear filter) is performed. A linear spatial domain filter each pixel in the resulting image has a value equal to the average value of adjacent pixels in the input image. It is a form of low-pass ("blurring") filter. Frame blurring was used to approximate Gaussian blur (Jarosz, 2001). In the frequency domain, frame blur contains zero and negative components (Getreuer, 2013). That is, a sine wave with a time equal to the size of the frame to be blurred, and wavelengths shorter than the size of the frame can be phase inverted, as seen when two circles touch in the form of a bright point.

In the processing phase, the image is processed using the Hough transformation. The Hough transformation is used to detect a parametric curve (circle). It is a robust detector that is tolerant and relatively unaffected by image noise, making it a good choice for detection in low resolution images.

The post-processing phase involves the application of Canny edge detection. The image processed by the Hough transformation is further processed by a Canny edge detector for two thresholds: a threshold set to detect the iris and a threshold set to detect the pupil.

The segmentation phase is used to find the circle representing the pupil/iris. The next step is to apply an image segmentation algorithm. The goal of segmentation is to find only circular segments in the previously obtained edge chains of pixels, which is in accordance with the shape of the pupil / iris.

The complete process of applying the transformations is performed using a Java application, which is additionally adapted so that low-quality images can be processed, such as those taken with a mobile phone camera.

3.3. Checking the initial values

The initial values are checked by comparing the eye parameters (pupils/irises) for two different images of the same driver, after the Algorithm performs recognition (pupils/irises) from both images of the driver separately. That is, the task of the Algorithm is to compare the values of eye parameters (pupil/iris) obtained on the basis of a real-time image of a professional driver and images of the same driver taken from a previously formed data set of all employed professional drivers (reference values). The calculated area of the (pupil/iris) recognized from the driver image in real time is compared with the area of the (pupil/iris) image of the same driver from the data set of all employed professional drivers. Based on this, the deviation from the reference value is calculated. Deviation from the reference value may indicate a change in the driving ability of professional drivers. Based on a comparison of the pupil-iris relationship from the images of the same driver, a prediction can be made regarding the driver’s current ability to drive the vehicle. The prediction is forwarded to the dispatch center in the form of a text message that may read "A professional driver is capable of driving a vehicle." or "A professional driver is not capable of driving a vehicle." An assessment of the driver's current ability to drive a vehicle can be performed on a daily basis for all professional drivers or only when a particular driver enters the vehicle.

4. RESULTS AND DISCUSSION

The success of the Algorithm for assessing the current driver's ability to drive depends primarily on the success of pupil/iris recognition based on the driver's image in real time. Pupil/iris recognition performance testing was performed based on images derived from a set of 160 samples. Set II is a replication of Set I, both sets containing 20 samples of corresponding images selected at random.

Cases of pupil / iris recognition based on the image are presented in two cases with two states: A-images with (open / semi-open) eye; B-images with front / angle imaging, which is presented in Table 1. Images with the eye closed are not considered because it is impossible to detect the iris and pupil, it is recommended that such images be discarded and re-photographed. Table 1. shows the interactions between factors (AB) and cases (Initial state, a, b, ab).

Table 1. Factors and interactions in the image recognition process

	Factors and interactions				Replication			Sum
		A	B	AB	I	II		(I + II)
Initial state	+	-	-	+	11	12		23
a	+	+	-	-	13	14		27
b	+	-	+	-	14	14		28
ab	+	+	+	+	18	17		35

Factor status display:

A: open (+), semi-open (-)

B: front (+), angle (-)

Based on the test results, we can conclude that the best percentage of iris and pupil detection is case (ab), at Set I 90%, and at Set II 85% detection accuracy. Case (ab) involves an open eye, with images taken frontally. Slightly worse, but satisfactory are cases (b, and Initial state), case (b) with an accuracy percentage of 70% for both sets; case (a) with 65% accuracy for Set I and 70% for Set II; and Initial state with an accuracy percentage of 55% for Set I and 60% for Set II. Therefore, we conclude that the results of iris and pupil detection are worse if the corresponding real-time images are taken at a certain shooting angle.

5. CONCLUSION

The research presented in this paper is based on the development of an Algorithm for assessing the current ability of professional drivers to drive a vehicle. The most important part of the Algorithm for assessing the driver's current ability to drive is the recognition of the eye area based on the driver's image. The algorithm detects 2 areas of the eye (iris/pupil). Recognition is performed using the geometric properties of the eye. Based on the recognition of recognition success, we can conclude that the recognition of the iris/pupil of the eye based on the driver's image primarily depends on: the quality of the driver's image, the angle of the driver's eye (open / semi-open) and (front / angle), lighting mode at the time of image formation and other factors.

Based on a comparison of the relationship between the iris and the pupil from a real-time image of a professional driver and an image of the same driver taken from a previously formed dataset of all employed professional drivers, the Algorithm provides an assessment of the professional driver's current ability to drive. The result of the assessment is a text message that is forwarded to the dispatch center and can read "A professional driver is capable of driving a vehicle." and “A professional driver is not capable of driving a vehicle.”. The assessment of the current ability of professional drivers to drive a vehicle can be wrong if the driver was under the influence of alcohol, narcotics, illicit drugs, etc. during the first and other eye examinations. The lack of assessment can be avoided by paying attention to the behavior of professional drivers before the first photo shoot.

Further research is needed to improve the presented Algorithm, and so that iris/pupil detection results can be applied in eye tracking systems using biometric systems. Based on that, a fast and precise system for real use would be created, which would be based on a hardware-software platform that would be used for that purpose. A research-friendly solution, in addition to a low-resolution camera, could include a battery-powered Roseberry Pi platform that would be in the vehicle and could process driver images taken from the camera during the entire route. One of the roles of such a system could be to assess the ability of professional drivers to drive the vehicle throughout the route, and not just at the starting point of the route when a professional driver needs to start driving. The software solution would have the task of real-time assessment of the driver's ability to drive the vehicle and make recommendations based on that assessment. Recommendations addressed to the dispatch center could range from a simple warning, a request to temporarily disconnect the driver from the vehicle, to a recommendation that the driver be completely disconnected from the vehicle for an extended period of time.

6. REFERENCE

Ballard, D. H. (1980). Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes. Ridge Based Palmprint Matching. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Matching Intelligence.

Charles V. Stewart, R. E. (7.2.2008). Techniques Developed in Computer Vision, 2008.

Daugman, J. (2009). How iris recognition works. In The essential guide to image processing (pp. 715-739). Academic Press.

Eckstein, M. K., Guerra-Carrillo, B., Singley, A. T. M., & Bunge, S. A. (2017). Beyond eye gaze: What else can eyetracking reveal about cognition and cognitive development?. Developmental cognitive neuroscience, 25, 69-91.

Getreuer, P. (2013). ASurvey of Gaussian Convolution Algorithms.

Hassanein, A. S., Mohammad, S., Sameer, M., & Ragab, M. E. (2015). A survey on Hough transform, theory, techniques and applications. arXiv preprint arXiv:1502.02160.

Jarosz, W. (2001). Fast image convolutions. In SIGGRAPH Workshop.

Jotanovic, G., Jausevac, G., Kostadinovic, M., Damjanovic, A., & Brtka, V. (2021, March). Eye Detection Model for Assessing the Working Capacities of Employees. In 2021 20th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH) (pp. 1-5). IEEE.

Kawai, S., Takano, H., & Nakamura, K. (2013, October). Pupil diameter variation in positive and negative emotions with visual stimulus. In 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (pp. 4179-4183). IEEE.

M. Meeker, R. Du, P. Bacchetti, and C. M. Privitera, (2005) 'Pupil examination: validity and clinical utility of an automated pupillometer', Journal of Neuroscience Nursing, vol. 37, no. 1, p. 34.

Mukawa, T. O. (2004). A free-head, simple calibration, gaze tracking system that enables gaze-based interaction.

Radman, A., Jumari, K., & Zainal, N. (2012). Iris segmentation in visible wavelength environment. Procedia Engineering, 41, 743-748.

R. P. Wildes et al., (1996) "A machine-vision system for iris recognition", Machine vision and Applications, vol. 9, no. 1, pp. 1-8.

Usui, S., & Hirata, Y. (1995). Estimation of autonomic nervous activity using the inverse dynamic model of the pupil muscle plant. Annals of biomedical engineering, 23(4), 375-387.

Zadnik, D., & Žemva, A. (2021). Image Acquisition Device for Smart-City Access Control Applications Based on Iris Recognition. Sensors, 21(18), 6185.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

AUTOMATIC DISCRETIZATION PARAMETERS FOR ASSESSING THE GUILT IN ROAD ACCIDENTS

AUTOMATSKA DISKRETIZACIJA PARAMETARA ZA PROCJENU KRIVICE U SAOBRAĆAJNIM NEZGODAMA

Goran Jauševac[a], Vladimir Brtka[b], Dalibor Dobrilović[b], Branko Jotanović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Misica 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, goran.jausevac@sf.ues.rs.ba, jotan.bra.94@gmail.com*

[b] *University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin", Djure Djakovica bb, 23000 Zrenjanin, Serbia, vbrtka@tfzr.uns.ac.rs, dalibor.dobrilovic@tfzr.rs*

Abstract: *The least desired consequence of traffic are traffic accidents. Human race and the environment are the actors of many different complex traffic situations in which they participate with all their characteristics, dimensions and capacities. Based on the expert's findings, the propensity for offenses in the form of speeding and the lack of thoroughness in making decisions are directly related to the increased risk of a traffic accident. One of the essential elements of a traffic accident is an adequate assessment of guilt based on known parameters. The aim of the research is to automate the process of assessing the guilt of traffic accidents, in order to avoid errors or oversights in the assessment. The tasks of this research are the formation of a database of traffic accidents and the discretization of parameters for the assessment of guilt in traffic accidents. The result of the research is the generation of IF… THEN rules for the assessment of traffic accidents based on expert reports. The research was conducted with a special emphasis on assisting the judicial system in making decisions based on expert reports on traffic accidents.*

Key words: *Traffic accidents, traffic expert reports, automatic discretization of parameters, Rough Set Theory*

Apstrakt: *Najmanje željena posljedica saobraćaja su saobraćajne nezgode. Čovek i okruženje su akteri brojnih različitih složenih saobraćajnih situacija u kojima učestvuju sa svim svojim obeležjima, dimenzijama i kapacitetima. Na osnovu nalaza vještaka, sklonost prekršajima u obliku brze vožnje i nedostatka temeljitosti u donošenju odluka direktno su povezani sa povećanim rizikom od saobraćajne nezgode. Jedan od bitnih elemenata saobraćajne nezgode je adekvatna procjena krivice na osnovu poznatih parametara. Cilj istraživanja je automatizovati proces procjene krivice saobraćajnih nezgoda, kako bi se izbjegle greške ili previdi u procjeni. Zadaci ovog istraživanja su formiranje baze podataka saobraćjnih nezgoda i diskretizacija parametara za procjenu krivice u saobraćajnim nezgodama. Rezultat istraživanja je generisanje IF…THEN pravila za procjenu saobraćajnih nezgoda zasnovanih na izvještajima vještaka. Istraživanje je izvršeno sa posebnim akcentom na pomoć pravosudnom sistemu u donošenju odluka na osnovu izvještaja vještaka o saobraćajnim nezgodama.*

Ključne riječi: *Saobraćajne nezgode, izvještaj vještaka o saobraćajnoj nezgodi, automatska diskretizuacija parametara, Teorija grubih skupova*

1. INTRODUCTION

Since the first traffic accident in England in 1834 (Lipovac, 1994, p. 1 3), the number of accidents has constantly been increasing, which has attracted the attention of researchers worldwide (Prentkovskis et al.,2010). The main causes of traffic accidents are Driver, Vehicle, Road, and Environment (D-V-R-E) (Dragač, 2000). Traffic accidents are one of the main problems around the world, and in addition, they cause mortality they are the cause of massive material damage (Yang et al., 2013). According to the latest research, the number of victims in traffic accidents worldwide is about 1,354,840 people in the last year (WHO,2021). Another shocking fact is that traffic accidents are the first cause of death in the population aged 15-29 (WHO, 2015).

However, to determine the current state of the trend in traffic safety, appropriate measurements are needed. Measurements in traffic safety are necessary for determining the effects of the application of measures. That is, by establishing the value of one or more traffic safety indicators, before and after the application of measures. It is also possible to determine the effects of these measures on improving traffic safety.

The behavior of people in traffic is extremely complex and specific because a person is constantly affected by a large number of stimuli and information related to the vehicle, the specifics of the road and the environment, and other participants in traffic. He must constantly monitor and control the direction of movement and, if necessary, correct it. It must do so quickly and with quality so as not to endanger its safety and the safety of other road users. As traffic situations change rapidly, their outcome cannot be accurately predicted. Traffic safety has long been recognized as a global problem. The European Union has long-established strategies for monitoring the efficiency of the entire transport system, as well as the measures are taken. The strategies primarily refer to the application of measures for recording the number of deaths as a result of traffic accidents. Research in this domain has confirmed numerous and important traffic safety factors. Most of the factors of traffic accidents come from man, his characteristics as a regulator of behavior (Milošević, 1994). This fact obliges the man, the most important participant in traffic, to be given the most attention.

The paper is structured as follows: The second part deals with thematic considerations related to the research problem. The third part describes the implementation of the Rough Set Theory within the analysis of traffic accidents. The fourth part deals with the formation of a database as well as the discretization of parameters for the assessment of guilt in traffic accidents, the result of which is a set of If. Then rules, as well as the discussion of the obtained results. Concluding remarks and future development of the research are presented in the fifth part.

2. RELATED WORK

The practice of meta-expertise in the case verdicts "was guided" by the presupposition that different types of expert claims would elicit different sorts of responses from judges (Taipale, J., 2019a). Tadei et al. (2016) concluded that judges fare poorly at evaluating scientific evidence and testimonial, and do not understand the required scientific-analytical principles. General evaluation criteria do not help in evaluating the veracity of knowledge claims because expertise is always specific to a field (or field of application) (Lynch, 2014). Taipale, J. (2019b) showed how different approaches to analyzing legal courts evaluation of expertise are productive in the sense that they generate influential understandings of the issue, and second, that interpretative flexibility is important in understanding judges evaluation practice and the role of scientific expertise for courts decision making.

Software tools provide valuable assistance to various experts in reconstructing and analyzing traffic accidents. The accident investigators become the major expert users with the working knowledge related to the accident investigation and reconstruction (Jauševac G., et al., 2015). It is important to note here, that computers and software tools do not replace expert knowledge. They allow experts to analyze traffic accidents more quickly and more thoroughly and, therefore, more accurately. For the proper functioning of these software tools, reliable input data is necessary (Jauševac G., Stojanov Ž., 2015).

Žunić et al. (2017) assume that in the future the data from the traffic accidents expertise could be supplemented by the data from the insurance companies, healthcare institutions, service institutions, and other subjects with the data important for determining the cause (and circumstances) of the traffic accidents. As well as application of semantic analysis and adequate algorithms in the field of Machine learning and Deep learning is being planned for prediction.

Based on the expert's findings, the propensity for speeding offenses in the form of speeding and the lack of thoroughness in making decisions are directly related to the increased risk of an accident (West, Elander & French, 1992). The research was in line with this view, focusing in particular on driving speed as an important risk factor for traffic accidents. It was shown that the registered fast driving is in correlation with the risk of accidents, with the fact that accidents are often recorded retrospectively. Although the association between speed and accident risk has already been well established, this research has shown that it is not independent of mileage, driving experience, age, and gender.

Reason (1991) showed that drivers who acquired a relatively high level of offenses while driving also tended to be more represented among accidents, while there was no significant association between errors reported while driving and participation in an accident. Violations are defined as intentional deviations from safe driving practices. Errors are defined as driving errors or omissions such as forgetting to check the rearview mirror.

3. IMPLEMENTATION OF THE THEORY OF ROUGH SETS IN THE ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS

The implementation of the theory of rough sets in the analysis of traffic accidents involves the consideration and explanation of two key components of the knowledge base and the conclusion mechanism. These two components need to be considered and described at the level of understanding, clarity of their role. The content of the knowledge base is important due to the connection with the data related to traffic accidents. The mechanism of inference depends on the chosen method or technique of inference and the form in which the content of the knowledge base is presented.

The basis for the formation of the knowledge base and the mechanism of inference in this paper is the Theory of Rough Sets. It represents the theoretical basis for the implementation of the system for the analysis of traffic accidents.

The theory of rough sets was proposed by the Polish researcher Pawlak in the 1980s. It refers to the analysis of data that is incomplete, sometimes often unclear, and may contain numbers and words. Its application domains are artificial intelligence, machine learning, data collection, data mining, analysis and decision making, expert systems, decision support systems, pattern recognition, etc. For these reasons, it is very suitable for the analysis of traffic accidents based on the discretization of parameters for the assessment of guilt in traffic accidents. Rough set theory, by analyzing the available data, enables conclusions to be drawn based on the content of the knowledge base, so that it can be used as a reasoning mechanism. Certainly, the reasoning mechanism does not have to be based on this theory, it is possible to choose different reasoning mechanisms.

The rough set theory uses data as input and analyzes them in order to form rules that are the result of automatic discretization of parameters for assessing guilt in traffic accidents.

4. AUTOMATIC DISCRETISATION OF PARAMETERS FOR GUILT ASSESSMENT IN TRAFFIC ACCIDENTS

In order to perform automatic discretization of parameters for the assessment of guilt in traffic accidents, it is necessary that the data be in the form of a table in which rows represent data on individual traffic accidents, and columns represent individual parameters of traffic accidents. This form of input data is shown in Figure 1.

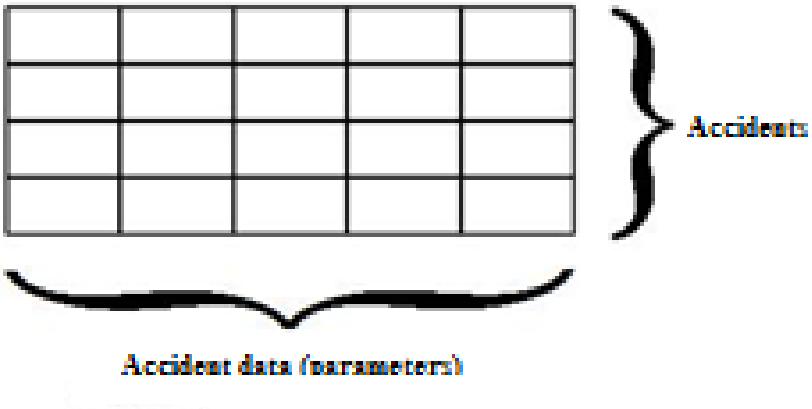


Figure 1. Table with data on traffic accidents

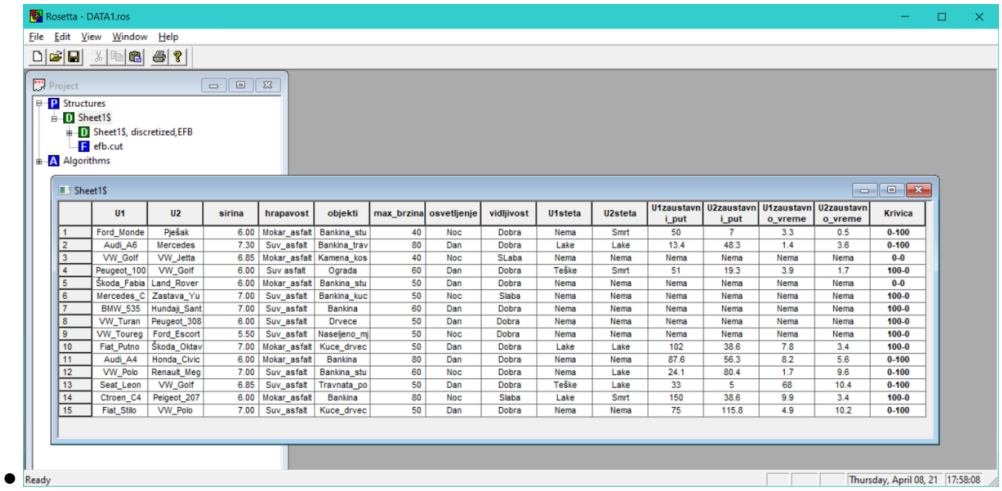
The form of the table containing the data is very widespread, so that, in this sense, the processing of input data is facilitated. Based on the data presented in this way, sets of IF THEN rules are generated.

Each traffic accident is described by parameters. The system we are considering takes into account the interaction of two participants in an accident. Based on the previously presented parameters of the traffic accident, it is necessary to assess which participant is to blame. This type of assessment is performed by experts, persons who are trained and trained for it and have some experience.

The analysis of traffic accidents contains an assessment in the following form:

- 100-0 participant 1 is guilty
- 0-100 participant 2 is guilty
- none of the participants are guilty

This estimate is added as a new column in the table (sample or training set) containing data on traffic accidents, Figure 2.



	U1	U2	sirina	hrapavost	objekti	max_brzina	osvetljenje	vidljivost	U1steta	U2steta	U1zaustavni_put	U2zaustavni_put	U1zaustavno_vreme	U2zaustavno_vreme	Krivica
1	Ford_Monde	Pješak	6.00	Mokar_asfalt	Bankina_stu	40	Noc	Dobra	Nema	Smrt	50	7	3.3	0.5	0-100
2	Audi_A6	Mercedes	7.30	Suv_asfalt	Bankina_trav	80	Dan	Dobra	Lake	Lake	13.4	48.3	1.4	3.6	0-100
3	VW_Golf	VW_Jetta	6.85	Mokar_asfalt	Kamena_kos	40	Noc	SLaba	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	0-0
4	Peugeot_100	VW_Golf	6.00	Suv asfalt	Ograda	60	Dan	Dobra	Teške	Smrt	51	19.3	3.9	1.7	100-0
5	Škoda_Fabia	Land_Rover	6.00	Mokar_asfalt	Bankina_stu	50	Dan	Dobra	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	0-0
6	Mercedes_C	Zastava_Yu	7.00	Suv_asfalt	Bankina_kuc	50	Noc	Slaba	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	100-0
7	BMW_535	Hundaji_Sant	7.00	Suv_asfalt	Bankina	60	Dan	Dobra	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	100-0
8	VW_Turan	Peugeot_308	6.00	Suv_asfalt	Drvece	50	Dan	Dobra	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	100-0
9	VW_Toureg	Ford_Escort	5.50	Suv_asfalt	Naseljeno_mj	50	Noc	Dobra	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	Nema	100-0
10	Fiat_Putno	Škoda_Oktav	7.00	Mokar_asfalt	Kuce_drvec	50	Dan	Dobra	Lake	Lake	102	38.6	7.8	3.4	100-0
11	Audi_A4	Honda_Civic	6.00	Mokar_asfalt	Bankina	80	Dan	Dobra	Nema	Nema	87.6	56.3	8.2	5.6	0-100
12	VW_Polo	Renault_Meg	7.00	Suv_asfalt	Bankina_stu	60	Noc	Dobra	Nema	Lake	24.1	80.4	1.7	9.6	0-100
13	Seat_Leon	VW_Golf	6.85	Suv_asfalt	Travnata_po	50	Dan	Dobra	Teške	Lake	33	5	68	10.4	0-100
14	Ctroen_C4	Peigeot_207	6.00	Mokar_asfalt	Bankina	80	Noc	Slaba	Lake	Smrt	150	38.6	9.9	3.4	100-0
15	Fiat_Stilo	VW_Polo	7.00	Suv_asfalt	Kuce_drvec	50	Dan	Dobra	Nema	Nema	75	115.8	4.9	10.2	0-100

Figure 2. Data loaded into the "Rosetta" system

The application of coarse set theory will perform an analysis of the influence of all parameters on the final decision on which of the participants is to blame, and the result of the analysis will be presented in the form of a larger number (set) of IF THEN rules. This form is suitable to be the content of a knowledge base, is relatively readable and easy to understand. Also, the set of IF THEN rules achieves a degree of generality that is essential to the knowledge base.

The description of the procedure for applying the theory of rough sets implies the application of the following steps:

1. Preparation of data for analysis
2. Discretization of continuous (real) values of numerical parameters
3. Determining the essential parameters to assess which of the participants is to blame
4. Generating IF THEN rules

Each of these steps will be described in detail to understand how it works.

Preparation of data for analysis involves processing the table in which the data is located, specifically: naming the columns of the table, checking spelling errors, deleting unnecessary types and columns. It is important that the “decision” is placed as the last column of the table, which means that the value of all other columns will be evaluated on this column that contains the decision. The usual input formats are xls or xlsx which are available from MS Excel, so this process is much easier. After data preparation, the "Rosetta" software system is started and the data is loaded.

The discretization process is somewhat more complicated but various existing tools can be used to automate it. Namely, the data table contains columns whose word values are, for example: visibility can be good, mediocre, poor, bad, etc. The same applies to lighting (time of day), the roughness of the asphalt, which is observed in terms of whether the asphalt is dry or wet. The participants in the accident (meaning vehicles or pedestrians) are also of this type, as well as the type of facilities along the road. We do not have to correct such data in any way and they are ready for further analysis process. Data that are numerical in nature, primarily represented by real numbers, must be processed by being classified or categorized. Examples of this type of data are: speed, width of the road, length of the stopping distance, duration of the stopping time, etc. Such values are placed in two, three or rarely more categories (intervals). An example is a speed that can be, for example, up to 55 km / h, between 56 and 70 km / h and more than 70 km / h. This process is automated.

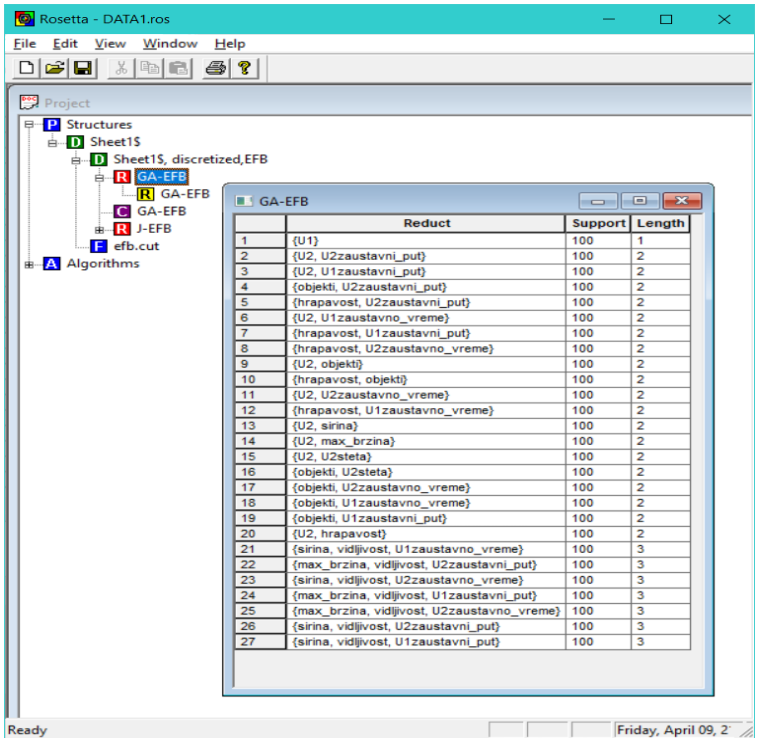
The theory of rough sets enables the identification of important parameters (column of the table in this case) that have a special influence on the decision of the expert on which of the participants in the traffic accident is to blame. At the same time, it is possible that there are several sets of important parameters, which makes the application of the theory more important. Namely, it is convenient to choose the set of essential parameters whose values are the easiest to measure or the measurement does not require significant resources to be spent. Examples are: road width, stopping distance (braking marks), etc. On the other hand, the duration of the stopping time may depend on several factors, as well as the assessment of possible damage to the vehicle. Some values often depend on the statements of the participants in the traffic accident and can have a subjective character. Recognition of essential parameters and generation of several sets of essential parameters.

The step of generating the IF THEN rule is the last in a series, and it is carried out simply: one or more sets of essential parameters are selected, as previously explained, and then the essential parameters are compared with the original table containing the data. The "If" (IF) part of the rule (antecedent) is created by logically merging the essential parameters (AND logical conjunction is used), and the "Then" (THEN) part of the rule (consecutive) is created by reading the expert's decision on which of the participants in the accident is guilty.

This completes the process of forming a set of IF THEN rules, followed by an analysis of the resulting rules, which is usually performed by experts. The resulting IF THEN rules are placed in the knowledge base and in that case can be used by the reasoning mechanism to fulfill a role that is most often advisory or predictive. The user is able to enter the available data on the traffic accident, and the reasoning mechanism will report the conclusion based on the knowledge base and present it to the user via the user interface.

5. RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of the content of the knowledge base by the nature of things is performed by experts. Therefore, it is not desirable for the analysis to be performed by persons who are not sufficiently professional or at the expert level of knowledge on this issue. Nevertheless, it is possible to give formal recommendations resulting from the automatic discretization of the parameters for fault assessment in traffic accidents. Parameter analysis can be formally conducted in several ways, but there are two basic ones: analysis of sets of important parameters that affect the assessment of which of the participants is to blame and analysis of the rule base itself, Figure 3.



	Reduct	Support	Length
1	{U1}	100	1
2	{U2, U2zaustavni_put}	100	2
3	{U2, U1zaustavni_put}	100	2
4	{objekti, U2zaustavni_put}	100	2
5	{hrapavost, U2zaustavni_put}	100	2
6	{U2, U1zaustavno_vreme}	100	2
7	{hrapavost, U1zaustavni_put}	100	2
8	{hrapavost, U2zaustavno_vreme}	100	2
9	{U2, objekti}	100	2
10	{hrapavost, objekti}	100	2
11	{U2, U2zaustavno_vreme}	100	2
12	{hrapavost, U1zaustavno_vreme}	100	2
13	{U2, sirina}	100	2
14	{U2, max_brzina}	100	2
15	{U2, U2steta}	100	2
16	{objekti, U2steta}	100	2
17	{objekti, U2zaustavno_vreme}	100	2
18	{objekti, U1zaustavno_vreme}	100	2
19	{objekti, U1zaustavni_put}	100	2
20	{U2, hrapavost}	100	2
21	{sirina, vidljivost, U1zaustavno_vreme}	100	3
22	{max_brzina, vidljivost, U2zaustavni_put}	100	3
23	{sirina, vidljivost, U2zaustavno_vreme}	100	3
24	{max_brzina, vidljivost, U1zaustavni_put}	100	3
25	{max_brzina, vidljivost, U2zaustavno_vreme}	100	3
26	{sirina, vidljivost, U2zaustavni_put}	100	3
27	{sirina, vidljivost, U1zaustavni_put}	100	3

Figure 3. Sets of essential parameters to determine which of the participants in a traffic accident is to blame

When analyzing sets of important parameters that affect the assessment of which of the participants is to blame, it is possible to compare these sets according to the importance or cost of measuring these parameters. An example of an illustrative character is the comparison of two sets (26 and 27 from Figure 3): {width, visibility, U2stop_path} and {width, visibility, U1stop_path}. The obvious recommendation is to measure the width of the carriageway and visibility, and a choice is made around measuring the stopping distance of one of the participants, which may be sufficient for a final assessment of guilt. This of course does not preclude measuring the length of the stopping distances of both participants, but only indicates that there is a possibility that one measurement is sufficient as to the conditions when this is the case (depending on the width of the road and visibility). An expert is needed for a deeper analysis of this type.

The analysis of the content of the knowledge base is performed by comparing sets of rules chosen by the expert according to the knowledge at his disposal. Based on that, two sets of rules were formed by choosing those that are comparable and one of the possible ways of their analysis was shown, but with a clear position that this is an illustrative example of analysis of this kind, without intending to draw final conclusions.

From a set of rules:

roughness (Dry_asphalt) AND U1stopping_distance(None) => Guilt(100-0)
roughness (Dry _asphalt) AND U2stopping_distance (None) => Guilt(100-0)
roughness (Wet_asphalt) AND U1stopping_distance (None) => Guilt(0-0)
roughness (Wet_asphalt) AND U1stopping_distance (None) => Guilt(0-0)
roughness (Wet_asphalt) AND U2stopping_distance (38.6) => Guilt(100-0)
roughness (Wet_asphalt) AND U2stopping_distance (None) => Guilt(0-0)

it is formally possible to conclude that if the asphalt is dry, there is a participant who is at fault if there is no stopping road.

From a set of rules:

width([*, 6.43)) AND visibility(Good) AND U2stopping_time(None) => Guilt(100-0)
width([*, 6.43)) AND visibility(Good) AND U1stopping_time(None) => Guilt(100-0)
width([*, 6.43)) AND visibility(Good) AND U1stopping_distance(None) => Guilt(1000)
width([*, 6.43)) AND visibility(Good) AND U2stopping_distance(None) => Guilt(1000)

it is possible to conclude that if the width of the asphalt is narrower than 6.43 m, visibility is good, and there is no stopping time or road, the culprit certainly exists.

The analysis of IF THEN rules that are structured can be performed by a machine where the machine itself would draw conclusions.

6. CONCLUSION

In order to perform automatic discretization of parameters, it is primarily necessary to form a knowledge base of traffic accidents, ie to collect data on traffic accidents. The analysis of the content of the knowledge base is usually performed by experts. Therefore, it is not desirable for the analysis to be performed by persons who are not sufficiently professional or at the expert level of knowledge on this issue. However, the process of automatic discretization of parameters for the assessment of guilt in traffic accidents can give formal recommendations. Parameter analysis can be formally conducted in several ways, but there are two basic ones: analysis of sets of important parameters that affect the assessment of which of the participants is to blame and analysis of the rule base itself.

The analysis of parameters that affect the assessment of which of the participants is to blame is done by comparing sets of important parameters according to the importance or cost of measuring these parameters. On a concrete example we can compare a set of parameters: {width, visibility, U2stop_path} and a set of parameters {width, visibility, U1stop_path}. Based on the comparison of the sets, it is recommended to measure the width of the road and visibility, and a choice is made about measuring the stopping distance of one of the participants, which may be enough for the final assessment of guilt.

The analysis of the rule base is performed by comparing sets of rules chosen by the expert according to the knowledge at his disposal. Based on that, in the specific case, two sets of rules were formed, Set of rules 1 and Set of rules 2, which are comparable.

- Set of rules 1: it is formally possible to conclude that if the asphalt is dry, there is a participant who is guilty if there is no stopping road.
- Set of rules 2: it is possible to conclude that if the width of the asphalt is narrower than 6.43 m, visibility is good, and there is no stopping time or road, the culprit certainly exists.

This presents one of the possible ways of analyzing the rules, but with a clear view that this is an illustrative example of analysis of this kind, without the intention of making conclusions.

Further research on the automatic discretization of parameters for fault assessment in traffic accidents could be developed in the direction of using phase logic controllers or artificial neural networks.

7. LITERATURA

Dragač, R. (2000). Bezbednost drumskog saobraćaja III deo. (S. Eror, Ed.) (Vol. 3). Beograd: Saobraćajni Fakultet Univerziteta u Beogradu.

Žunić, E., Djedović, A., & Đonko, D. (2017, September). Cluster-based analysis and time-series prediction model for reducing the number of traffic accidents. In 2017 International Symposium ELMAR (pp. 25-29). IEEE.

Jauševac G., Stojanov Ž., (2015. October) Software tools for the reconstruction of traffic accidents: A preliminary review, Proceedings of international conference on applied internet and information technologies ICAIIT 2015, ISBN 978-86-7672-260-0, University of Novi Sad, Technical Faculty "Mihajlo Pupin", vol. 4, pp. 165-169

Jauševac G., Stojanov Ž., Đurić T., Jotanović G., (2015. novembar) Primjena računarskih programa pri kreiranju iskaza vještaka, V Međunarodni simpozijum, Novi Horizonti saobraćaja i komunikacija 2015, Zbornik radova, COBISS.RS-ID 5459992, ISBN 978-99955-36-57-2, UDK 004:340, Saobraćajni fakultet, Doboj, pp. 101-106.

Koornstra, M., Evans, A., Glansdorp, C., Jørgensen, N. O., & van Schagen, I. (1997). Transport Accident Costs and the Value of Safety.

Lipovac, K. P. (1994). Uviđaj saobraćajnih nezgoda: izrada skica i situacionih planova. (R. Maksimović, Ed.). Beograd: Ministarstvo unutrašnjih poslova republike Srbije Viša škola unutrašnjih poslov.

Lynch M (2014) From Normative to Descriptive and Back. In Soler L, Zwart SD, Lynch M and Israel-Jost V (eds.) Science After the Practice Turn in the Philosophy, History, and Social Studies of Science. New York: Routledge, pp. 93-113.

Milošević, S., Teorija saobraćajnih nezgoda, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1994.

Prentkovskis, O., Sokolovskij, E., & Bartulis, V. (2010). Investigating traffic accidents: A collision of two motor vehicles. Transport, 25(2), 105–115. http://doi.org/10.3846/transport.2010.14

Reason, T. (1991). The social and cognitive determinants of aberrant driving behaviour. Contractor report, 253, ISSN: 0266-7045;, (253).

Tadei A, Finnilä K, Reite A, Antfolk J and Santtila P (2016) Judges' Capacity to Evaluate Psychological and Psychiatric Expert Testimony. Nordic Psychology 68(3): 204-217.

Taipale, J. (2019a). Judges' socio-technical review of contested expertise. Social studies of science, 49(3), 310-332.

Taipale, J. (2019b). Predefined criteria and interpretative flexibility in legal courts' evaluation of expertise. Public Understanding of Science, 28(8), 883-896.

West, R., Elander, J., & French, D. (1992). Decision making, personality and driving style as correlates of individual accident risk. TRL Contractor Report, (CR 309).

WHO. (2015). Global status report on road safety 2015. Geneva, Switzerland: World Health Organization. Retrieved from http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/en/

WHO. (2021). Global status report on road safety 2018. Geneva, Switzerland: World Health Organization. Retrieved from https://extranet.who.int/roadsafety/death-on-the-roads/#deaths (Accessed: 01.09.2021.)

Yang, X. L., Li, P., Lv, T., & Liao, X. H. (2013). Traffic Accident Reconstruction Technology Research (Vol. 756, pp. 946–951). Presented at the Advanced Materials Research, Trans Tech Publ.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

PERSPECTIVE MIGRATIONS OF ERTMS SYSTEM FROM GSM-R TO LTE TECHNOLOGY IN BIH

PERSPEKTIVNE MIGRACIJE ERTMS SISTEMA SA GSM-R NA LTE TEHNOLOGIJU NA PODRUČJU BIH

Faruk Kubat[a], Popović Goran[b]

[a] *AŽD Praha, s.r.o., Jevrejska 37,78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, kubi.azd@gmail.com*

[b] *International University Travnik, Aleja konzula – Meljanac bb, 72270 Travnik, Bosnia and Herzegovina, popovic.goran@yandex.com*

Abstract: *GSM-R (Global System for Mobile Communications for Railways), is an international wireless communication standard for the use of mobile telephony in rail transport. As a sub-system of the European Rail Traffic Management System (ERTMS), it is used for communication between the train and the railway control center. In this paper, we will describe the current state of implementation of this system in some European countries as well as in Bosnia and Herzegovina. We will describe the characteristics of the system and point out its shortcomings, which primarily relate to limited capacity and insufficient support for additional data services. We will analyze the possibilities of migration of this system to the 4G LTE system adapted for railways and especially point out the perspectives of Bosnia and Herzegovina in that sense.*

Key words: *ETCS, ERTMS, GSM-R, LTE*

Apstrakt*: GSM-R (Globalni sistem za mobilne komunikacije za Željeznice), je međunarodni bežični komunikacijski standard za korištenje mobilne telefonije u željezničkom saobraćaju. Kao podsistem Evropskog sistema za upravljanja željezničkim saobraćajom (ERTMS), koristi se za komunikaciju između voza i centra za upravljanje željezničkim saobraćajem. U ovom radu biće opisano trenutno stanje implementacije ovog sistema u nekim evropskim državama kao i u Bosni i Hercegovini. Biće opisane i karakteristike sistema te ukazano na njegove nedostatke koji se prije svega odnose na ograničen kapacitet i nedovoljnu podršku za napredne servise podataka. Izvršiće se analiza mogućnosti migracije ovog sistema na 4G LTE sistem prilagođen za željeznice i posebno ukazati na perspektive Bosne i Hercegovine u tom smislu.*

Ključne riječi: *ETCS, ERTMS, GSM-R, LTE*

1. UVOD

Tehnološki razvoj obuhvata sve oblasti društvenog života. Jedna od oblasti koja se ubrzano razvija i predstavlja zamajac razvoju drugih oblasti su telekomunikacije. Shodno tome razvijaju se i novi telekomunikacioni sistemi za javnu i profesionalnu upotrebu. Među veoma važne profesionalne telekomunikacione sisteme spada sistem koji predstavlja komunikacionu podršku željezničkom saobraćaju. Razvoj u ovom segment ima ulogu da doprinese lakšoj i efikasnijoj unifikaciji željezničkih sistema, da ubrza ekonomski razvoj željeznica te omogući brži i efikasniji protok ljudi i roba, kako na području Europe tako i širom svijeta.

Uticaj širine raspoloživog opsega radiofrekvencijskog spektra, namijenjenog željezničkom sektoru, postavlja pred sve evropske zemlje ozbiljan problem zajedničkog rada i usaglašavanja standarda na nivou evropskih organizacija za standardizaciju. Ove organizacije su pod okriljem Evropske unije ali neminovno postavljaju standarde koje je potrebno usvojiti i od strane država koje ne pripadaju uniji. Impementacija standarda nameće visoke troškove razvoja, testiranja i opravdanosti, različitih međusobno nekompatibilnih sistema, koji treba da posluže sličnim potrebama u svakoj zemlji članici. Sa početkom devedesetih godina prošlog vijeka, pokrenuti su projekti u nekoliko zemalja članica, sa ciljem dizajniranja nove generacije sistema za signalizaciju i kontrolu brzine, čime bi se zamijenili stari sistemi signalizacije na željeznicama. Cilj ovih projekata je da se razvije sistem koji je bolji, manje košta te iskorištava glavne prednosti digitalnih

telekomunikacija. Po preporuci Evropske komisije ovi različiti projekti su integrisani u formi ERTMS (European Rail Traffic Management System) Evropski sistem za upravljanje željezničkim saobraćajem.

Danas ovaj projekat ima dvije važne komponente:

- GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) je radio sistem koji se koristi za razmjenu informacija između fiksno postavljene opreme na zemlji i voza stacioniranog ili u pokretu. Ovaj sistem je baziran na GSM mobilnom telefonskom sistemu, ali koristi različite frekvencije dodijeljene namjenski za željeznicu, koje imaju niz dopunskih funkcija. Na primjer, sistem dopušta mašinovođama da vode razgovor sa centrima za upravljanje saobraćajem i istovremeno se mogu koristiti za prenos podataka relativno velikim brzinama.
- ETCS (European Train Control System) je evropski sistem upravljanja željezničkim saobraćajem, koji ne šalje samo maksimalno dopuštenu brzinu mašinovođi, nego može kontinuirano pratiti i reakciju vozača na sve dostavljene informacije. *On-board* računar efektivno i u svakom trenutku upoređuje brzinu voza sa maksimalnom dopuštenom brzinom i automatski aktivira kočioni sistem ukoliko se prekorači dozvoljeno ograničenje.

Pod skraćenicom ERTMS podrazumijevamo međunarodni sistem standarada napravljen kako bi se razvila zajednička interoperabilna platforma za signalno-sigurnosne i telekomunikacione sisteme na željeznici. Interoperabilnost podrazumijeva da je sistem u mogućnosti raditi s drugim nacionalnim sistemima različitih namjena. Glavni ciljevi interoperabilnosti su zasnovani na potrebi da se pojednostave, poboljšaju i razviju međunarodne željezničke usluge te da se postupno doprinese kreiranju otvorenog i konkurentnog domaćeg tržišta za sve učesnike u željezničkom saobraćaju. Cilj je također uspostava standardizovane evropske procedure za procjenu usklađenosti sa zahtjevima interoperabilnosti (Peter W. i dr. 2009).

Osim povećanja interoperabilnosti, i zavisno od funkcionalnosti postojećih nacionalnih signalno-sigurnosnih sistema i telekomunikacionih sistema i različitim stepena njihove zastarjelosti, među druge moguće koristi ERTMS-a ubrajaju se:

- povećanje kapaciteta: uz pomoć sistema ERTMS može se smanjiti najmanja moguća udaljenost ili vremenski razmak između vozila u komercijalnoj upotrebi, zahvaljujući čemu na izrazito zagušenim prugama može soabraćati veći broj vozova
- povećanje komercijalne brzine
- stalni nadzor nad brzinom voza, što doprinosi sigurnosti
- manji troškovi održavanja za upravljače infrastrukturom
- veća usklađenost proizvoda i konkurentnost dobavljača

U ovom radu autori predstavljaju trenutno stanje u implementaciji novih tehnologija u željezničkom saobraćaju kroz ERTMS, sa posebnim osvrtom na situaciju u Bosni i Hercegovini. Izvršiće se komparativna analiza trenutno aktuelnih tehnologija sa nadolazećim tehnologijama, te dati odgovarajuće preporuke.

Rad je u nastavku organizovan na slijedeći način. U drugom poglavlju predstavićemo ukratko GSM-R tehnologiju, ukazati na njene prednosti i nedostatke i dati prikaz trenutnog stanja migracija starih sistema signalizacije na GSM-R. U trećem poglavlju diskutovaćemo o mogućnostima LTE tehnologije da se prilagodi zahtjevima koji se postavljaju od strane savremenih željezničkih sistema i perspektivama dalje migracije na LTE-R tehnologiju. Na kraju dajemo zaključna razmatranja.

2. MIGRACIJA ŽELJEZNIČKIH TELEKOMUNIKACIONIH SISTEMA

Migracije na nove generacije telekomunikacionih sistema unijele su značajne promjene u željeznički saobraćaj. Tehnologija koja je u najvećoj mjeri implementirana u savremeni željeznički saobraćaj svakako je GSM-R. GSM-R mreža je postigla značajan uspjeh u cijeloj Evropi. Očekuje se da će uskoro GSM-R pokriti blizu 75% evropske željezničke mreže (27 zemalja u Europi uključujući Norvešku i Švajcarsku), čija je dužina oko 163 000 km. Migracija je ili završena ili se završava u evropskim zemljama sa razvijenom infrastrukturom, poput Njemačke, Francuske, Italije i Belgije. U zemljama istočne Evrope kao i u Bosni i Hercegovini GSM-R mreža je još uvijek u razvoju.

Pod nazivom GSM-R podrazumijeva se standard za korišćenje mobilne telefonije u željezničkom saobraćaju. Sistem se bazira na GSM tehnologiji i specifikacijama EIRENE - MORANE, koji garantuju dostupnost čak i pri kretanju vozila do 500 km/h (310 mph), bez gubitka komunikacije što je u našim uslovima veoma daleko od realnosti.

Standard se koristi za prenos podataka između vozova i dispečerskih centara, koji imaju ETCS nivo 2 i 3. Kada voz prođe preko *Eurobalise*, šalje se nova pozicija i brzina, a zatim se šalje povratna informacija (ili negacija) za ulazak u idući željeznički signalni blok kao i najveća dozvoljena brzina (IEEE Draft Standard for Broadband over Power Line Networks 2010). Zbog toga tradicionalni željeznički signali koji se prenose duž kolosijeka nisu više neophodni.

Mreža GSM-R se sastoji od nekoliko podsistema. Radio podsistem omogućava pokrivenost signalom duž čitave trase pruge, na stanicama i ostalim lokacijama. Na svakom bitnom mjesto se nalaze jedna ili više GSM-R baznih stanica (BTS). U baznoj mreži postoji nekoliko centralnih uređaja koji se sastoje od mrežnih podsistema (NSS). Između BTS i NSS postoje BSC (kontroleri baznih stanica). Druga komponenta GSM/GSM-R mreže je centar za upravljanje i održavanje (OMC) koji se koristi se za nadzor mreže. Podsistem fiksnog terminala omogućava telefonske usluge, usluge prenosa podataka i funkcionalnost željezničkih mrežnih terminala.

Implementacija GSM-R sistema je počela 1998. Godine a ubrzana izgradnja je počela oko 2001. godine. Očekuje se da će proces u EU biti završen najkasnije 2030. To znači da će implementacija na evropskom nivou trajati više od 30 godina.

Operativno planiranje je veoma važno za uspješnu realizaciju projekta GSM-R mreže. Planiranje obuhvata neke od sljedećih elementa:

- Broj/vrsta programa koji mreža mora podržavati.
- Kvalitet usluga.
- Zahtjevi prema kapacitetu mreže koji može podržati sve neophodne aplikacije.

  Ove zahtjeve je neophodno procijeniti za svaku GSM-R stanicu, na bazi slijedećih parametara:
  - Najveći broj aktivnih vozova koji će zauzimati neku ćeliju
  - Količina glasovnog i saobraćaja podataka koji se očekuje od tih vozova u nekoj ćeliji
  - Količina mrežnog saobraćaja koji proizlaze iz određenih uređaja kao što su upravljanje terminalima, korisnici informacionih sistema, dijagnostičkih sistemi i sl.
  - Prostor za buduća proširenja
  - Lokacije gdje se planiraju granice između ćelija
  - Planiranje GSM-R područja kao i lokacije granica MSC i BSC između nacionalnih mreža
  - Planiranje za operativne potrebe ETCS uključujući odgovarajuć pokrivanja lokacija, kapacitet, kvalitet usluga itd.
- Alati za radio planiranje koji se koriste za razvoj predviđanja pokrivenosti, uzimajući u obzir podatke o terenu i podatke o odnosu područja koja se analiziraju i postojećih baznih stanica. Softver se koristi za modeliranje i razvoj održivih GSM-R ćelijskih i frekvencijskih planova za određena područja.

Tipično, alati za radio planiranje uključuju softver Geografskog informacijskog sistema (GIS) koji dopušta korisniku prikaz digitalnih podataka kartiranja u skladu sa odgovarajućim modelima. To može uključivati preporuke za prikaz slijedećih značajki:

- Karta kao pozadina koja je pogodna za prikaz na različitim nivoima uvećanja.
- Linijski (vektorski) podaci, npr, željezničke pruge, obale i ceste.
- Podaci o visini terena (nadmorska visina), zauzetost zemljišta i pozicijski podaci (npr. geografska dužina, širina i koordinacija nacionalnih mreža).
- Fotografije načinjene iz vazduha i različiti građevinski nacrti.
- Prikaz signala i pokrivenost međukanala te stepen interferencije koji su označeni na gore pomenutim mapama podataka (Xavier P. i dr. 2012).

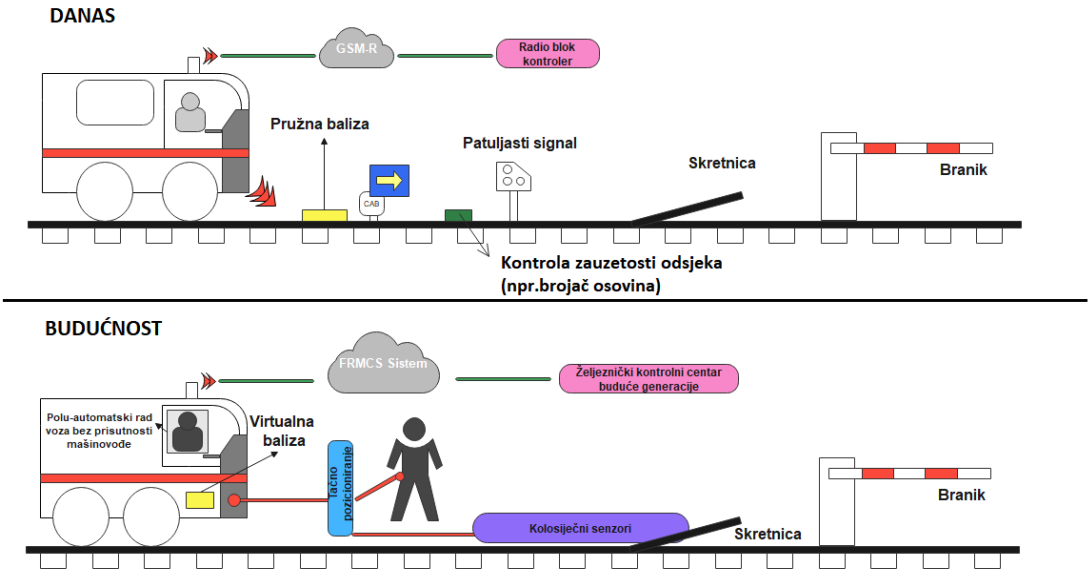
Globalni sistem mobilnih komunikacija - željeznica (GSM -R) je važeći evropski standard za digitalne željezničke komunikacije. Pored toga HSR (High speed railways) je izuzetno važan strateški dio željezničke infrastrukture. U većini razvijenih država to je dovoljan argument koji uvjerava regulaciona tijela za telekomunikacije da potreban dio radio spektra treba dodijeliti za ove svrhe (Sharma C. i Fotheringham V. 2008).

Unatoč navedenim prednostima, GSM-R kao tehnologija već sada predstavlja prepreku za dalji razvoj savremenog željezničkog saobraćaja u razvijenim zemljama iako u BiH još uvijek nije ni blizu implementacije. Već smo napomenuli da će implementacija ovog sistema u EU trajati više od 30 godina. Za to vrijeme tehnologija je značajno napredovala. GSM je mreža zasnovana na komutaciji kola što je davno prevaziđen način prenosa podataka a GSM-R mreža je većim dijelom orjentisana na prenos podataka. Kapacitet mreže je nedovoljan zbog malog broja kanala raspoloživih za prenos korisničkih informacija. Na područjima sa velikom gustinom saobraćaja, kao što su željeznička čvorišta velikog kapaciteta, može se desiti da nema dovoljno

raspoloživih kanala za opsluživanje svih vozova. Poseban nedostatak predstavlja nedovoljna brzina prenosa podataka koju podržava GSM standard. Brzina je ograničena na 9.6 kb/s što je dovoljno samo za jednostavne aplikacije a još veći problem je tolerancija kašnjenja u mreži od 400 ms što za primjenu u realnom vremenu nedopustivo veliko kašnjenje. Takođe, dugačko vrijeme uspostavljanja veze koje u GSM može biti do 7 s predstavlja ozbiljan nedostatak (Sniady A. i Soler J. 2013).

Nemogućnost pružanja naprednih servisa preko mreže ograničava primjenu najnaprednijih pametnih IT rješenja koja železnički saobraćaj u svim segmentima mogu podići na znatno viši nivo. Dalje povećanje brzine kretanja vozova, njihovog broja kao i sigurnosti u železničkom saobraćaju nije moguće bez implementacije najsavremenijih komunikacionih tehnologija. GSM je mobilna mreža druge generacije i njena opšta rasprostranjenost na teritorijama svih evropskih država je bio uslov za primjenu GSM-R rješenja s obzirom da trase železničkih pruga često prolaze kroz oblasti koje su rijetko naseljene i koje za mobilne operatere nisu naročito interesantne. Međutim, i mobilne mreže treće generacije su u upotrebi već 20 godina i pokrivaju dobar procenat teritorija koje pokriva i GSM. Izgradnja 4G mreža je uveliko u toku a već se grade i 5G mreže. Naučna i industrijska zajednica zajedno rade na standardizaciji buduće 6G mreže kao i na unaprijeđenju telekomunikacijskog sektora na železnicama te razvijaju nove tehnologije koje bi u budućnosti mogle da se koriste kao što je to prikazano na Slici 1. Razvoj i standardizacija novog sistema vode se kroz FRMCS (Future Rail Mobile Communications System). LTE tehnologija kao okosnica 4G mreže je prva u potpunosti IP bazirana tehnologija primjenjena u mobilnim mrežama. Paketska komutacija omogućava potpunu fleksibilnost u upravljanju mrežnim resursima.

Wi-Fi je također jedna od opcija za tehnologiju pristupa na železnicama, ali ima niz nedostataka, poput visokog rizika od smetnji zbog korišćenja nelicenciranih opsega, zahtjeva za velikim brojem pristupnih tačaka i nedostatka podrške za upravljanje mobilnošću. LTE-R je manje sklon smetnjama jer koristi licencirane frekvencijske opsege, ima domet pokrivanja veći od nekoliko kilometara i podržava upravljanje mobilnošću koje omogućava skraćeno vrijeme primopredaje između susjednih ćelija (Ruisi H., Bo A., Gongpu W., i Ke G.2016). To ga trenutno čini boljim izborom za železničke komunikacije.



Slika 1. GSM-R mreža i budućnost komunikacija na železnicama

Kroz predstavljanje novih telekomunikacionih sistema koje su u razvijenom svijetu sve više prisutne a koje postaju jedan od osnovih modela koji će se u budućnosti koristiti kako u Evropi tako i ostatku svijetu, jedan od osnovih ciljeva je upravo taj se napravi paralela razvijenosti telekomunikacionih sistema na železnicama BiH i železnicama u ostatku Evrope pa i svijeta. Istraživanjem i predstavljanjem GSM-R mreže kao i novijih mreža i svega onog što nude iste, cilj je da se privuče pažnja na važnost razvijanja telekomunikacionih sistema na železnicama BiH te da gledajuću kroz nivoe razvijenosti vidimo na kom nivou su telekomunikacione tehnologije u Bosni i Hercegovini. Kao što je poznato, za razliku od susjednih zemalja kao i ostatka Europe, ulaganja u železnice BiH su vrlo mala, te se na provođenje nekih projekata od infrastrukturne važnosti za državu BiH dugo čeka zbog čega dolazi do zaostatka u razvoju ovako važne grane privrede u odnosu na ostatak Evrope. Za sada ne postoji nikakva naznaka da bi se GSM-R mreža mogla u skorije vrijeme ugrađivati na prugama BiH.

3. USLOVI ZA MIGRACIJU SA GSM-R NA LTE-R MREŽU

Kako se podrška za GSM-R od strane dobavljača opreme očekuje najmanje do 2030. godine, a UIC radi na sukcesiji GSM-R od 2009. godine, koegzistencija između LTE-R i GSM-R će vjerovatno potrajati najmanje slijedeću deceniju.

Sljedeći elementi su neophodni za koegzistenciju izmežu LTE-R i GSM-R:

- Poslovni nivo: LTE-R mora podržavati tradicionalne aplikacije GSM-R, kao što su usluga grupnih poziva, emitirana usluga i funkcionalno adresiranje. Multimedijski prenos multicast usluge LTE-a, koja je dizajnirana da omogući efikasnu isporuku prenosa i multicast usluge moguće je rješenje za pružanje usluga grupnih poziva i emitovanja.
- Nivo mrežnih terminala: Budući da HSR terminal treba podržavati i GSM-R i LTE-R. Multimodni mobilni terminal male složenosti je jedno od mogućih rješenja. Njegovi nedostaci, kao što su velika potrošnja energije i veličina, nisu problem u HSR komunikacijskom sistemu.
- Nivo pristupne mreže: Direktna koegzistencija pristupa mreži između GSM-R i LTE-R sistema bila bi teška za realizaciju jer se koriste različite tehnologije pristupa. Moguće je međutim da dvije mreže u početku dijele iste web lokacije koristeći pri tome softverski definisani radio sa GSM-R na LTE-R segmentima.
- Nivo jezgrene mreže: Mobilni komutacijski centar, matični registar lokacije (HLR), i autentifikacijski centar (AUC) GSM-R će biti zamijenjeni serverom i bazom podataka LTE-R a protokol signalizacionih mreža će biti zamijenjen sa IP-om. Cijela mreža će se razvijati iz vertikale struktura stabla na distribuiranu strukturu usmjeravanja.

U Tabeli 1. su predstavljeni neki od osnovnih parametara GSM-R i LTE-R mreže te njihove specifičnosti.

Tabela 1. Osnovni parametri GSM-R i LTE-R

Parametar	GSM-R	LTE-R
All-IP u osnovnom načinu rada	Ne	Da
Frekvencija	921-925MHz, 876-880 MHz	450MHz, 800MHz, 1.4GHz, 1.8GHz
Propusnost	0,2 MHz	1,4-2,0 MHz
Modulacija	GMSK	QPSK i 16-QAM
Maksimalna brzina prenosa	DL/UL 172 Kbps	DL:50Mbps UL:10Mbps
Maksimalna spektralna efikasnost	0,33 bps/Hz	2,55 bps/Hz
Raspon stanica	8 Km	4-12 Km
Ponovni prenos podataka	Ne (serijski podaci)	Smanjen (UDP paket)
MIMO	Ne	2 x 2
Mobilnost	500 km/h	500 km/h
Stopa uspješnosti primopredaje	99,5 %	99,9%

LTE-R, koji je vjerovatni kandidat za HSR (High Speed Railways) komunikaciju slijedeće generacije je na pragu realizacije (Sniady, A., & Soler, J. 2013). LTE-R će biti posebna konfiguracija LTE mreža. LTE-R ima sposobnost da ispuni željezničke zahtjeve, i radit će kao združna mreža za željeznički saobračaj i usluge (Gao T. i Sun B. 2010). Konačno, koegzistencija između GSM-R i LTE-R je najvažnija stvar. LTE-R nudi visoko konkurentne performanse i pruža dobru osnovu za dalju evoluciju. Uprkos ovoj prednosti, LTE-R mora biti eksplicitno procijenjen kako bi se dokazalo da je u stanju ispuniti zahtjeve HSR-a, na primjer, karakteristike širenja i pokrivenost ćelija na LTE-R opsegu, podrška visoke mobilnost i sistemski kapacitet i sposobnost (Li Y. i Cimini Jr. L.J. 2001). Dakle, u ovom domenu su potrebna dalja istraživanja.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Iako i letimičan pogled na stanje u željezničkom saobraćaju u BiH ne prikazuje sliku željeznice koja se razvija u skladu sa savremenim trendovima, pogled u ne tako daleku i prilično izglednu budućnost nudi jedna komunikacijska tehnologija - Globalni sistem pokretnih komunikacija za železnički saobraćaj (GSM-R). Zadatak ove tehnologije, koju ubrzano implementiraju evropske željeznice, jeste da osigura stalnu, pouzdanu i neprekinutu komunikaciju na željezničkim prugama širom Europe, čak i pri brzinama koje razvijaju superbrzi vozovi, te da pojednostavi i ujednači signalizaciju i komunikaciju. Dobrobiti za željezničke kompanije i putnike su tolike da je uvođenje GSM-R sistema jedan od osnovnih zahtjeva Evropske unije prilikom izgradnje novih

pruga ili većeg remonta postojećih, a kako bi ubrzala modernizaciju komunikacije na željeznicama, EU financira čak 85 posto ovog projekta.

Uprkos ovim problema telekomunikacioni sistemi za željeznice su u stalnom razvoju. U ovom radu smo se osvrnuli na stanje u Bosni i Hercegovini. Kako sada stvari stoje kada se realizuje migracija na GSM-R u BiH, razvijene evropske druge države će već početi koristiti savremenije tehnologije, pa će BiH i dalje biti u tehnološkom zaostatku. Zbog toga je cilj ovog rada da prezentuje tehnologiju koja bi mogla približiti BiH ostatku Europe u željezničkom saobraćaju, te da podstakne razmišljanja o tome kako ulaganja u tehnološko osavremenjivanje željezničkog sektora mogu donijeti značajnu korist željeznicama u BiH. Unifikacija željezničkih sistema se vrši na području cijele Europe i neminovno je da i BiH uđe u ovaj proces u sklopu evropskih integracija (Faruk K. 2021).

Postavlja se međutim opravdano pitanje da li je implementacija GSM-R standarda u željeznicama na području BIH opravdana u ovom trenutku, s obzirom na nedostatke tehnologije i priličan zaostatak u izgradnji. Nažalost, trenutno ne postoji alternativno rješenje. Nadležna evropska tijela su još daleko od standardizacije nove tehnologije i GSM-R je jedini važeći standard. LTE tehnologija se za sada smatra najozbiljnijim kandidatom koji će naslijediti GSM-R. Međutim, postoji veliki broj potencijalnih problema u realizaciji ove ideje. LTE ne može podržati prenos podataka i govora odgovarajućih performansi na brzinama preko 200 km/s koje se očekuju od željezničkog saobraćaja u bližoj budućnosti. Trenutne LTE specifikacije ne ispunjavaju u potpunosti zahtjeve koji se postavljaju od strane željeznica kada su u pitanju razne dodatne usluge govornog saobraćaja (hitni pozivi, grupni pozivi, konferencijske veze, prioritetni pozivi itd.). Pouzdanost mreže nije u skladu sa zahtjevima ETCS.

Sa druge strane, stanje željezničke infrastrukture, voznog parka i komunikacionih sistema u našim željezničkim kompanijama je takvo da će GSM-R i GPRS u potpunosti moći ispoštovati zahtjeve koji se pred njih postavljaju. Industrija će nastaviti podršku GSM-R tehnologiji barem do 2030. godine (https://www.era.europa.eu/). Očekuje se da će usvojeni model koji će omogućiti bezbolnu tranziciju sa GSM-R na buduća rješenja biti razvijen u obliku tehnološki nezavisne arhitekture koja će omogućiti koegzistenciju različitih tehnologija i nezavisnost aplikacija od tehnologije na kojoj se implementira. Na taj način će sve buduće evolucije tehnologija radio prenosa minimalno uticati na sistem a GSM-R će se dugo zadržati u upotrebi kako bi se zaštitile investicije i zadržao kontinuitet sistema.

5. LITERATURA

Faruk K. (2021). Globalni sistem mobilnih komunikacija na željeznicama GSM-R. Magistarski rad.

Gao T., Sun B., (2010) A High-speed Railway Mobile Communication System Based on LTE. ICEIE 2010, Vol.1, pp.414-417.

https://www.era.europa.eu/. Preuzeto 09.09.2021.

IEEE Draft Standard for Broadband over Power Line Networks (2010) Medium Access Control and Physical Layer Specifications, IEEE P1901/D4.01, 1-1589.

Li Y., & Cimini Jr. L.J. (2001). Bounds on the Interchannel Interference of OFDM in Time-Varying Impairments, IEEE Transactions on Communications, No.3.

Peter W. & UIC (Eds) (2009). Compendium on ERTMS: European Rail Traffic Management System. PMC Media House GmbH / Eurorail press.

Ruisi H., Bo A., Gongpu W., & Ke G. (2016). High-Speed railway Communications: From GSM-R to LTE-R. Article in IEEE vehicular tehnology Magazine.

Sharma C., Fotheringham V. (2008). Wideband 3G to Broadband 4G: Collision and Convergence of Standards. Wireless Broadband: Conflict and Convergence, 167-189.

Sniady A., Soler J. (2013). Performance of LTE in High Speed Railway Scenarios. Lecture Notes in Computer Science, 7865, 211-222

Xavier P.& (Eds). (2012) Infrastructure Design, Signalling and Security in Railway. Publisher: IntechOpen.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ANALYSIS OF THE RESULTS OF AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION DEPENDING ON INFLUENTIAL FACTORS

ANALIZA REZULTATA AUTOMATSKOG PREPOZNAVANJA REGISTARSKIH OZNAKA U ZAVISNOSTI OD UTICAJNIH FAKTORA

Belmin Avdić[a], Aleksandar Gavrić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, belminavdic@gmail.com, aco1701@gmail.com*

Abstract: *The application of the Automatic Number Plate Recognition (ANPR) system is diverse. In car parks, the system can be used to record vehicle data and charge automatically depending on the parking time. Also, ANPR systems are used to control access on private property, thus increasing the security of the firm and individuals. The aim of this paper is to analyze the test results of the ANPR system implemented in MATLAB code, ie. testing his ability to recognize license plates in different conditions of taking photographs. The test results showed that several factors affect the recognition of the license plate. In order to predictively model the recognition outcome, depending on the influencing factors, an artificial neural network, a multilayer perceptron was created.*

Key words: *ANPR, artificial neural network, predictive model, multilayer perceptron*

Apstrakt: *Primjena sistema automatskog prepoznavnja registarskih oznaka (Automatic Number Plate Recognition – ANPR) je raznolika. Na parkiralištima, sistem se može koristiti za bilježenje podataka o vozilu i automatsku naplatu ovisno o vremenu parkiranja. Također, ANPR sistemi se koriste i za kontrolu pristupa na privatnim posjedima, čime se povećava sigurnost firme i pojedinaca. Cilj ovog rada jeste analiza rezultata testiranja ANPR sistema implementiranog u MATLAB kodu, tj. ispitivanje njegovih sposobnosti prepoznavanja registarskih oznaka u različitim uslovima snimanja fotografija. Rezultati testiranja su pokazali da nekoliko faktora utiče na prepoznavanje registarske oznake. U cilju prediktivnog modelovanja ishoda prepoznavanja, zavisno od uticajnih faktora, kreirana je vještačka neuronska mreža, višeslojni perceptron.*

Ključne riječi: *ANPR, vještačka neuronska mreža, prediktivni model, višeslojni perceptron*

1. UVOD

Prvi sistem za automatsko raspoznavanje registarskih oznaka je izumljen 1976. godine u Ujedinjenom Kraljevstvu. Rani sistemi su bili većinom nepouzdani, s niskim stopama prepoznavanja. Tokom proteklih trideset godina brzi razvoj računarsko-informacijske infrastrukture omogućio je stvaranje sve preciznijih i pouzdanijih sistema. Danas, ANPR tehnologija omogućava stope prepoznavanja i do 98%. Neki sistemi podržavaju prepoznavanje registarskih tablica na vozilima koja se kreću i do 200 km/h. Primjena ANPR sistema je raznolika. Na parkiralištima, sistem se može koristiti za bilježenje podataka o vozilu i automatsku naplatu ovisno o vremenu parkiranja. Također, ANPR sistemi se koriste i za kontrolu pristupa na privatnim posjedima, čime se povećava sigurnost firme i pojedinaca. Državne službe koje se bave kontrolisanjem prometa koriste ANPR sisteme kako bi pomoću distribuirane mreže kamera pronašli tačno određeno vozilo, odredili prosječne brzine vožnje na putevima ili ipak za optimizaciju saobraćaja preusmjeravanjem vozila s preopterećenih ruta na zamjenske.

Krajem 2017. godine, BiH je dobila prvi sistem za automatsko očitavanje i provjeru registarskih tablica vozila na graničnim prelazima. Instalacija ovog sistema omogućuje da svi podaci o vozilu budu dostupni graničnoj policiji u trenutku kada ono prelazi granicu. Postavljanje ANPR kamera na putevima u Republici Srpskoj pokazalo se kao ispravna odluka, jer je za samo nekoliko mjeseci evidentirano skoro devet puta više kazni, nego za cijelu prošlu godinu. Trenutno se ANPR kamere nalaze u Banjaluci, Doboju, Bijeljini, Istočnom Novom Sarajevu, Istočnom Starom Gradu, Istočnoj Ilidži, Palama, Han Pijesku, Rogatici, Sokocu, Trnovu, Jezeru, Ribniku, Foči i Višegradu.

Predmet istraživanja u ovom radu jeste ANPR, odnosno sistem za automatsko prepoznavanje registarskih oznaka, a osnovni cilj istraživanja predstavlja analiza rezultata testiranja algoritma ANPR predstavljenog MATLAB kodom[4] na realnom skupu prikupljenih digitalnih fotografija registarskih oznaka vozila na području grada Doboja, BiH. Testiranja se vrše u okruženju programskog paketa MATLAB, nakon čega je potrebno izvršiti modelovanje ishoda prepoznavanja pomoću principa mašinskog učenja.

Sintaksička struktura ovog rada je podijeljena na pet cjelina i kompletirana je sa spiskom korištenih literaturnih izvora na kraju. Nakon uvodnog dijela, predstavljeni su publikovani rezultati relevantnih istraživanja. Treće poglavlje se odnosi na korištene materijale i metode u istraživačkom procesu. Glavni fokus je stavljen na četvrtu sekciju – Rezultati i diskusija, u kojoj su rezultati predstavljeni analitički i grafički. Na kraju rada, dat je zaključak sa budućim pravcima istraživanja.

2. PREGLED OBJAVLJENIH RELEVANTNIH ISTRAŽIVANJA

Do danas je objavljeno mnogo radova na temu automatskog prepoznavanja registarskih oznaka, te će u ovoj sekciji biti predstavljeno samo nekoliko njih. U radu (Damjanović, 2015) izloženi su principi detekcije područja registarske tablice s proizvoljne fotografije i algoritmi segmentacije prepoznate tablice. Pristup se zasniva na binarizaciji slike s tablicom, obradi slike matematičkom morfologijom, te traženja povezanih komponenata koje zadovoljavaju zadane kriterije za registarsku tablicu. Palajsa (2015) je pokazala da se radi povećanja iskoristivosti saobraćajne infrastrukture sve više koriste napredne metode upravljanja iz domena inteligentnih transportnih sistema (ITS). Na osnovu prepoznatih registarskih oznaka moguće je odrediti zemlju porijekla vozila, te njihovu distribuciju. U radu (Tadić, 2018), sistemi za automatsko prepoznavanje registarskih tablica predstavljaju važan primjer primjene prepoznavanja i identifikacije objekata. Glavni cilj ovih sistema jeste automatska segmentacija i prepoznavanje sadržaja registarske tablice. Stefanović i dr. (2017) su prikazali jednostavan i efikasan postupak izdvajanja obilježja registarskih tablica u cilju identifikacije vozila, koji bi se mogao koristiti u okviru sistema za automatsko prepoznavanje registarskih tablica. ANPR algoritam obuhvata lokalizaciju i segmentaciju tablice, kao i izdvajanje očitanih karaktera, a realizovan je u MATLAB programskom okruženju.

Lukić i Radulović (2009) su istakli u svom radu da sistemi za automatsko prepoznavanje registarskih tablica imaju svakodnevnu primjenu širom svijeta. U ovom radu prikazana je jedna od mogućih realizacija algoritma, napisanog u programskom paketu MATLAB, a koji je namijenjen za rad sa vozilima registrovanim od strane MUP Republike Srbije. U svom radu (Badr i dr., 2011) kažu da je automatsko prepoznavanje registarskih oznaka automobila postalo vrlo važno u svakodnevnom životu zbog neograničenog povećanja broja automobila i transportnih sistema koji onemogućuju potpuno upravljanje i praćenje ljudi. Primjeri su mnogi poput praćenja saobraćaja, praćenja ukradenih automobila, upravljanje naplatom parkiranja, nepoštovanje svjetlosne saobraćajne signalizacije. Ipak, to je vrlo izazovan problem zbog raznolikosti formata ploča, različitih razmjera, rotacija i neujednačenih uslova osvjetljenja tokom akvizicije slike. ANPR, koji koristi morfološke operacije, manipulaciju histogramom i tehnike detekcije rubova za lokalizaciju ploča i segmentaciju znakova. Autori (Chang i dr., 2004) su u svom radu predstavili Licence Plate Recognition (LPR) tehniku. U obzir je uzet što manji broj ograničenja u radnom okruženju. Tehnika se sastoji iz dva glavna modula, odnosno iz modula za pronalaženje registarskih tablica i modula za identifikaciju brojeva. Jedan ima za cilj izdvajanje registarskih oznaka iz ulazne slike, dok drugi ima za cilj identifikovanje broja koji se nalazi na tablici.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Kompletan ANPR sistem se može podijeliti u dvije komponente: hardverska i softverska komponenta. Hardver ima ulogu akvizicije podataka, tj. snimanja registarskih tablica. Fotografisanje registarskih tablica najčešće se vrši kamerama specijalizovanim upravo za ovaj zadatak. U većini takvih kamera je ugrađena i infracrvena rasvjeta kako bi se riješili problemi slabe osvijetljenosti i odsjaja sa registarske tablice. Softverska komponenta podrazumijeva metode i tehnike digitalne obrade slike uz pomoć softverskih alata.

Eksperimentalna metoda predstavlja osnovnu metodu primijenjenu u ovom istraživanju, koje se može predstaviti sljedećim sukcesivnim koracima:

1. Akvizicija slike - Ovo je prva faza istraživačkog procesa. Istraživačku opremu za snimanje fotografija čine dva uređaja, tj. dvije različite kamere pametnih telefona: Samsung A20 i Xiaomi Mi 9T. Dobijene slike u boji imaju tri kanala (crvena,zelena i plava boja), od kojih svaki ima 8 bitova, odnosno 256 vrijednosti na raspolaganju.

[4] http://circuitdigest.com/tutorial/vehicle-number-plate-detection-using-matlab-and-image-processing

Analizom sadržaja prethodnih istraživanja, zaključuje se da osim softverske komponente ANPR-a, postoji više faktora koji utiču na uspješnost prepoznavanja registarskih oznaka. Prema tome, neki od najbitnijih faktora koji se posmatraju u ovom istraživanju su: vrijeme snimanja fotografija, kamera uređaja za snimanje, ugao snimanja, meteorološki uslovi u kojima se snima, udaljenost na kojoj se snima. U funkcionisanju sistema u realnim uslovima, postoji niz poteškoća s kojima se ANPR softver mora nositi kako bi uspješno obavio svoj zadatak. – Neke od najčešćih poteškoća su: slika lošeg kvaliteta, obično zato što je tablica predaleko, ali često i zbog loše kamere uređaja; Mutne slike, naročito zamućenja zbog velikih brzina vozila u pokretu; Slabo osvjetljenje i nizak kontrast, zbog prejake ekspozicije svjetlosti, sjene ili odraza; Očitane prednje i zadnje registarske tablice su različite zbog prikolice, kampera ili sl.; Nedostatak saradnje između zemalja dva vozila iz različitih zemalja imaju istu oznaku; Strani objekt zaklanja dio oznake – najčešće prljavština ili kuka za vuču.

Tokom procesa akvizicije, ukupno je prikupljeno 99 fotografija, od kojih je 45 fotografisano kamerom pametnog uređaja Xiaomi Mi 9T, a 54 je fotografisano kamerom uređaja Samsung A20. Od ukupnog broja, 47 je snimljeno u noćnim uslovima, a 52 u uslovima dnevne svjetlosti. Meteorološki uslovi kao faktor uticaja na uspješnost prepoznavanja registarskih oznaka se u ovom istraživanju posmatraju i variraju na dva nivoa: -vedro vrijeme pri čemu je snimljena 71 fotografija; -kišovito vrijeme, pri čemu je snimljeno 28 fotografija. Korištena su dva ugla za snimanje fotografija, prvi slučaj snimanja je pod nultim uglom koji predstavlja ugao snimanja u kojem je kamera pozicionirana ravno ispred vozila i drugi slučaj kada je ugao veći od nule i predstavlja ugao u kojem je kamera pozicionirana pored magistralnog puta.Pri nultom uglu snimanja su snimljene 54 fotografije, a pri uglu snimanja većem od nule, 45 fotografija. Sve fotografije su snimljene sa približno jednake udaljenosti od registarske tablice (≈5 m). Geo prostor u kome je vršena akvizicija podataka obuhvata šire područje grada Doboja, a vremenski period ove faze istraživanja je obuhvatao interval od juna do septembra 2021. godine. Snimanje je vršeno radnim danima u jutarnjem periodu od 8h do 12h, te u noćnom od 18h do 22h.

2. Obrada fotografija u MATLAB programskom paketu. U ovom koraku se vrši digitalna obrada fotografija prikupljenih na prethodno opisani način uz pomoć MATLAB programskog koda. Matlab služi za rješavanje različitih matematičkih problema, te čitav niz izračunavanja i simulacija vezanih za obradu signala, upravljanje, regulaciju i identifikaciju sistema. Posmatrani ANPR kod se sastoji od nekoliko sljedećih blokova od kojih svaki ima specifičnu funkciju:

2.1. *RGB u sivu*. U ovom koraku prikupljene fotografije se transformišu iz RGB slike u crno-bijelu sliku. Prelazak iz RGB modela boja u model sive se radi za svaki piksel korištenjem formule:

$$G(x,y) = 0.299 * Crvena(x,y) + 0.587 * Zelena(x,y) + 0.114 * Plava(x,y)$$

2.2. *Detekcija ivica tablice na sivoj slici*. Metodom segmentacije slike vrši se detekcija ivica tablice sa sive slike. Cilj je da se izvši detekcija rubova tablice, a to se ostvaruje pomoću metode binarizacije slike. Doprinos binarizacije u procesiranju slika je pojačanje rubova (granica objekta) ili povećanje nekog objekta, popunjavanje rupa, te povezivanje područja čiji razmak je manji od veličine strukturnog elementa.

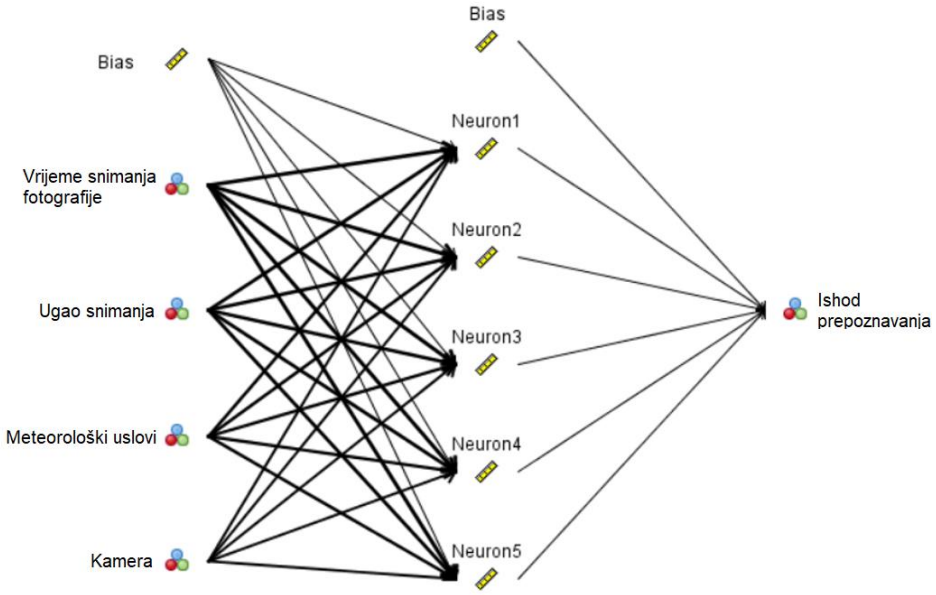
2.3. *Segmentacija karaktera s tablice*. Ovaj postupak obuhvata obradu izdvojene tablice iz prethodnog koraka i podrazumijeva zasebno razdvajanje svakog simbola tablice u cilju daljeg postupka obrade.

2.4. *Prepoznavanje znakova*. U ovoj fazi svaki simbol se prikazuje pojedinačno, te se pomoću funkcije **"function letter=readLetter(snap)"** vrši njegovo poređenje sa već ranije kreiranom bazom svih simbola i znakova u Matlabu. Prepoznaje se svaki pojedinačni znak pomoću tehnike optičkog prepoznavanja znakova. Zatim se ti znakovi kombinuju u cijeli broj, tj. broj tablice vozila.

2.5. *Prikazivanje simbola tablice* - Ovo je završna faza prepoznavanja tablice vozila. Korištena je funkcija **"Iprops=regionprops(im,'BoundingBox','Area', 'Image');"** za ispisivanje simbola na ekranu. Ovo je završna faza prepoznavanja tablice vozila. Izvedene su sve metode otkrivanja registarskih tablica vozila pomoću MATLAB-a, te je dobijen konačan rezultat koji će biti prikazan u nastavku ovog rada.

3. Analiza rezultata i zaključak. Na osnovu obrade svih pojedinačnih fotografija, u narednoj sekciji dati su grafički i analitički prikazi performansi posmatranog algoritma za prepoznavanje registarskih oznaka. Takođe, primijenom metode modelovanja, kreirana je vještačka neuronska mreža za predikciju, tj. klasifikaciju ishoda prepoznavanja u zavisnosti od četiri posmatrana faktora uticaja.

Modeli zasnovani na mašinskom učenju, kakav je i model vještačke neuronske mreže, danas nalaze sve širu primjenu u raznim oblastima nauke i tehnologije. U cilju prediktivnog modelovanja ishoda prepoznavanja registarskih oznaka, kreiran je model vještačke neuronske mreže – višeslojnog perceptrona. Ulazi u model predstavljaju četiri posmatrana faktora, dok izlazna varijabla podrazumijeva ishod prepoznavanja (prepoznato, nije prepoznato, djelimično prepoznato). Model je kreiran u statističkom paketu IBM SPSS Modeler, a njegova arhitektura se sastoji od tri sloja: ulazni sloj sa četiri čvora, skriveni sloj čijih pet neurona imaju aktivacionu funkciju oblika hiperboličkog tangensa i izlazni sloj sa jednim neuronom, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Arhitektura modela višeslojnog perceptrona za predikciju (klasifikaciju) Ishoda prepoznavanja

Dakle, vještačka neuronska mreža je u radu iskorišćena za klasifikaciju ishoda prepoznavanja (perpoznato, djelimično prepoznato ili nije prepoznato) u zavisnosti od ugla snimanja, doba dana, meteoroloških uslova i kamere mobilnog uređaja. Model je obučen po paradigmi učenja pod nadzorom na bazi rezultata prepoznavanja skupa prikupljenih podataka-slika.

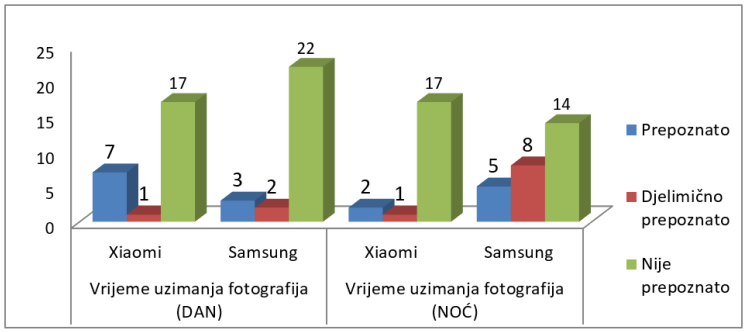
4. REZULTATI I DISKUSIJA

U ovoj sekciji predstavljeni su rezultati obrade podataka, tj. prepoznavanja prikupljenog skupa fotografija registarskih oznaka. Prethodno su navedeni faktori koji utiču na uspješnost prepoznavanja istih, a u narednom dijelu sekcije taj uticaj je analiziran statistički uz grafičke prikaze. Pored toga, u ovoj sekciji su prikazani rezultati prediktivnog modelovanja ishoda prepoznavanja registarskih oznaka na osnovu principa mašinskog učenja. Na slici 2. su prikazani rezultati jedne uspješno prepoznate registarske oznake.



Slika 2. Prikazivanje oznake registarske tablice

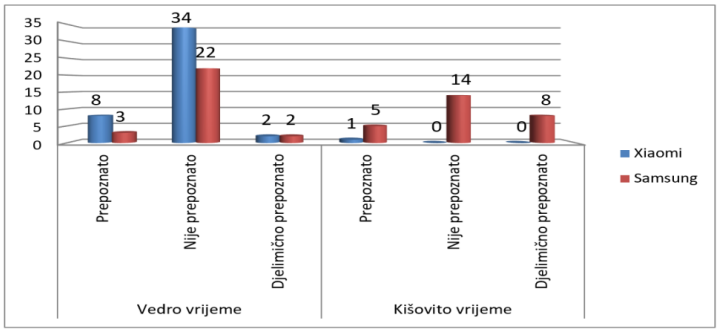
Na slici 3. Može se vidjeti grafikon koji predstavlja uspješnost prepoznavanja registarskih tablica u zavisnosti od vremena snimanja fotografija (dan-noć). Na lijevoj strani se vidi statistika za broj snimljenih fotografija po danu, a na desnoj strani se nalaze ishodi prepoznavanja za fotografije snimljene noću. Plavom bojom su označene prepoznate registarske tablice, crvenom su označene djelimično prepoznate, a zelenom broj fotografija na kojima oznake nisu prepoznate. Djelimično prepoznate fotografije su one fotografije na kojima registarska oznaka nije prepoznata u potpunosti. Drugim riječima, ukoliko je na fotografiji prepoznat svega jedan ili nekoliko znakova, ova fotografija se smatra djelimično prepoznatom.



Slika 3. Rezultati prepoznavanja registarskih oznaka u zavisnosti od vremena snimanja fotografija

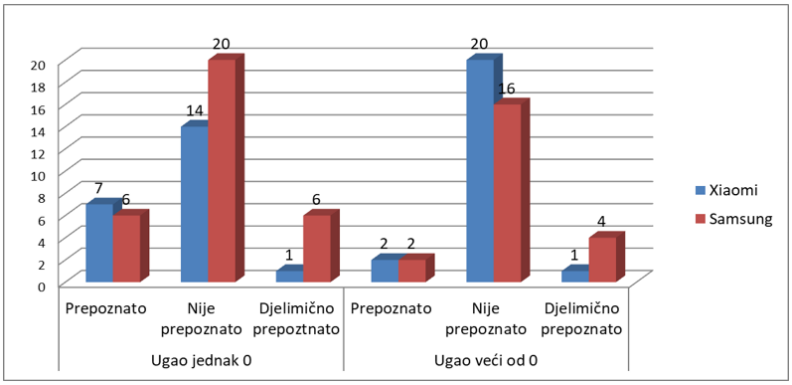
Broj fotografija koje nisu prepoznate je prilično sličan i za one snimljene danju i za one snimljene noću kada su u pitanje obje kamere. Programski paket Matlab na osnovu korištenog koda je uspješno uspio da prepozna 3 fotografije po danu, te 5 fotografija noću, djelimično su prepoznate 2 fotografije po danu, kao i 8 djelimično prepoznatih noću, nisu prepoznate 22 fotografije po danu i 14 fotografija noću snimljenih Samsung A20 uređajem. Programski paket Matlab na osnovu korištenog koda je uspješno prepoznao 7 fotografija po danu, 2 noću, djelimično je prepoznata 1 fotografija po danu, ali isto tako 1 po noći, te 17 fotografija nije prepoznato po danu, a isti je i broj fotografija koje nisu prepoznate po noći snimljenih Xiaomi Mi 9T uređajem.

Na slici 4. su prikazani rezultati prepoznavanja tablica u zavisnosti od vremenskih uslova. Na lijevoj strani ovog grafikona prikazan je statistički dio za 71 fotografiju snimljenu po vedrom vremenu, a na desnoj strani se nalazi statistički dio za 28 fotografija snimljenih po kiši. Plavom bojom su označene fotografije snimljene kamerom Xiaomi mobilnog uređaja, dok su crvenom bojom definisane fotografije snimljene kamerom Samsung A20 mobilnog uređaja. Sa slike se može vidjeti da je mnogo manje prepoznatih registarskih tablica snimljeno tokom kišnih uslova, što je i logično. Ukoliko su uslovi snimanja otežani, samim tim će i krajnji rezultat biti lošiji.



Slika 4. Rezultati prepoznavanja tablica u zavisnosti od meteoroloških uslova

Na slici 5. su prikazani rezultati prepoznavanja fotografija u zavisnosti od ugla snimanja. Grafikon prikazan na slici je podijeljen na dvije osnovne kategorije, odnosno na nulti ugao, te na ugao veći od nule i na osnovu toga su prikazani rezultati obrade. Lijevi dio grafikona prikazuje statistički dio za fotografije snimljene pri nultom uglu, a na desnoj strani se nalaze rezultati za fotografije snimljene za ugao veći od nule. Plavom bojom su označene fotografije snimljene kamerom Xiaomi mobilnog uređaja, dok su crvenom bojom definisane fotografije snimljene kamerom Samsung uređaja. Na osnovu prikazane slike se može vidjeti da je veći broj registarskih tablica prepoznat pri nultom uglu snimanja.



Slika 5. Rezultati prepoznavanja fotografija u zavisnosti od ugla snimanja

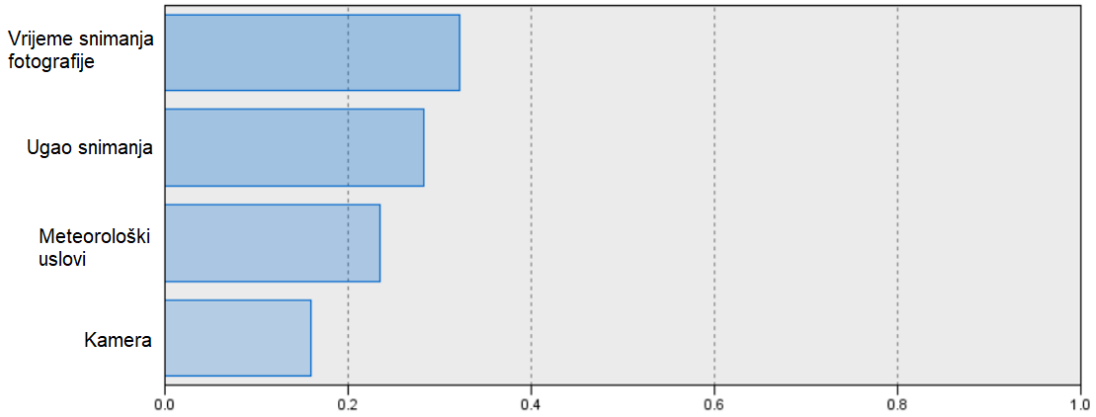
U Tabeli 1. prikazani su ukupni rezultati prepoznavanja snimljenih fotografija. Programski paket Matlab na osnovu korištenog koda je uspješno uspio da prepozna 9 fotografija koje su snimljene kamerom Xiaomi Mi 9T uređaja, odnosno 20% od ukupno 45 snimljenih fotografija. Dvije fotografije su prepoznate djelimično, što predstavlja 4,44% i 34 fotografije nisu prepoznate (75,56%). Uspješno je prepoznato 9 fotografija koje su snimljene kamerom Samsung A20 uređaja, odnosno 14,81% od ukupno 54 snimljenih fotografija. Deset fotografija je prepoznato djelimično, što predstavlja 18,52% i 36 fotografija nije prepoznato (66,67%).

Tabela 1. Ukupni rezultati prepoznavanja registarskih oznaka

Model telefona	Prepoznato	Djelimicno prepoznato	Nije prepoznato
XIAOMI	9	2	34
SAMSUNG	8	10	36

Iz navedenog možemo zaključiti da je algoritam uspio da prepozna jednu fotografiju više snimljenu Xiaomi Mi 9T kamerom, ali je istom kamerom snimljeno i devet fotografija manje u odnosu na Samsung A20 kameru.

Kada je riječ o modelovanju klasifikacije ishoda prepoznavanja pomoću vještačke neuronske mreže, rezultati testiranja ovakvog modela pokazuju da njegova tačnost klasifikacije na osnovu ulaznih faktora iznosi 71,7 %. Slika 6 prikazuje dijagram relativnih važnosti posmatranih faktora za predikciju izlaza-ishoda, za posmatrani model višeslojnog perceptrona.



Slika 6. Dijagram relativnih važnosti posmatranih uticajnih faktora za predikciju izlazne vrijednosti – ishoda prepoznavanja

Sa slike 8 se može zaključiti da najveću relativnu važnost u ovom modelu ima vrijeme snimanja fotografije, a zatim slijedi ugao snimanja, meteorološki uslovi, te kamera.

5. ZAKLJUČAK

Automatsko prepoznavanje registarskih tablica je metod masovnog praćenja prometa koji koristi optičko prepoznavanje znakova na slici kako bi se iščitala registarska oznaka. ANPR se može koristiti za čuvanje fotografija, kao i alfanumeričkog dijela registarske oznake. U ovom radu je izvršeno testiranje Matlab koda za prepoznavanje registarskih oznaka. Sve fotografije su snimljene s kamerama mobilnih telefona, tako da je kvalitet slike dosta slabiji u odnosu na fotoaparat ili neke daleko kvalitetnije kamere. Programski kod u Matlabu vrši prepoznavanje znakova iz nekoliko segmenata. U istraživanju je akcenat stavljen na nekoliko faktora koji utiču na konačan ishod prepoznavanja, a koji su navedeni kao uticajni faktori i u prethodno publikovanim istraživanjima. Pored kamere uređaja kojim se vrši fotografisanje, meteorološki uslovi kao što su magla, kiša, snijeg imaju veoma nepovoljno dejstvo i mogu da utiču na konačan rezultat prepoznavanja. Ništa manje važan faktor nije ni ugao fotografisanja, kao i udaljenost sa koje se pravi određena fotografija. Na osnovu rezultata se zaključuje da je potrebno snimiti registarske oznake s veoma male udaljenosti, te da fokus kamere obavezno bude usmjeren ka registarskoj oznaci. Rezultati predikcije modelom višeslojnog perceptrona pokazuju da ishod prepoznavanja u najvećoj mjeri zavisi od vremena snimanja fotografije, ugla snimanja, meteoroloških uslova, te tipa kamere. Imajući u vidu veličinu uzorka, tj. skupa prikupljenih digitalnih fotografija, pretpostavka je da bi rezultati klasifikacije pomoću vještačke neuronske mreže bili mnogo relevantniji ukoliko bi broj snimljenih fotografija bio veći. Drugim riječima, procenat tačno klasifikovanih ishoda bio bi veći. Buduća istraživanja se

pored proširenja uzorka, mogu orijentisati na primjenu metode augmetacije podataka, kojom se generišu vještačke „kopije“ postojećih fotografija i time uvećava skup za obuku i testiranje.

6. LITERATURA

Badr, A., Abdelwahab, M. M., Thabet, A. M., & Abdelsadek, A. M. (2011). Automatic number plate recognition system. Annals of the University of Craiova-Mathematics and Computer Science Series, 38(1), 62–71.

Chang, S.-L., Chen, L.-S., Chung, Y.-C., & Chen, S.-W. (2004). Automatic license plate recognition. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 5(1), 42–53.

Car Number Plate Detection Using MATLAB and Image Processing. (n.d.). Retrieved October 4, 2021, from https://circuitdigest.com/tutorial/vehicle-number-plate-detection-using-matlab-and-image-processing

Damjanović, M. (2015). Raspoznavanje znakova s registracijskih pločica automobila [PhD Thesis]. Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of Electrical ….

Du, S., Ibrahim, M., Shehata, M., & Badawy, W. (2012). Automatic license plate recognition (ALPR): A state-of-the-art review. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 23(2), 311–325.

Du, W., Sun, B., Kuai, J., Xie, J., Yu, J., & Sun, T. (2021). Highway travel time prediction of segments based on ANPR data considering traffic diversion. Journal of Advanced Transportation, 2021.

Laroca, R., Severo, E., Zanlorensi, L. A., Oliveira, L. S., Gonçalves, G. R., Schwartz, W. R., & Menotti, D. (2018). A robust real-time automatic license plate recognition based on the YOLO detector. 2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 1–10.

Lotufo, R. A., Morgan, A. D., & Johnson, A. S. (1990). Automatic number-plate recognition. IEE Colloquium on Image Analysis for Transport Applications, 6–1.

Lukić, D., & Radulović, M. (2009). Lokalizacija i segmentacija registarskih tablica.

Ozbay, S., & Ercelebi, E. (2005). Automatic vehicle identification by plate recognition. World Academy of Science, Engineering and Technology, 9(41), 222–225.

Palajsa, S. (2015). Analiza distribucije vozila prema zemlji porijekla na zagrebačkoj obilaznici primjenom metoda video detekcije [PhD Thesis]. University of Zagreb. Faculty of Transport and Traffic Sciences. Division of ….

Palinić, D. (2016). INFORMACIJSKI SUSTAVI U NADZORU PROMETA NA AUTOCESTAMA [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis, The Polytechnic of Rijeka. Transport Department]. https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:125:713171

Posavi, J. (n.d.). METODA ZA PREPOZNAVANJE ZNAKOVA S REGISTARSKIH OZNAKA AUTOMOBILA. 5.

Shi, X., Zhao, W., & Shen, Y. (2005). Automatic license plate recognition system based on color image processing. International Conference on Computational Science and Its Applications, 1159–1168.

Stefanović, H., Veselinović, R., Bjelobaba, G., & Savić, A. (2017). On some optimization techniques of number plate recognition algorithm for imperfect detection conditions. Info M, 16(64), 33–37.

Tadić, V. (2018). Fazifikacija Gaborovog filtra i njena primena u detekciji registarskih tablica. Универзитет у Новом Саду.

Zhang, H., Chen, P., Zheng, J., Zhu, J., Yu, G., Wang, Y., & Liu, H. X. (2019). Missing data detection and imputation for urban ANPR system using an iterative tensor decomposition approach. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 107, 337-355.

Wan, L., Tang, J., Wang, L., & Schooling, J. (2021). Understanding non-commuting travel demand of car commuters–Insights from ANPR trip chain data in Cambridge. Transport Policy, 106, 76-87.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

EXPLOITATION OF MOTOR VEHICLES AND MOTORS IN SPECIAL AMBIENTAL CONDITIONS

EKSPLOATACIJA MOTORNIH VOZILA I MOTORA U POSEBNIM AMBIJENTALNIM USLOVIMA

Vojislav Krstić[a], Božidar Krstić[b], Nikola Krstić[c], Mesud Ajanović[d]

[a] *Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, Serbia*

[b] *University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Serbia, bkrstic@kg.ac.rs*

[c] *Faculty of Electronic Engineering Nis. University of Nis, Nis, Serbia*

[d] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Misica 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, mesud.ajanovic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Many of the problems that arise when using the vehicle, in special ambient conditions (conditions of reduced temperatures, conditions of elevated temperatures, increased altitudes) forced the vehicle manufacturers to find out methods and means for their removal.*

Based on the research of the behavior of vehicles under different environmental conditions, it comes to the conclusion which conditions it must satisfy for its proper functioning in a particular geographical zone characterized by certain climatic conditions (moderate zone, desert zone, tropical zone and artistic zone).

The paper deals with the problems of exploitation of vehicles in special ambient conditions.

Key words: *motor vehicle, drive unit, special ambient conditions*

Apstrakt: *Veliki broj problema koji se javljaju pri korišćenju vozila, u posebnim ambijentalnim uslovima (uslovima sniženih temperatura, uslovima povišenih temperatura, povećanih nadmorskih visina) primoralo je proizvođače vozila da iznađu metode i sredstva za njihovo otklanjanje.*

Na osnovu istraživanja ponašanja vozila pri različitim uslovima okoline dolazi se do zaključka koje uslove ono mora da zadovolji da bi bilo moguće njegovo ispravno funkcionisanje u određenoj geografskoj zoni koju karakterišu određeni klimatski uslovi (umerena zona, pustinjska zona, tropska zona i artička zona).

U radu je obrađena problematika eksploatacije vozila u posebnim ambijentalnim uslovima.

Ključne riječi: *motorno vozilo, pogonski agregat, posebni ambijentalni uslovi*

1. UVOD

Vozila, koja bi mogla da funkcionišu u svim uslovima okoline, zahtevaju izuzetno visoke troškove razvoja, proizvodnje, korišćenja i održavanja. Iz tog razloga, pri razvoju vozila, utvrđuju se uslovi pri kojima će vozilo da se koristi (tzv. standardni uslovi za odgovarajuće zone). Simulacija one probe, koje se vrše na vozilima za svaki standardni uslov, moraju da garantuju njegovo ispravno funkcionisanje u stvarnim uslovima odgovarajuće geografske zone, za utvrđeni koristan vek trajanja.

Na osnovu istraživanja ponašanja vozila pri različitim uslovima okoline dolazi se do zaključka koje uslove ono mora da zadovolji da bi bilo moguće njegovo ispravno funkcionisanje u određenoj geografskoj zoni koju karakterišu određeni klimatski uslovi (umerena zona, pustinjska zona, tropska zona i artička zona). Za svaku geografsku zonu korišćenja vozila predviđene su određene norme ispitivanja. S obzirom na veliki uticaj klimatskih i geografskih uslova na funkcionisanje vozila razvijene su medote ispitivanja vozivosti u određenim ambijentalnim uslovima. Na osnovu rezultata ispitivanja, primenom ovih metoda, moguće je vršiti i utvrđivanje kvaliteta vozila. Veći broj metoda ispitivanja je standardizovan. Mogućnost korišćenja vozila u uslovima sniženih i povićenih temperatura, kao i na terenima sa velikim nadmorskim visinama, ispituje se prema ovim standardima.

2. EKSPLOATACIJA VOZILA PRI POVIŠENIM TEMPERATURAMA

Pod dejstvom visokih temperatura smanjuje se punjenje motora, a samim tim opada snaga i obrtni moment. Visoke temperature dovode do pojave parnih mehurova u sistemu za dovod goriva, što izaziva neprevilan rad motora, pa i njegov prekid.

U ovim uslovima dolazi do pojave detonatornog sagorevanja u motoru, što dovodi do njegovog pregrevanja, pa i havarije. Ukoliko sistem za hlađenje pravilno ne funkcioniše može doći vrlo brzo do pregrevanje motora. Pod dejstvom visokih temperatura viskoznost ulja se smanjuje, a pošto u zatvorenim prostorijama postoji i pritisak isparenja, onda dolazi do njegovog curenja i tamo gde su u normalnim uslovima ne bi pojavio. Masti u ovim uslovima se tope i napuštaju mesto podmazivanja. Osušeno mazivo može da izazove veće poremećaje u mnogim sistemima vozila. Zbog pojave parnih mehurova u kočnom sistemu, on ne može ispravno da funkcioniše.

U oblastima suve tropske klime, pod dejstvom vetra nastaju oblaci prašine koja može da izazove niz štetnih efekata na vozilu (nezaštićeni pokretni delovi, usled prodora prašine, intezivno se habaju, filtri za vazduh postaju neefikasni, itd.). Visoka temperatura i prisustvo prašine ne utiču samo na vitalne funkcije vozila već pogoršavaju i udobnost putovanja.

Pri izboru vozila za korišćenje u ovim uslovima ne treba se voditi računa samo o primenjenim konstruktivnim rešenjima na njemu, koja ublažavaju ili sprečavaju negativno delovanje ovakvih klimatskih uslova, već se mora voditi računa i o izboru boje vozila (izbegavati tamne boje).

Zbog visokih temperatura, kod potpuno zaptivenih komponenata koje sadrže materijale koji imaju prirodnu vlažnost (drvo, papir, itd.) dolazi do kondenzovanja vode na površine koje se hlade, što često dovodi do ošetećenja prvenstveno optičkih instrumenata i električne oopreme.

Dejstvo infracrvenih i ultravioletnih sunčevih zraka dovodi do intenzivne degradacije prvenstveno polimernih materijala.

Prašina i pesak izazivaju abraziju prodirujući u spojeve gde se kretanje uglavnom javlja usled vibracija i promena temperatura. Prodor prašine i peska u ležajeve i druge sklopove vozila može da dovede do katastrofalnih posledica.

Pri visokim spoljašnjim temperatura, naročito u slučaju vožnje malom brzinom pri većem opterećenju, dolazi do pregrevanja motora, a samim tim i do smanjenja snage motora. Iz tog razloga neophodno je intezivno hlađenje motora primenom adekvatnih ventilatora (sa optimalnom geometrijom i odrovarajućim brojevima obrtaja) i primenom specijalnih delova koji usmeravaju tok vazduha na delove motora koje treba hladiti. U uslovima suve žarke klime dolazi do naglih oscilacija klime, tako da primenom istog sistema za hlađenje, ukoliko ispravno ne funkcioniše sistem za regulaciju, može doći do podhlađenja motora.

Visoke temperature ne dovode do pojave otkaza samo motora, već i drugih vitalnih delova vozila, čime se direktno utiče na pogoršanje njihovih karakteristika. Navedimo neke primere:

Usled dejstva visokih temperatura dolazi do intezivnog isparavanja elektrolita iz akumulatora što može dovesti do njegovog otkaza.

U sistemu za dovod goriva ugljovodonici benzina koji lako ključaju pretvaraju se u paru što dovodi do povećanja zapremine (pri isparenju 1 cm^3 benzina stvara se oko 15 cm^3 pare). To može da dovede do osiromašenja smeše goriva, nepravilnog rada karburatora, što se zaključuje na osnovu pojave praskavog zvuka u njemu, pa čak i do prekida rada motora.

Mesto najmanjeg pritiska u sistemu za dovod goriva je pumpa za gorivo, gde se najčešće i stvaraju tzv. čepovi pare. Pritisak iznad membrane pumpe za gorivo zavisi od međusobnog položaja pumpe za gorivo i rezervoara, prisustva i karaktera hidrauličkih otpora i prečnika vodova za benzin. Ako je rezervoar za gorivo smešten iznad pumpe, onda je otpor kod pokretanja manji, a samim tim smanjena je i mogućnost stvaranja čepova. Ukoliko je rezervoar ispod pumpe javljaju se dodatni otpori prouzrokovani podizanjem goriva, tako da je mogućnost pojave čepova veća. Da bi se smanjili otpori povećava se prečnik vodova na usisnoj grani.

Posle zaustavljanja motora ventilacija se prekida i temperatura vazduha u prostoru ispod poklopca motora naglo se povećava. U ovom slučaju dolazi do intezivnog stvaranja pare, usled čega se, ne retko, posle 3÷5 minuta stajanja motor ne može da pokrene ili se pokreće vrlo teško.

Što je veši procenat lako isparljivih ugljovodonika u gorivu, to je veća verovatnoća stvaranja čepova pare. U vlažnim subtropskim i tropskim pojasevima, u slučaju nedovoljne spoljašnje izolacije na provodnicima visokog napona kondezuje se vlaga, usled čega njihov napon pada i dolazi do spoja na "masu". U ovim slučajevima motor radi sa prekidima, a ne retko dolazi i do njegovog zaustavljanja. Pod dejstvom visokih temperatura spoljašnjeg vazduha dolazi do zagrevanja ulja koja se koriste u određenim sklopovima vozila (motor, menjač,...) dolazi do smanjenja njegovog viskoziteta. Pod dejstvom visokih temperatura vazduh iznad ulja se širi i potiskuje ulje smanjenog viskoziteta kroz procepe i zaptivke, tako da dolazi do njegovog curenja. Do ove pojave ne bi došlo pri radu na normalnoj temperaturi.

Praksa je pokazala da usled dejstva visokih temperatura dolazi do isparavanja ulja, a samim tim i do neefikasnog podmazivanja mehaničkih sklopova, što za posledicu ima njihovo intenzivno habanje i zaribavanje. Prisustvo otvrdnutog i isušenog maziva na mestima pokretljivih spojeva povećava otpor relativnom pomeranju delova. Usled smanjenja viskoznosti kočione tečnosti i pojave čepova pare, pod dejstvom visokih temperatura, rad hidrauličnog kočionog sistema može da postane nepouzdan. Smanjena viskoznost kočione tečnosti može da dovede do njenog curenja. Usled postojanja tzv. čepova pare dolazi do tzv. "propadanja" pedale kočnice, što je nedopustivo prema propisima o bezbednosti saobraćaja.

Vlažna tropska klima odlikuje se visokom vlažnošću i visokim temperaturama. U ovim uslovima vozilo je izloženo intenzivnom dejstvu korozije. Zbog visoke relativne vlažnosti, motor radi sa smanjenom snagom i većom potrošnjom goriva (smanjuje se koeficijent punjenja motora).

Visoke temperature i visoka relativna vlažnost dovodi do pojave većeg broja bioloških agenasa (buđ, insekti, bakterije), koji su sa svoje strane uzročnici znatnih oštećenja delova vozila.

Vozilo namenjeno za korišćenje u uslovima tropske klime mora biti prilagođeno tim uslovima. Usisavanje vazduha u motor ne sme se uzimati iz motorskog prostora već isključivo spolja, jer postoji velika razlika u stepenu njegove zagrejanosti. Benzini koji se koriste na vozilima u uslovima tropske klime moraju da imaju veći oktanski broj od benzina koji se koriste u normalnim uslovima. Sistem za dovod goriva neophodno je izolovati od toplotnog zračenja da bi se izbegla pojava parnih mehurova. Pumpa za gorivo mora biti što bliža rezervoaru za gorivo, jer u usisnom vodu stvara se podpritisak koji intenzivira stvaranje parnih mehurova zbog olakšanog isparavanja goriva pri sniženom pritisku. Dimenzionisanje sistema za hlađenje motora mora biti adekvatno uslovima korišćenja vozila. Vozila treba snabdeti posebnim hladnjakom za ulje.

Za sklopove koji se podmazuje mašću mora se primeniti mast otporna na dejstvo visokih temperatura. Neophodna je primena sredstava zaštite vozača, putnika i tereta od visokih temperatura i prašine. Neophodno je obezbediti specijalne filtre za vazduh. Za ovakve uslove najčešće se ugrađuje veći broj filtera za vazduh, koji se hlade da bi im se povećao vek trajanja.

3. EKSPLOATACIJA VOZILA PRI SNIŽENIM TEMPERATURAMA

Vozila namenjena za korišćenje u uslovima sniženih temperatura moraju se konstruktivno tako rešiti da odgovaraju nameni. Za tu svrhu moraju biti opremljena uređajima za hladan start motora, uređajima za zagrevanje odgovarajućih celina vozila, zimskim pneumaticima, itd.

Zimske temperature mogu da prouzrokuju: blokiranje pokretnih delova (zbog različitih vrednosti koeficijenta skupljanja raznorodnih materijala); uvećanje viskoznosti goriva, maziva i drugih tehničkih fluida; promene u električnim konstantama; lomljivost mekih materijala, itd.

U ovom delu knjige biće prikazani neki od rezultata ispitivanja ponašanja vozila i njegovih delova u uslovima sniženih temperatura [1], [2].

Od temperature spoljašnjeg vazduha u velikoj meri zavisii gotovost voznog parka, a samim tim i njegova ukupna efektivnost.

Na slici 1 prikazana je zavisnost koeficijenta gotovosti voznog parka od temperature spoljašnjeg vazduha.

Konstrukcija vozila koja se koristi u uslovima sniženih temperatura mora biti što jednostavnija a pristup svim delovima i agregatima lak. Ovo je vrlo važno sa aspekta njihovog korišćenja i održavanja pri tim uslovima. Ona mora da bude visoko pouzdana i dugovečna, da izvršava postavljene zadatke i pri izrazito niskim temperaturama. Njegovo korišćenje i održavanje mora biti lako i jednostavno.

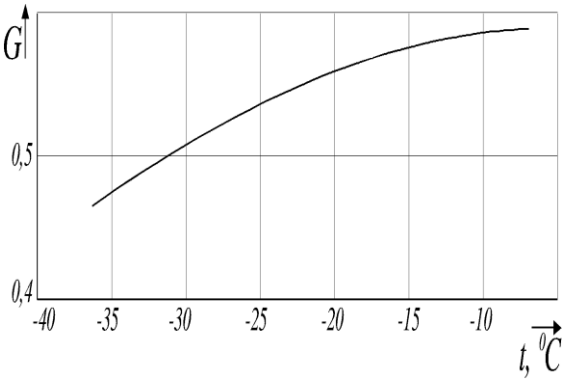
Primenjeni materijali moraju da zadovolje uslove eksploatacije vozila.

Delove ovakvih vozila neophodno je unificirati, nezavisno od snage pogonskog motora.

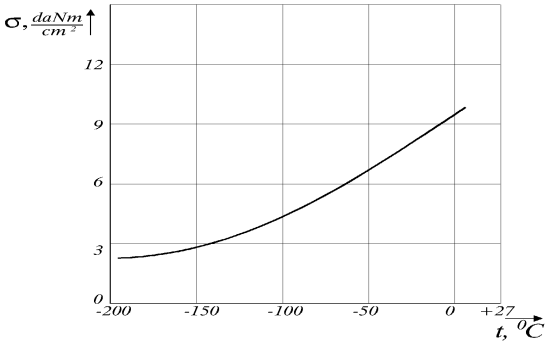
Neophodno je obezbediti mogućnost dopunskog zagrevanja pogonskog motora.

Konstrukcija prostora u kome je smešteno ljudstvo i teret mora da omogući adekvatno njihovo zagrevanje (regulisano odgovarajućim sistemom regulacije zavisno od spoljne temperature).

Niske temperature vazduha uzrokuju promenu svojstva materijala. Tako na primer, udarna jačina naglo se smanjuje, delovi proizvedeni od čelika sa dodacima silicijuma i mangana (listovi gibnjeva, opruge i dr.), od liva (glava motora, obloga kvačila, karter, zvono menjača, itd.), postaju veoma krti.



Slika 1. Zavisnost koeficijenta voznog parka od temperature spoljašnjeg vazduha



Slika 2. Zavisnost udarne jačine ugljeničnih čelika od temperature

Na slici 2 prikazana je zavisnost udarne jačine ugljeničnih čelika od temperature.

Spojevi od olova i kalaja na temperaturi ispod -45ºC oštećuju se i pretvaraju u praškastu masu, tako da spoj gubi funkciju.

Kod ležaja kolenastog vratila motora sus pri ekstremno niskim temperaturama, zbog razlike u koeficijentima zapreminskog širenja, dolazi do deformacije i smanjenja zazora što onemogućava njihovo pravilno podmazivanje, dovodi do pregrevanja pojedinih delova ležišnog materijala, oštećuje radne površine ležišta i do povećanog habanja rukavca kolenastog vratila.

U uslovima sniženih temperatura pneumatici, gube elastičnost i dolazi do pojave deformacija i naprslina. Usled gubljenja elastičnosti pneumatika koeficijent prianjanja je vrlo mali što dovodi do proklizavanja. Da bi se otklonio negativan uticaj niskih temperatura pneumatici se zagrevaju. Štetno dejstvo niskih temperatura ispoljava se i na drugim polimernim materijalima (plastične mase, itd.). Pod dejstvom sniženih temperatura, pogoršavaju se fizička svojstva goriva, maziva i drugih tehničkih fluida.

Sa opadanjem temperature okolnog vaduha povećava se viskoznost i gustina goriva usled čega se pogoršava njegovo proticanje kroz otvore dovodnog sistema.

Na slici 3 prikazana je zavisnost kinematske viskoznosti (1) i gustine (2) benzina od temperature spoljašnjeg vazduha. Sa slike se uočva da pri padu temperature od +40 ºC na

-10 ºC viskoznost benzina se povećava za 76%, a gustina za 6%. Raprašivanje benzina u komori za mešanje u karburatoru, sa povećanjem površinskog napona se smanjuje.

Sa snižavanjem temperature od +30 ºC do -20 ºC koeficijent viška vazduha prilikom doziranja smeše raste za 18%. Isparljjivost benzina zavisi uglavnom od pritiska zasićenih para. [to je niža vrednost pritiska to je slabiji intezitet isparavanja. Sa smanjenjem temperature okoline isparljjivost benzina opada, a paljenje radne smeše je sve teže.

Da bi se izbeglo povećano habanje delova motora, pri sniženim temperaturama, ne preporučuje se primena goriva sa sadržajem sumpora iznad 0,1%. Ukoliko se koristi benzin sa više od 0,1% sumpora, pri sagorevanju dolazi do stvaranja kondezata vlage u produktima sagorevanja koji se spaja sa oksidima sumpora stvarajući agresivnu kiselinu koja u dodiru sa površinama, koje se nalaze u međusobnom relativnom kretanju, intezivira proces njihovog habanja.

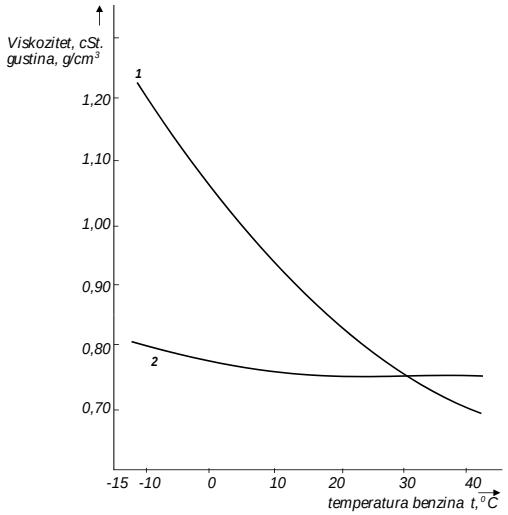
Viskoznost dizel goriva, pod dejstvom sniženih temperatura, se povećava, što dovodi do pogoršavanja procesa obrazovanja smeše i njenog sagorevanja u motoru. Zbog parafinskih taloga pokretljivost ovog goriva je smanjena. Zavisnost viskoznosti dizel goriva i kerozina od temperature, data je na slici 4. Pri korišćenju vozila u uslovima sniženih temperatura dizel gorivu se najčešće dodaje kerozin.

Pri niskim temperaturama dolazi do kašnjenja momenta samozapaljenja dizel goriva. Ovo je osnovni razlog zbog koga je neophodno pristupiti zagrevanju dizel goriva. Ne treba izgubiti iz vida činjenicu da potrošnja goriva pri sniženim temperaturama je mnogo veća nego pri normalnim temperaturama.

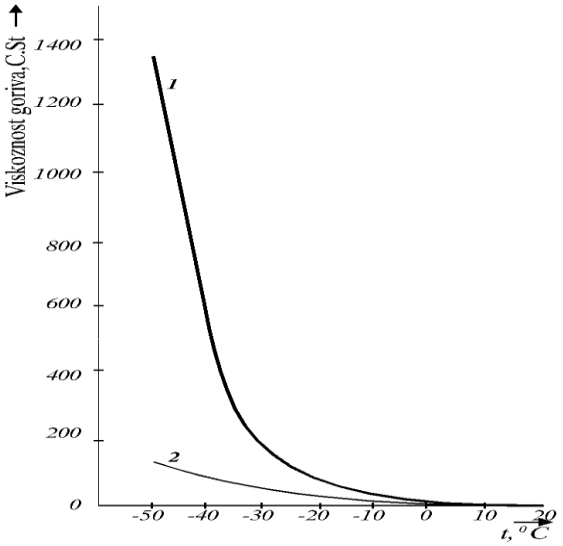
Zavisnost potrošnje goriva od temperature okoline prikazana je na slici 5.

Pri korišćenju vozila u uslovima sniženih temperatura dizel gorivu se najčešće dodaje kerozin. Viskoznost motornih i transmisionih ulja sa snižavanjem temperature, povećava se. To dovodi do pogoršavanja njihovih podmazujućih svojstva. Često nije moguće pokrenuti motor pre zagrevanja ulja (zbog trenja u ležajevima i između klipova i cilindara povećava se otpor obrtanju kolenastog vratila). Smanjena ugaona brzina obrtanja kolenastog vratila, pri sniženim temperaturama, dovodi do smanjenja punjenja cilindra, pritiska i temperature vazduha u cilindrima na kraju takta sabijanja. Zavisnost broja obrtaja kolenastog vratila (pri radu startera) od temperature motorskog ulja data je na slici 6. Zavisnost momenta otpora (1) i broj obrtaja kolenastog vratila (2) od viskoznosti (η) motorskog ulja data je na slici 7.

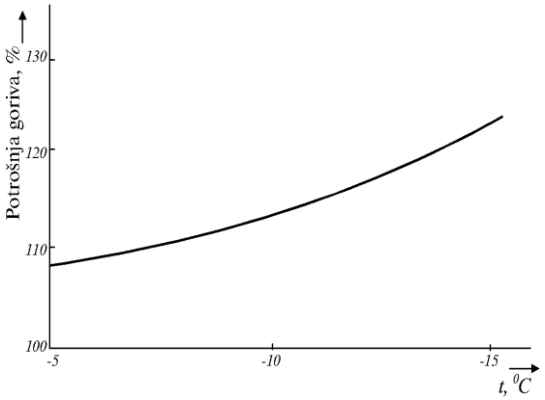
Pri sniženim temperaturama, viskoznost motorskog ulja raste tako da može doći do prekidanja dovoda ulja, jer zgusnuto ulje zbog povećanog pritiska vraća se u karter motora kroz prelivni ventil sistema za podmazivanje. Transmisiona ulja na sniženim temperaturama, zbog povećanja viskoznosti, dovode do znatnog gubitka snage i sniženja koeficijenta korisnog dejstva mehanizma transmisije.



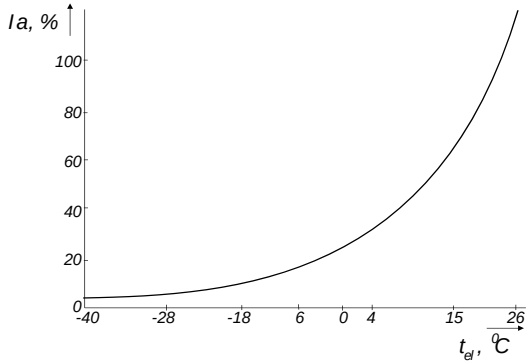
Slika 3. Zavisnost kinematske viskoznosti (1) i gustine (2) benzina od temperature spoljašnjeg vazduha (t)



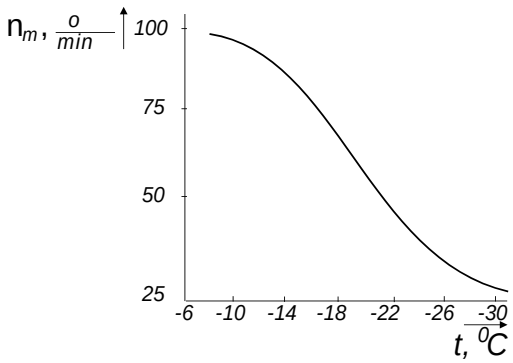
Slika 4. Zavisnost viskoznosti dizel goriva (1) i *kerozina (2) od temperature (t)*



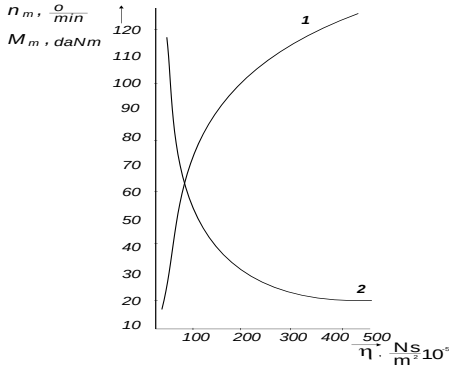
Slika 5. Zavisnost potrošnje goriva od temperature spoljašnjeg vazduha (t)



Slika 6. Zavisnost struje punjenja akumulatora (I_a) od temperature elektrolita (t_{el})



Slika 7. Zavisnost broja brtaja kolenastog vratila (pri radu startera) od temperature maziva u karteru motora (t)



Slika 8. Zavisnost momenta otpora (1) i broja obrtaja kolenastog vratila (2) od viskoznosti motorskog ulja (η)

Zavisnost vučne sile, neophodne za kretanje vozila, od temperature transmisionog ulja data je na slici 9. Za uslove korišćenja vozila u našem podneblju neophodno je voditi računa o blagovremenoj zameni tzv. letnjeg ulja zimskim i suprotno.

Zavisnost habanja cilindra motora (*h*) od njegove temperature prikazana je na slici 9.

U uslovima sniženih temperatura ne dolazi samo do porasta viskoziteta goriva i maziva već i drugih tehničkih fluida koji su primenjeni u vozilu (npr. tečnost u kočionom sistemu, u amortizerima, itd.). To može da dovede do neželjenih posledica, te se o tome mora voditi računa.

U uslovima sniženih temperatura neophodna je primena tečnosti za hlađenje sa niskom tačkom zamrzavanja. Osnovne karakteristike tečnosti za hlađenje su: temperatura zamrzavanja i ključanja, toplotna provodljivost i toplotni kapacitet. Tečnost za hlađenje mora da ima malu viskoznost i ne sme da izaziva koroziju metala i oštećenja polimernih materijala. Da bi se postigle potrebne karakteristike tečnosti za hlađenje, u uslovima sniženih temperatura, dodaju im se odgovarajući aditivi.

Kao sredstvo za hlađenje najčešće se koristi tzv. antifriz. Antifriz je otrovan (10 cm^3 antifriza je smrtonosna doza za čoveka).Pri niskim temperaturama okoline javlja se niz problema pri korišćenju vozila.

Jedan od tih problema je i startovanje motora. Ova problematika zaslužuje posebnu pažnju. Razvijeno je niz rešenja zagrevanja motora i goriva pre startovanja.

Radi povećanja startnosti motora vozila pri niskim temperaturama okoline neophodno je pristupiti grejanju akumulatora. U uslovima sniženih temperatura dolazi do intezivnog pražnjenja akumulatora. (sllika 11). Nije preporučljivo koristiti akumulator čiji je stepen napunjenosti manji od 75%. Uzrok otežanog startovanja motora je i smanjen kapacitet akumulatora.

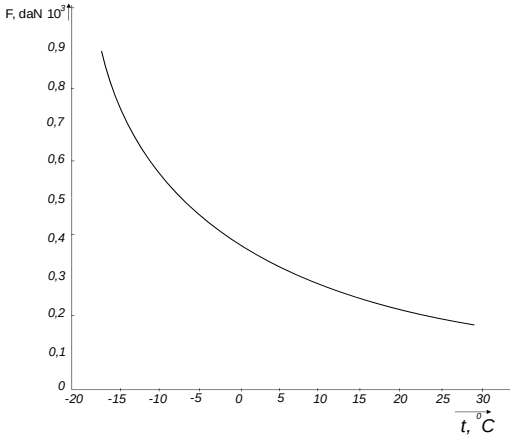
Snižene temperature negativno utiču na rad elektroopreme vozila.

U uslovima sniženih temperatura otežan je i rad startera jer sa jedne strane kapacitet akumulatora, koji ga snabdeva strujom, je smanjen, dok sa druge strane zbog povećane viskoznosti maziva otpor pokretanja motora je veći.

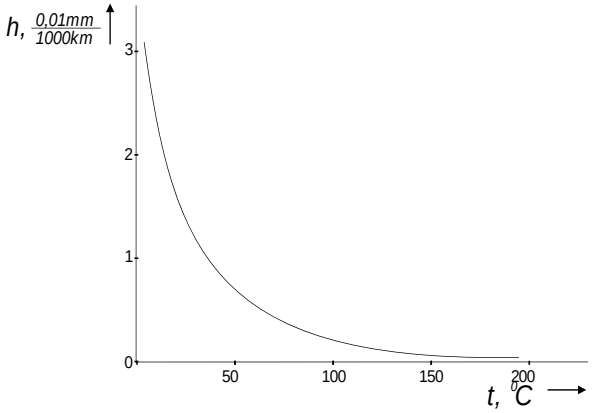
Temperatura mržnjenja elektrolita, kao i njegova zapreminska masa, viskozitet i specifična električna otpornost, pri sniženim temperaturama, imaju poseban uticaj na ispravan rad akumulatora. Ukoliko dođe do zamrzavanja elektrolita akumulator gubi svoju funkciju.

Na slici 11 prikazan je tok opadanja kapaciteta (*K*) akumulatora u zavisnosti od temperature elektrolita.Temperatura zamrzavanja elektrolita u akumulatoru, u velikoj meri zavisi od njegove gustine, odnosno od stanja električne napunjenosti akumulatora (slika 12). Pokazalo se u praksi da akumulator sa temperaturom elektrolita od -30 ^oC gotovo da ne prima struju punjenja. Ovo navodi na zaključak da je neophodno grejanje akumulatora pri niskim temperaturama okoline.

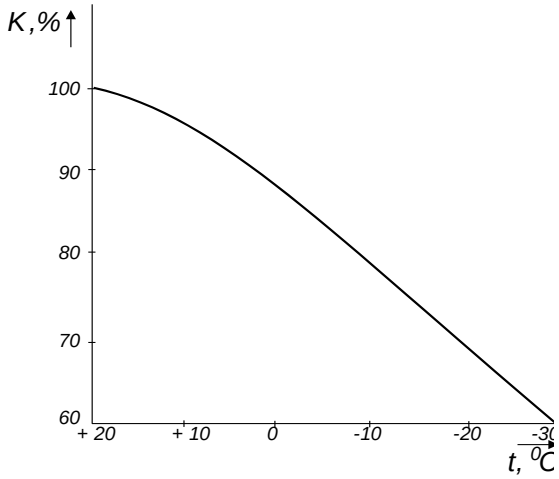
Zavisnost struje punjenja akumulatora (I_a) od temperature elektrolita (t_{el}) prikazana je na slici 6. Efekti grejanja akumulatora, pri niskim temperaturama okoline, su sledeći: Mogućnost odavanja većeg inteziteta struje pri višem naponu; Poboljšanje prijema struje. Da bi se obezbedila optimalna temperatura elektrolita u akumulatoru, akumulator se zagreva i izolira primenom odgovarajućih materijala. Razvijeno je više rešenja za izolaciju i zagrevanje akumulatora. Najčešći problemi korišćenja vozila, u uslovima sniženih temperatura, kao što je već ranije rečeno, predstavlja startovanje motora. Uzroci otežanog startovanja motora su mnogobrojni. Ipak, osnovni uzroci su velika viskoznost maziva izazvana niskom temperaturom, što ima za posledicu potrebu većeg obrtnog momenta za pokretanje motora.



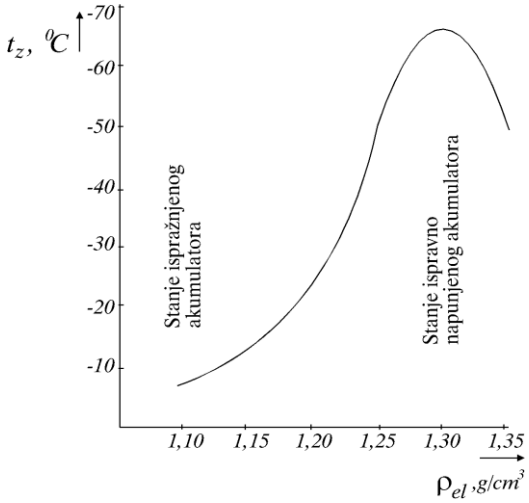
Slika 9. Zavisnost vučne sile (F), neophodne za kretanja vozila,od temperature transmisionog ulja (t)



Slika 10. Zavisnost habanja cilindra (h) od njegove temperature (t)



Slika 11. Zavisnost kapaciteta akumulatora (K)od temperature elektrolita (t)

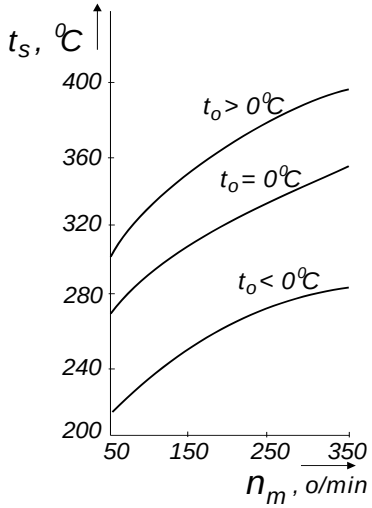


Slika 12. Zavisnost temperature zamrzavanja elektrolita (t_z)od njegove gustine (ρ_{el})

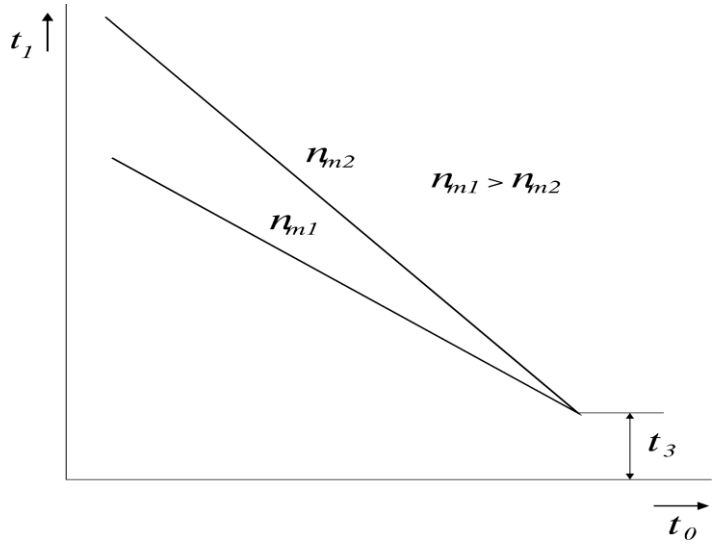
Niske temperature dovode i do porasta viskoziteta goriva što direktno utiče na kvalitet gorive smeše i sam rad motora. Lošijem kvalitetu gorive smeše doprinosi i smanjen broj obrtaja motora pri startovanju u ovim uslovima.

Sistem za paljenje pri startovanju motora, u uslovima sniženih temperatura, mora da obezbedi jaku varnicu, za šta je potrebna struja visokog napona, koji ne može da se obezbedi zbog pada kapaciteta akumulatora. Usled niskog broja obrtaja motora pri startovanju i prekida primarnog kola (prekinuta veza platinskih dugmadi) dolazi do nemogućnosti obezbeđenja potrebnog napona u sekundarnom strujnom kolu. Česta je pojava, u ovim uslovima rada motora, da se elektrode svećica navlaže od neisparenog goriva, što je takođe jedan od uzroka teškog startovanja motora.

Pri startovanju dizel motora, u uslovima niskih temperatura, javljaju se još veće teškoće nego pri startovanju benzinskih motora. Razlog za to leži u činjenici da za paljenje ubrizganog goriva u radni prostor motora, neophodno je obezbediti temperaturu komprimovanog vazduha veću od temperature samozapaljenja goriva.



Slika 13. Zavisnost temperature na kraju sabijanja (t_s) od broja obrtaja motora (n_m) i temperature okolnog vazduha (t_o)



Slika 14. Temperaturska karakteristika startovanja motora

Na slici 13 prikazana je zavisnost temperature vazduha na kraju sabijanja od temperature okoline i broja obrtaja motora. Zavisnosti prikazane na slici 13 pokazuju da pri niskim temperaturama okoline, za obezbeđenje potrebne temperature komprimovanog vazduha, potreban je visok broj obrtaja kolenastog vratila. Ovo je, u ovim uslovima, teško postići jer kapacitet akumulatora je smanjen, a otpori kretanja kolenastog vratila, prvenstveno zbog povećane viskoznosti maziva, povećani tako da je vrlo teško obezbediti pouzdano startovanje motora. Postizanje neophodne temperature komprimovanog vazduha je mnogo lakše kod dizel motora sa direktnim ubrizgavanjem nego kod ovih motora sa komorama. Jedan od razloga je njihova veća kompaktnost. Teškom startovanju dizel motora, u uslovima sniženih temperatura, doprinosi i povećana viskoznost dizel goriva u ovim uslovima.Viskoznost dizel goriva direktno utiče na kvalitet gorive smeše (sa porastom viskoznosti smanjuje se sposobnost njegovog raspršivanja). Usled povećane viskoznosti dizel goriva i malog broja obrtaja kolenastog vratila pri startovanju, njegovo raspršivanje je nedovoljno. Usled toga kapljice neraspršenog goriva dospevaju na zidove radnog prostora motora što pogoršava mogućnost sagorevanja goriva uz povećano stvaranje gareži i taloga.

Ne treba izgubiti iz vida da otežanom startovanju motora u uslovima sniženih temperatura, doprinosi i pojava tzv. vazdušnih čepova u dovodnim kanalima (u ovakvim uslovima njihova pojava je olakšana).U uslovima sniženih temperatura pri startovanju motora dolazi do intezivnog

habanja njegovih delova. Uzrok tome nije samo povećana viskoznost maziva, već i njegov nedostatak jer da bi taruće površine bile normalno podmazane potrebno je da pumpa za ulje napravi određen broj obrtaja. Ukoliko bi pumpa za ulje počela sa radom pre startovanja motora ovaj nedostatak bio bi otklonjen. Ovo je neostvarljivo kod sadašnjih konstrukcija vozila.

Ne treba izgubiti iz vida da u uslovima sniženih temperatura, pored delova pogonskog motora, intenzivnije se habaju i drugi vitalni delovi vozila.

Odrediti minimalnu temperaturu vazduha na ulazu u dizel motor, pri kojoj je moguće njegovo uspešno startovanje, je važno naročito sa aspekta uslova korišćenja. U uslovima sniženih temperatura okoline startovanje dizel motora je otežano usled promene uslova termodinamičkih procesa vezanih sa paljenjem radne smeše u cilindrima. Ispitivanjem je ustanovljeno da postoji niz faktora koji u većoj ili manjoj meri utiču na startovanje dizel motora. Ipak najveći uticaj imaju sledeći faktori: Temperatura motora i okoline; Način pripreme smeše; Temperatura i viskozitet goriva i temperatura samozapaljenja goriva; Temperatura sabijenog vazduha.

Pri niskim temperaturama okoline pojavljuje se povećano odvođenje toplote kroz zidove usisne grane, cilindra i glave, a uslovi pripreme smeše naglo se pogoršavaju. Ne treba, pri tome, izgubiti iz vida smanjenje napona akumulatora kao i pad ugaone brzine vratila i pritiska vazduha u cilindrima. To su uglavnom razlozi što pri sniženim temperaturama okoline, pri startovanju motora, neophodno je primeniti odgovarajuće sisteme za grejanje pojedinih delova motora (npr. primena grejnog elementa u usisnom kolektoru, itd.). Eksperimentalnim putem najčešće se utvrđuje efikasnost odgovarajućih sistema za grejanje pojedinih delova motora. Proračun vrednosti temperatura radnog fluida, na kraju takta sabijanja, a posebno određene vrednosti koeficijenta odvođenja toplote, je veoma teško i nesigurno, s obzirom na složen tok termodinamičkih procesa i pojava izmene toplote u cilindru motora. Nešto lakše je određivanje temperature vazduha u toku takta usisavanja, ako je pri tome poznata temperatura usisavanog vazduha i temperatura okoline i motora. U toku procesa startovanja, pri niskim temperaturama, odvija se razmena toplote između vazduha i zidova usisnig kolektora i cilindra.

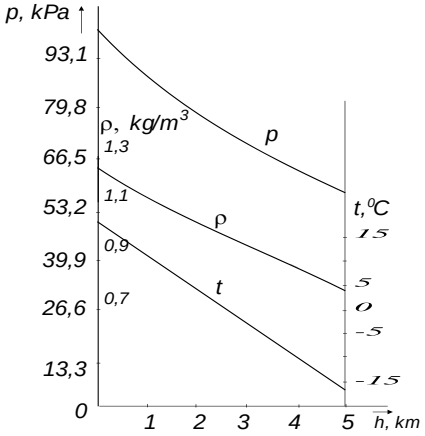
Poznato je da temperatura vazduha, u trenutku ubrizgavanja goriva mora biti veća ili jednaka temperaturi samozapaljenja goriva, da bi nastupilo uspešno startovanje dizel motora. Zbog intezivne promene vrednosti koeficijenta prelaza toplote, temperatura vazduha, na početku perioda sabijanja, određuje se eksperimentalno.

Analizom temperaturske karakteristike starovanja motora (slika 14) može se zaključiti da bitnu ulogu pri startovanju motora, pri niskim temperaturama, ima broj obrtaja vratila motora (n_m). Sa padom temperature smanjuje se ugaona brzina vratila i pritisak u cilindru. Što je manji broj obrtaja vratila motora, u toku startovanja, mora biti veća temperatura vazduha u usisnom kolektoru motora (t_1).

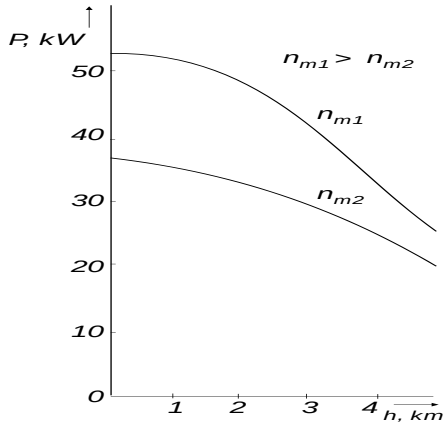
4. EKSPLOATACIJA VOZILA U USLOVIMA VEĆIH NADMORSKIH VISINA

Uslovi korišćenja vozila, pri većim nadmorskim visinama (to su planinski i brdoviti tereni), su mnogo nepovoljniji od uslova korišćenja vozila u ravnici. Osnovni razlozi leže u postojanju mnogobrojnih uzbrdica i nizbrdica, sa vrlo oštrim krivinama. To znači da je korišćenje vozila otežano prvenstveno zbog čestih kočenja i promena brzina i pravca kretanja. Vidljivost je pri tome smanjena, prvenstveno zbog postojanja oštrih krivina, što takođe smanjuje brzinu vozila, a samim tim i njegovu efektivnost. Ne treba izgubiti iz vida da je potrošnja goriva u ovim uslovima povećana. Vrednosti atmosferskog pritiska (p), temperature (t) i gustine (ρ) vazduha se menjaju, sa promenom nadmorske visine. Ove promene prikazane su na slici 15. Uticaj ovih veličina na rad vitalnih delova vozila je dobro poznat [1, 2]. Pri kretanju vozila na velikim i dugim usponima motor radi forsirano, a zbog male brzine kretanja intenzitet hlađenja je smanjen, tako da može doći do pregrevanja motora. Zbog smanjene gustine vazduha koeficijent punjenja motora se smanjuje, što dovodi do smanjenja snage motora i povećanja potrošnje goriva. Motor na velikim nadmorskim visinama radi sa bogatom smešom zbog smanjene gustine vazduha. Bogata smeša dovodi do razređivanja ulja za podmazivanje, što smanjuje vek trajanja motora. Ova pojava se eliminiše kod benzinskih motora, kod nekih vozila,korišćenjem karburatora sa tzv. visinskim korektorom koji automatski prilagođava sastav smeše nadmorskoj visini. Ovaj problem danas je efikasno rešen sistemima za ubrizgavanje goriva kod benzinskih motora.

Na slici 16 prikazan je uticaj vrednosti nadmorske visine (h) na snagu motora (P) pri različitim brojevima obrtaja kolenastog vratila (n_m).



Slika 15. Promena temperature (t), pritiska (p) i gustine (ρ)vazduha sa promenom nadmorske visine (h)



Slika 16. Uticaj vrednosti nadmorske visine (h) na snagu motora (P)

Pri korišćenju vozila na planinskim i brdovitim terenima, vek trajanja pneumatika se smanjuje zbog čestih kočenja, zanošenja u krivini i preopterećenja koja nastaju zbog preraspodele mase tereta u krivinama i na uzbrdicama i nizbrdicama.

Vek trajanja upravljačkog i kočnog sistema vozila je takođe, u ovim uslovima, smanjen, kao i vek ostalih delova vozila.

5. ZAKLJUČAK

Veliki broj problema koji se javljaju pri korišćenju vozila, u posebnim ambijentalnim uslovima (uslovima sniženih temperatura, uslovima povišenih temperatura, povećanih nadmorskih visina) primoralo je proizvođače vozila da iznađu metode i sredstva za njihovo otklanjanje.

U radu je dat sistematski prikaz uticaja sniženih i povišenih ambijentalnih temperatura, kao i uticaj povećane nadmorske visine, na rad vitalnih delova motornih vozila i motora. Takođe dati su i predlozi za umanjenje negativnog delovanja nepovoljnih ambijentalnih uslova na funkcionisanje vitalnih delova vozila.

Za sve sisteme vozila pripremu vozila za eksploataciju u posebnim ambijentalnim uslovima, neophodno je obaviti prema preporukama proizvođača.

6. LITERATURA

Bakurevič Ja. L., Tolkačev F.N., Ševelev N.F. (1973): Ekspluatacija avtomobileji na severe, Transport, Moskva.

Kozlov E. V., Kvait M.S., Čižkov P.Ja. (1977): Osobenostoi ekspluataci avtotraktornih dvigatelei zimoi, Kolos, Leningrad.

Krstić B. (1997): Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac

Krstić B. (2009): Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

CONTRIBUTION TO THE DETERMINATION OF VEHICLES BRAKING SYSTEM EFFICIENCY USING MEMS ACCELEROMETERS

Jasmin Šehović[a], Boran Pikula[b]

[a] *Mervik d.o.o., Vilsonovo setaliste 10, Sarajevo,71000, Bosnia and Herzegovina, jasmin.sehovic@mervik.ba*
[b] *University of Sarajevo, Mechanical Engineering Faculty, Vilsonovo setaliste 9, Sarajevo,71000, Bosnia and Herzegovina, pikula@mef.unsa.ba*

Abstract: *The aim of vehicles braking system is to ensure that vehicles stop safely and efficiently. The efficiency of the vehicles braking system is tested at the vehicle technical inspection stations, on test lines using rollers or on test lanes using special deceleration measuring devices. This paper presents a device and a method for testing the efficiency of vehicles braking system on a test lane using MEMS (Micro Electro Mechanical System) accelerometers. Measurements were conducted on two vehicles during the braking process. The results were compared to the results obtained using other devices for measuring deceleration on vehicles - decelerometer, and GPS devices. Furthermore, advantages and disadvantages of the introduction of MEMS accelerometers in the context of current legislation of vehicle technical inspection testing in Bosnia and Herzegovina and the European Union are shown.*

Key words: *braking, MEMS accelerometer, braking efficiency, vehicle*

1. INTRODUCTION

Modern motor vehicles have ever-improving dynamic characteristics in terms of acceleration and top speed. Therefore, the requirement is set for the motor vehicle to be safe and to enable the shortest stopping distance with the highest possible efficiency (Pikula, 2017). The efficiency of the braking system in motor and trailer vehicles is checked at the vehicle technical inspection stations (Hasanović et al., 2021). Depending on the category of the vehicle, its age and purpose, the periods of vehicle technical inspections are different. In Bosnia and Herzegovina, the technical inspection of vehicles is defined by the laws and regulations adopted at the state and entity levels (Hasanović et al., 2021). Test procedures, as well as criteria for assessing the results of technical inspection of the braking system efficiency in vehicles are defined in the Rulebook on dimensions, total mass and axle load of vehicles, devices and obligatory equipment for vehicles and obligatory basic onditions of devices and equipment in road traffic (http://mervik.ba/index.php?stream=otvori&s=5&ss=19, 04.08.2021.). According to the Rulebook, in order to determine the technical state of the braking system, it is necessary to measure the braking force at the wheel edge on a special device (brake tester). The brake tester is located within the line for testing vehicles at the vehicle technical inspection station. When testing efficiency, it is necessary to use a device that measures the pressure on the brake pedal during efficiency testing, a dynamometer. For a passenger motor vehicle to satisfy this test, the service braking performance coefficient of the vehicle (K_k) must be greater than or equal to 50%. An example of a measurement of braking system efficiency is given in (Firdaus et al., 2020). If the vehicle cannot be tested on the test line of the vehicle technical inspection station due to its dimensions or the type of drive, the testing is performed on the test lane (polygon) with a special device, a decelerometer (Kudarauskas, 2007). Examples of inertial decelerometer measurements can be seen in (Hasanović et. al., 2021) and (Trobradović et al., 2010). In recent times, more compact devices for measuring acceleration or deceleration are increasingly being used. These are MEMS accelerometers, where MEMS stands for micro electro mechanical system. An example of acceleration measurement with these devices can be seen in (Šehović et al., 2020). One such device was used for this paper in order to check the possibility of measuring the deceleration of the vehicle on the test lane, and to determine the efficiency of the braking system, i.e. the braking coefficient of the service brake (K_k). Measurements were performed on two passenger motor vehicles, one sedan type (station wagon) vehicle and the other an SUV-shaped vehicle. The vehicles are shown in Figure 1.



a) vehicle 1 – station wagon



b) Vehicle 2 - SUV

Figure 1. Tested vehicles

The measuring devices used and the measurement method will be presented as follows.

2. MEASUREMENT METHOD

A triaxial MEMS accelerometer from the American manufacturer Mide was used to conduct the experiment. This device and its dimensions are shown in Figure 2. Some of the more important features of this device are:

Measurable range of acceleration	± 100 g
Frequency of data acquisition	100 ÷ 20000 Hz
Possible data records	do $4 \cdot 10^9$
Weight	65 g
Dimensions	76.2 x 29.8 x 15 mm
Temperature work range	- 40 ÷ 80 °C
Type of PC connection	USB
Batery lifetime (with one charge)	5.5 ÷ 15.5 h

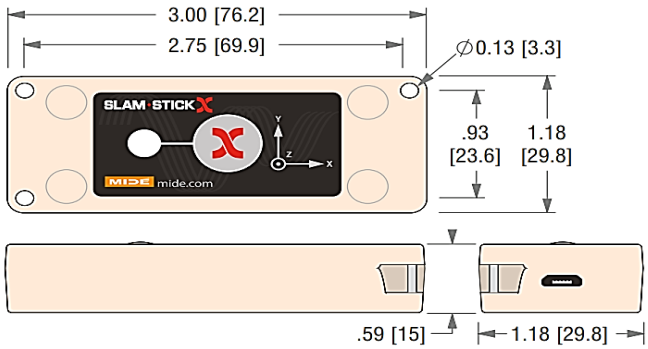


Figure 2. Accelerometer with its dimensions (https://www.mouser.com, 05.02.2021.)

A test lane length of at least 100 m is required to properly test the efficiency of the vehicle braking system. For this purpose, the test lane shown in Figure 3. was chosen as the location for the experiment. The accelerometer used to measure the vehicle deceleration was placed and fixed on the central compartment under dashboard in both vehicles, which can be seen in Figure 4.



Figure 3. Location of the experiment



Figure 4. MEMS accelerometer position

A Racelogic VBOX device was used to determine the velocity of the vehicles and the distance traveled. This device has a number of possibilities for recording various kinematic parameters, including deceleration. The decelerations recorded by this device were compared with the decelerations recorded on the MEMS accelerometers shown in Figure 2. The setup of the VBOX device is shown in Figure 5.



Figure 5. VBOX device setup

After the setup of all the measuring devices, several probe measurements were performed in order to warm up the tires, after which the vehicle deceleration measurements were performed as follows. The vehicle is positioned at the beginning of the test lane. Then the vehicle accelerates up to a speed of 60 - 70 km/h, and then the driver makes intense pressure on the service brake pedal. The service brake pedal is kept depressed until the vehicle comes to a complete stop. Several measurements were performed for both vehicles this way, and the deceleration results obtained with the given devices were recorded. By further processing the deceleration results from the device, the braking coefficient of the vehicles service brake can also be obtained according to equation (1).

$$K_k = \frac{a_v}{9{,}81} 100 \cong a_v \cdot 10\ [\%] \tag{1}$$

In equation (1) a_v represents the maximum value of the measured vehicle deceleration during braking. The recorded deceleration results on both vehicles will be shown below, as well as the velocity and stopping distance of the vehicle. MEMS accelerometer frequency of data recording for vehicle 1 was set at 800 Hz and for vehicle 2 at 250 Hz. Frequency od data recording for VBOX device was 20 Hz.

3. MEASUREMENT RESULTS

For both vehicles, four deceleration measurements were performed using the given devices. First, a detailed measurement result will be given for one vehicle, while the other results will show only the focus of this research, ie. deceleration. Figure 6. shows the results of the deceleration measurement for vehicle 1 (Figure 1a) with a MEMS accelerometer and a VBOX device.

The diagrams in Figure 6, in addition to the vehicle deceleration in the longitudinal direction recorded with a MEMS accelerometer and VBOX device, also show the kinematic values of the vehicle velocity and distance traveled during the braking system efficiency test. These two parameters were recorded with a VBOX device. The third diagram (bottom) in Figure 6. shows the recorded decelerations (accelerations) of the vehicle in all three directions (longitudinal, lateral and vertical), which were performed with a MEMS accelerometer. This is valuable data if one wants to see what happens to the vehicle body during the braking process.

The vehicle velocity diagram (Figure 6) shows how the vehicle accelerated to the velocity when braking started as well as changes in the gear ratio of the vehicle, while the travel distance diagram shows that the vehicle has traveled a total acceleration and stopping distance of approximately 150 m, which corresponds to legal regulations related to testing the efficiency of the braking system on the test lanes.

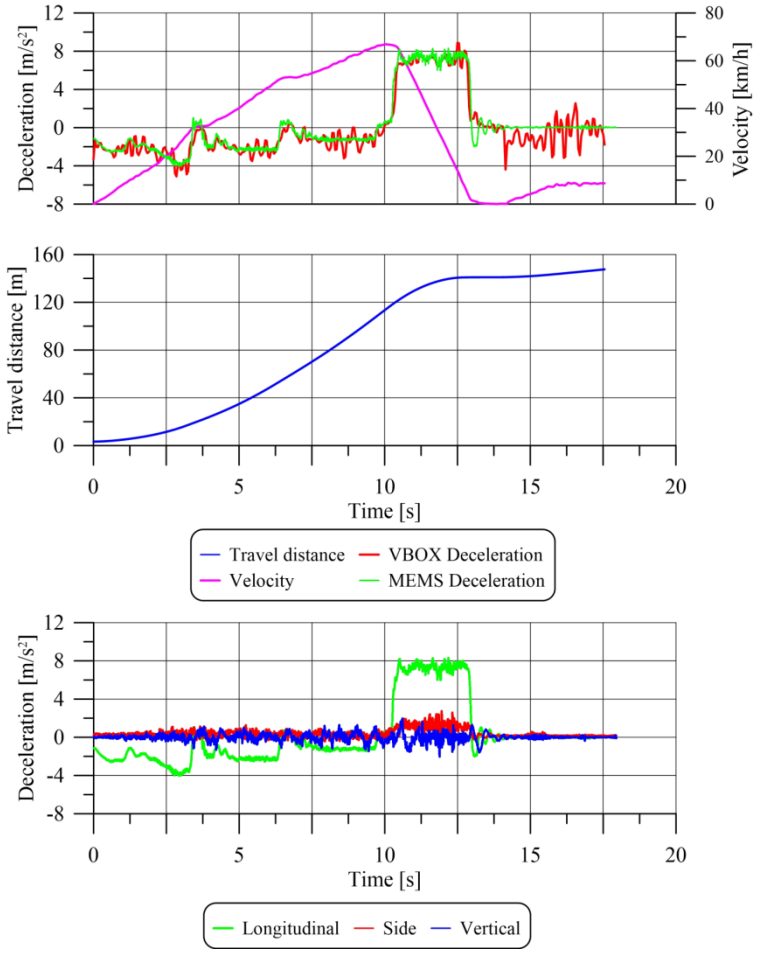


Figure 6. Measurement results for vehicle 1, first measurement

The following Figures 7., 8. and 9. show the remaining three deceleration measurements conducted with vehicle 1.

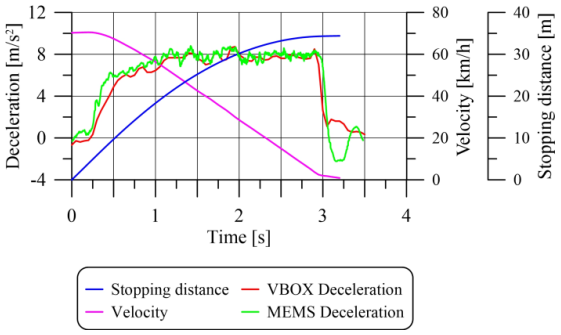


Figure 7. Measurement results for vehicle 1, second measurement

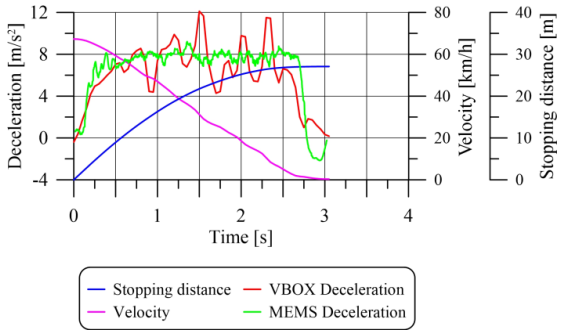


Figure 8. Measurement results for vehicle 1, third measurement

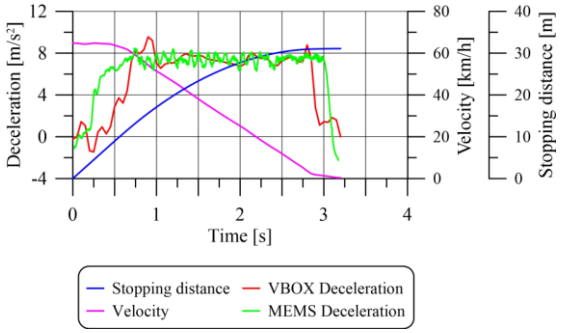


Figure 9. Measurement results for vehicle 1, fourth measurement

Next, Figures 10. – 13. present the results of the deceleration measurement with vehicle 2 (Figure 1b).

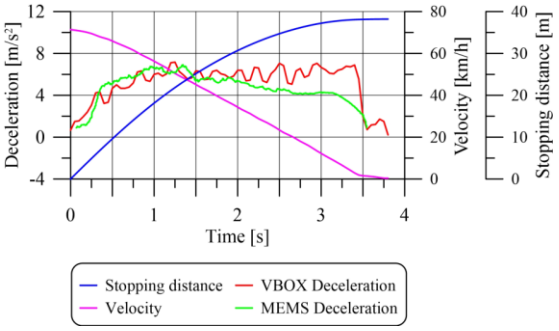


Figure 10. Measurement results for vehicle 2, first measurement

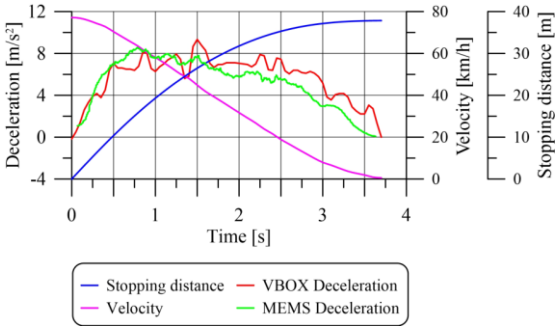


Figure 11. Measurement results for vehicle 2, second measurement

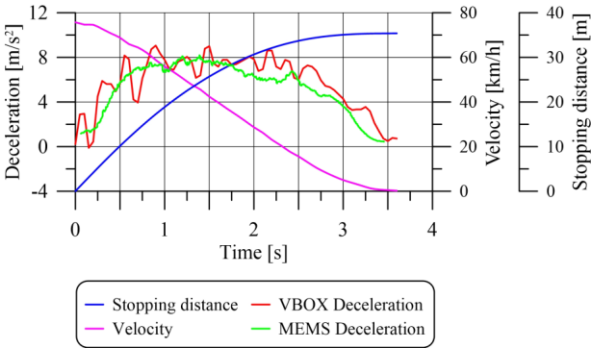


Figure 12. Measurement results for vehicle 2, third measurement

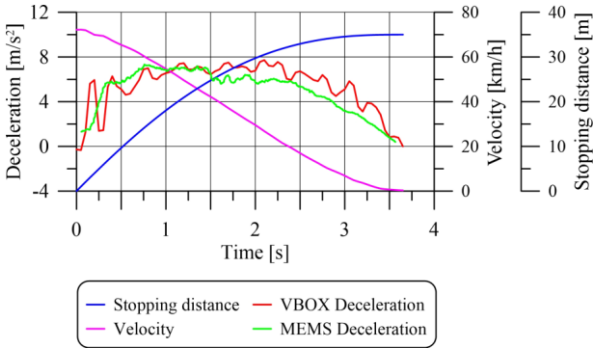


Figure 13. Measurement results for vehicle 2, fourth measurement

4. DISCUSSION

By analyzing the results of the vehicle deceleration measurements shown in Figures 6.– 13., several facts can be observed. The first is that the deceleration results recorded with the MEMS accelerometer have satisfactory match with the deceleration measured with the VBOX device, especially in vehicle 1. The measured stopping distances with the VBOX device correspond to the actual results which would typically be expected. Based on the diagrams shown in Figures 6. – 13. and using equation (1), the braking coefficients of the service brake can be determined, which are given in Table 1. for both vehicles.

Table 1. Braking coefficients of the vehicle service brake based on the measured decelerations

	Measurement 1	Measurement 2	Measurement 3	Measurement 4
Vehicle 1	76.6 %	80 %	80.07%	75.3 %
Vehicle 2	60.6 %	71.2 %	79 %	73 %

In order to obtain final verification of the presented method, measurement 1 in vehicle 1 was performed in addition to recording deceleration with a MEMS accelerometer and VBOX device and a traditional decelerometer. The VZM 100 decelerometer manufactured by Maha was used. Figure 14. shows the setup of the device in the vehicle, and Figure 15. shows the measurement results with this device along with the measurement results of the previous two devices.



Figure 14. Decelerometer MAHA VZM 100

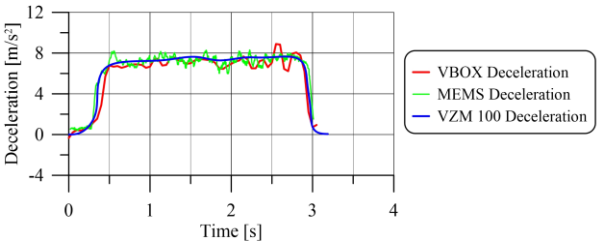


Figure 15. Comparison of the decelerations measured by different devices

It is evident that Figure 15. provides insight into the justification of using MEMS accelerometers to measure vehicle deceleration when testing the efficiency of vehicle braking systems. The advantage of this method is that MEMS devices are much smaller in size and mass than classical decelerometers. Advantage also lies in the simple analysis of the data collected by the computer and their further processing. From the perspective of legislation in Bosnia and Herzegovina and the European Union, the disadvantage of using these devices when testing the efficiency of the braking system, the pressure on the service brake pedal during the braking process must also be measured. Thus far, these devices do not have the capacity to do so but if the legislation changes on this issue, there is a justification for the use of MEMS accelerometers.

5. CONCLUSION

This paper presents a method for measuring vehicle deceleration on a test lane using MEMS accelerometers, in order to determine the efficiency of the braking system in a motor vehicle. To verify the results, the obtained deceleration results were compared to the deceleration from another device, a VBOX. Finally, the method was confirmed and verified with the deceleration results obtained by recording on the test lane with a classical inertial decelerometer. Based on the obtained results, the efficiency of the braking system in the tested vehicles is easily calculated, i.e. the braking coefficient of the vehicle service brake is determined. The advantage of this method is a very compact user-friendly device, with straightforward signal processing. The disadvantage is in the device's inability to measure the pressure on the service brake pedal, which is one of the requirements when testing the efficiency of the braking system in vehicles, both in domestic and European laws and regulations.

6. REFERENCES

Firdaus, R.M., Supriyo, B. and Suharjono, A. (2020). Analysis of braking force efficiency measurements for various braking strategy applied for vehicle tested on roller brake tester. Journal of Physics: Conference Series. 1517 012079

Hasanović, A., Šehović, J., Krilić, V. (2021). Specifični sistemi na vozilima. Mervik d.o.o. Sarajevo, ISBN 978-9926-8554-0-6

Kudarauskas, N. (2007). Analysis of emergency braking of a vehicle, Transport, 22:3, 154-159.

Pikula, B. and Dacić, S. (2017). Osnovi dinamike vozila. Mašinski fakultet Sarajevo, ISBN 978-9958-601-61-3

Šehović, J., Filipović, I., Pikula, B. (2020). Experimental Determination of Non-Linear Characteristics of the Passenger Vehicle Suspension System, Transactions of FAMENA XLIV(2), p13-22.

Trobradović, M., Pikula, B., Filipović, I. (2013). Mogućnosti upotrebe inercijalnih uređaja za mjerenje usporenja. Mervik d.o.o. Sarajevo, SIN-5-002

www.mervik.ba/index.php?stream=otvori&s=5&ss=19, 28.07.2021.

www.mouser.com, 05.02.2021.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

INCORRECTLY DETERMINED TEHNICAL CONDITION (DIAGNOSTICS) AS A CAUSE OF DIESEL ENGINE FAILURE

NEPRAVILNO UTVRDJENO TEHNIČKO STANJE (DIJAGNOSTIKA) KAO UZROK POJAVE OTKAZA DIZEL MOTORA

Zoran Ćurguz[a], Ivan Krstić[b], Božidar Krstić[b], Siniša Božičković[a], Miroslav Pavlović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Misica 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, zoran.curguz@sf.ues.rs.ba, sinisa.bozickovic@sf.ues.rs.ba*

[b] *University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Serbia, bkrstic@kg.ac.rs*

Abstract: *Inciorrecty determined technical condition (poorly diagnosed) of the propulsion engine led to major problems during operation and maintenance.*

The paper presents the results of research into the causes of failure of one specific diesel engine that failed twice in the same way.

An accurate diagnosis has been made, the cause of the failure has been determined and maintenance procedures have been proposed.

Key words: *motor engine, failure, diagnostic, maintenance*

Apstrakt: *Pogrešno utvrđeno tehničko stanje (loše postavljena dijagnoza) pogonskog motora dovela je do velikih problema tokom njegove eksploatacije i održavanja.*

U radu su prikazani rezultati istraživanja uzročnika pojave otkaza jednog konkretnog dizel motora koji je dva puta otkazivao na isti način.

Postavljena je tačna dijagnoza, utvrđen je uzrok pojave otkaza i predloženi postupci održavanja.

Ključne riječi: *motor, havarija, dijagnostika, održavanje*

1. UVOD

U medicini važi jasno pravilo: ukoliko se ne otkrije uzrok bolesti, ne može se obaviti pravilno lečenje.

U tehnici važi isto pravilo: ukoliko se ne otkrije uzrok pojave neispravnosti, ne može se obaviti kvalitetno održavanje, što znači da postoji velika verovatnoća da ponovo dođe do pojave otkaza pod dejstvom istog uzročnika.

Tokom eksploatacije drobilice za drvo proizvođača "Vermeer Mfg. Company" типа BE 2000XL, u koju je ugrađen pogonski motor производње "Catapillar-a" USA типа 3126, радне запремине 7200 cm^3 и снаге 168 kW, došlo je do pojave otkaza na motoru. Posle loše procene tehničkog stanja motora (loše postavljene dijagnoze) i ne otkrivanuja uzroka pojave otkaza na motoru, posle sprovedenih postupaka održavanja došlo je posle kratkog vremena rada do ponovnog otkaza na isti način ovog motora, samo sa težim piosledicama. Bilo je potrebno otkriti pravi uzrok pojave drugog otkaza motora, a potom otkloniti njegovu ponovnu pojavu, pa tek onda preduzeti potrebne postupke korektivnog održavanja.

U okviru ovog rada, prikazani su rezultati rada na otkrivanju pravog uzročnika pojave otkaza jednog konkretnog motora sa unutrašnjim sagorevanjem koji je dva puta otkazivao na isti način.

Cilj rada je rasvetliti problematiku nastanka neispravnosti na konkretnom motoru, ustanoviti uzročno-posledične veze i predložiti mere za otklanjanje uzroka pojave otkaza.

2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja je pogonski motor proizvodnje "Catapillar-a" USA tipa 3126, radne zapremine 7200 cm^3 i snage 168 kW (slika 2), a koji je ugrađen u drobilicu za drvo proizvođača "Vermeer Mfg. Company" tipa BE 2000XL (slika 1).

Drobilica za drvo proizvođača "Vermeer Mfg. Company" tipa BE 2000XL, uvežena je kao upotrebljavano osnovbno sredstvo;

Drobilica za drvo proizvođača "Vermeer Mfg. Company" tipa BE 2000XL je godine modela 2007. Ona je proizvedena posle 2007 godine. (to se može nedvosmisleno videti iz identifikacione oznake mašine). Broj časova rada drobilice za drvo, na dan pregleda tehničkog stanja je 1093 časova rada.



Slika 1. Drobilica za drvo Vermeer BC 2000XL - prednji izgled



Slika 2. Motor proizvodnje "Catapillar-a" USA tipa 3126

3. TEHNIČKO STANJE POGONSKOG MOTORA DROBILICE VERMEER BC 2000XL POSLE DRUGE HAVARIJE

Stanje pogonskog motora proizvodnje "Catapillar-a" USA tipa 3126 sa identifikacionim kodom BEJ12686 posle druge havarije je sledeće:

- Oštećena je bregasta osovina na mestu šetog izduvnog ventila (slika: 3);
- Na bloku motora nema vidnih oštećenja (slika: 4);
- Postoji veliki zazor između klackalice i njenog rukavca šestog izduvnog ventila koji je doveo do mogućnosti aksijalnog pomeranja klackalice (slike: 5,6,10);
- Oštećene su dodirne površine nosećeg dela "klackalica" i "glave" motora na delu klackalica ventila šestog cilindra (slika 7);
- Oštećeni zu prateći delovi razvodnog mehanizma: nosač rolnice podizača šipke izduvnog ventila na šestom cilindru polomljen (slika 9), rolnica podizača šipke izduvnog ventila na šestom cilindru ispala i oštećena (slika 11), osovinica rolnice podizača šipke izduvnog ventila na šestom cilindru ispala i oštećena (slika 12);
- Oštećen je brizgač šestog cilindra na prednjem delu (slika 13).
- Sedište izduvnog ventila na šestom cilindru je oštećeno (slika 14);
- Deformisan je podizač izduvnog ventila šestog cilindra (slika 15);
- Polomljen je šesti izduvni ventil na dva mesta - kod pečurke ventila i kod osigurača u zadnjem delu ventila (slike: 16, 17, 18);
- Oštećeno je čelo klipa šestog cilindra (slika: 19);
- Oštećene su lopatice turbnine motora polomljenih isitnjenim delovima (slika 20);
- Zupčanik bregastog vratila nije oštećen (slika 21).
- Klipnjača klipa šestog cilindra nije oštećena (slika 22).



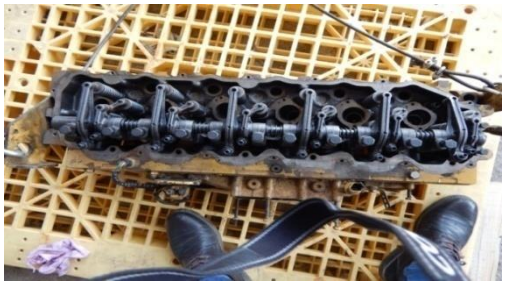
Slika 3. Bregasta osovina pogonskog motora -oštećenje brega šestog izduvnog ventila



Slika 4. Pogonski motor - blok havarisanog motora



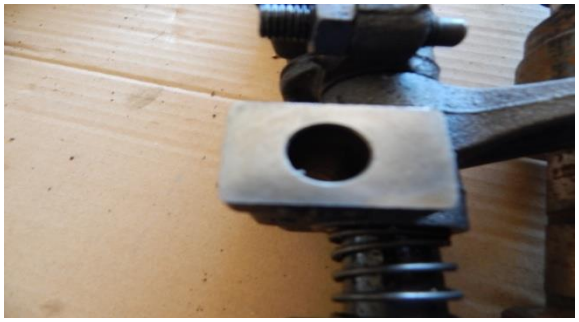
Slika 5. "Klavijatura"- nosač klackalica pogonskog motora - celokupan izgled



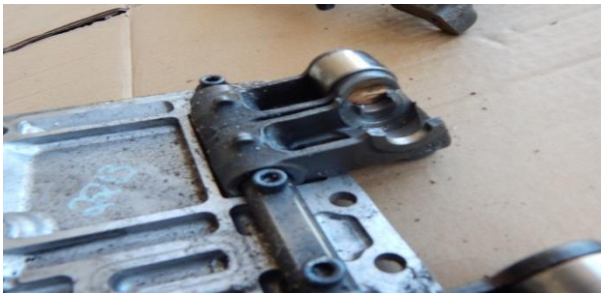
Slika 6. "Klavijatura"- nosač klackalica pogonskog motora - celokupan izgled



Slika 7. Pogled na prvu oštećenu treću površinu nosača klackalica koja dodiruje glavu iznad šestog cilindra, pogonskog motora



Slika 8. Pogled na neoštećenu drugu površinu nosača klackalica koja dodiruje glavu iznad šestog cilindra, pogonskog motora - radi upoređenja sa oštećenom površinom



Slika 9. Pogled na oštećeno ležište rolnice koja usmerava kredanje šipke podizača šestog izduvnog ventila pogonskog motora



Slika 10. Pogled na klackalicu koja dodiruje glavu iznad šestog cilindra, pogonskog motora - povećan zazor koji omogućuje i aksijalno pomeranje i klaćenje klackalice šestog izduvnog ventila



Slika 11. Pogled na oštećenu rolnicu koja usmerava kredanje šipke podizača šestog izduvnog ventila pogonskog motora



Slika 12. Pogled na oštećenu osovinicu rolnice koja usmerava kredanje šipke podizača šestog izduvnog ventila pogonskog motora



Slika 13. Oštećen brizgač - injektor šestog cilindra pogonskog motora



Slika 14. Pogled na oštećenu glavu motora, oštećeno sedište ventila i polomljen izduvni ventil na šestom cilindru pogonskog motora



Slika 15. Deformisana šipka podizača izduvnog ventila na šestom cilindru pogonskog motora



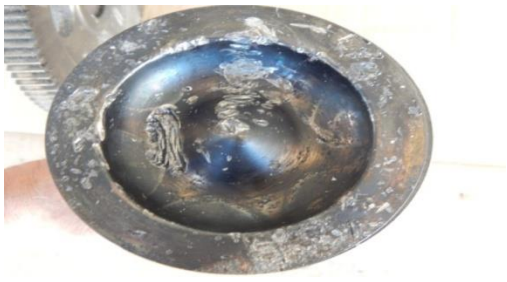
Slika 16. Pogled na oštećen - polomljen deo stabla izduvnog ventila na šestom cilindru pogonskog motora sa svojim osiguračem u svom repnom delu



Slika 17. Vođica izduvnog ventila na šestom cilindru pogonskog motora -sa delom polomljenog stabla izduvnog ventila



Slika 18. Polomljeni deo izduvnog ventila - pečurke ventila na šestom cilindru pogonskog motora



Slika 19. Oštećeno čelo klipa šestog cilindra pogonskog motora



Slika 20. Oštećene lopatice turbine pogonskog motora



Slika 21. Zupčanik bregaste osovine pogonskog motora



Slika 22. Klip i klipnjača šestog cilindra pogonskog motora

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Posle ponovnog otkaza pogonskog motora drobilice za drvo trebalo je odgovoriti na sledeća pitanja:
- Šta je prouzrokovalo pojavu prvog otkaza motora;
- Po kom mehanizmu je nastao prvi otkaz;
- Šta je prouzrokovalo pojavu drugog otkaza motora;
- Po kom mehanizmu je nastao drugi otkaz;
- Da li su napravljene greške tokom održavanja mašine u koju je bio ugrađen motor;
- Da li su napravljene greške tokom popravke motora posle pojave prve havarije.

U rasvetljavanju predmetne problematike, i davanju odgovora na nastale dileme, autori rada su se aktivno uključili i došli do odgovora koji će biti prezentovani u radu.

Cilj rada je rasvetliti problematiku nastanka neispravnosti na konkretnom motoru, ustanoviti uzročno-posledične veze i predložiti mere za otklanjanje uzroka pojave otkaza.

Bilo je neophodno da se ustanovi uzrok pojave otkaza motora. Bilo je neophodno da se utvrdi tačno tehničko stanje motora (da se izvrši dijagnostikovanje stanja motora). Bilo je neophodno da se izvrše svi postupci održavanja na predmetnom motoru čijom realizacijom bi se motor iz stanja u otkazu preveo u stanje u radu. Trebalo je da se obave svi potrebni postupci tehnologija održavanja predmetnog motora, kao i ispitivanje na probnom stolu.

Došlo je u kratkom roku do havarije na istom motoru iz sledećih razloga:

-Nije, posle nastanka prve havarije, izvršena detaljna analiza uzroka nastanka havarije.

-Nije izvršeno rastavljanje svih delova motora posle prve havarije i nisu otklonjeni svi uzroci koji su doveli do pojave prve havarije;

Treba imati na umu činjenicu da tehničko stanje glave motora, posle obrade nije uticalo, a pogotovu ne prouzrokovalo nastanak havarije motora.

Strogo se držeći struke, hidrotest je trebalo obaviti. Međutim serviser je najverovatnije na osnovu svog iskustva, procenio da tzv. hidrotest glave motora ne treba izvršiti. Iskusni majstori to mogu dosta dobro da procene. Znači, stručno gledano, hidrotest je trebalo izvršiti ali treba imati na umu da uzrok nastanka druge havarije motora nije bilo tehničko stanje glave motora.

Ne zamenjivanje vođice izduvnog ventila na šestom cilindru kod prvog servisa na glavi motora nije prouzrokovalo novu havariju na izduvnom ventilu šestog cilindra.

Prema pravilima struke zamenjuju se oštećeni delovi pri popravci.

Serviser je najverovatnije zaključio da su vođice ispravne i da nema potrebe za njihovom zamenom.

Vođica izduvnog ventila na šestom cilindru je tehnički ispravna - ona nije doprinela pojavi havarije.

Mašina nije održavana po pravilima struke. Da je održavana po pravilima struke ne bi došlo do pojave aksijalnog zazora klackalice izduvnog ventila na šestom cilindru (slike: 5, 6, 10), i ne bi došlo do vidnog habanja oslonih površina oslonaca osovinice klackalica (slike: 7, 8).

Na mašini je polomljen nož na jednom od rotora drobilice koji zahvata drvo koje treba da sitni.

Da je održavana po pravilima struke motor bi posle pojave prve havarije bio detaljno pregledan, bila bi izvršena analiza šta se dogodilo i šta je uzrok pojave neispravnosti, otklonjene bi sve neispravnosti, pa tek onda bi bio ponovo namontiran i puštena drobilica za drvo u rad.

Da je održavana po pravilima struke, posle montaže motora i ugradnje u drobilicu, serviser bi proverio rad motora i drobilice ne samo na "praznom hodu- na leru", već bi proverio i pri postizanju tzv. radne temperature, i vrlo važno, proverio bi kako funkcioniše motor, i celokupna drobilica pri radnom opterećenju (kada sitni drvo).
Na nastalu havariju drobilice za drvo uticali su brojni uzroci: neadekvatno održavanje, velika opterećenja pri radu, dotrajalost mašine,...

U želji da se zaključak donese isključivo na osnovu objektivno utvrđenih i na nauci i struci zasnovanih činjenica, proučen je detaljno sav postojeći materijal po pitanju predmetnog motora i mašine u kojoj je on ugradjen.. U istoj nameri, detaljno je snimljeno postojeće stanje predmetnog motora i drobilice za drvo u koju je on bio ugrađen. Izvršena je i kompletna detaljna analiza uzročno-posledičnih veza u radu drobilice za drvo i motora u njoj.

Posle detaljnog izučavanja predmetne problematike, utvrđeno je da je mehanizam - redosled nastanka havarije motora "Catapillar" USA tipa 3126, sa brojem motora BEJ12686, a koji je bio ugrađen u drobilicu za drvo proizvođača "Vermeer Mfg. Company" tipa BE 2000XL, sledeći:

Usled povećanja zazora u sklopu klackalica izduvnog ventila šestog cilindra i osovine klackalica (slike: 5, 6, 10), ali i usled nedovoljno zategnutih zavrtnjeva koji pritežu klizne ležajeve klackalice sa glavom motora (vidljive su velike neravnine usled habanja tih površina na slikama: 7 i 8) došlo je do većeg aksijalnog pokretanja - klaćenja klackalice (što se nije smelo dozvoliti).

To aksijalno kretanje klackalice, uz rotaciono kretanje (koje je jedino dozvoljeno u ovom sklopu) dovelo je do pucanja zadnjeg dela izduvnog ventila na šestom cilindru zajedno sa svojim osiguračem (slika 16).

Usled pucanja zadnjeg dela izduvnog ventila na šestom cilindru zajedno sa svojim osiguračem, šipka podizača izduvnog ventila šestog cilindra nije bila u stanju da da podiže zadnji kraj klackalice ovog ventila jer je došlo do pojave velikih otpora njegovom kretanju, te je zbog toga došlo do njenog krivljenja (slika 15).

Usled krivljenja šipke podizača izduvnog ventila šestog cilindra došlo je do pucanja kliznog ležišta osovinice na kojoj se nalazi rolnica koja ima zadatak "vođenja" ove šipke (slika 15).

Posle pucanja kliznog ležišta osovinice na kojoj se nalazi rolnica koja ima zadatak "vođenja" šipka podizača izduvnog ventila šestog cilindra, došlo je do ispadanja osovinice rolnice (slika 11) iz svog ležišta, i same rolnice (slika 12) sa svoje osovinice i do njihovog upadanja u prostor između bloka motora i brega izduvnog ventila šestog cilindra što je dovelo do velikog oštećenja ovog brega (slika 3), jer je motor i dalje radio (tada sa pet cilindara), a bregasto vratilo se okretalo sve do konačnog isključivanja mašine jer se ono okreće - pogoni preko svog zupčanika (slika 3) koji nije oštećen.

Veliko oštećenje brega izduvnog ventila šestog cilindra (slika 3), ali i rolnice (slika 12) i njene osovinice (slika 11), upućuju na zaključak da drobilica za drvo, posle havarije, nije odmah isključena. Sve što se dalje dogodilo, po pitanju havarije ovog motora (pucanje pečurke ventila -slika18, oštećenje čela klipa - slika 19, oštećenje injektora - slika 13, oštećenje turbine - slika 20, oštećenje glave motora - slika 14, i td) posledica je prethodno navedenih pojava i događaja.

Pošto je motor i dalje radio sa pet cilindara, brizgač-injektor je i dalje ubacivao gorivo, koje nije moglo da se pali, u šesti cilindar motora i to je dovelo do pojave gustog dima iz izduvnog sistema drobilice.

Pošto se izduvni ventil nije zaglavio (slika 17), kao kad se dogodila prvi put havarija na ovom motoru, on je krenuo prema klipu i u direktnom kontaktu sa klipom polomljena je njegova pečurka(slika 18), što pri normalnom radu motora nikada do toga ne bi moglo da dođe. Pri tom je došlo i do loma sedišta ovog ventila (slika 14).

Polomljeni delovi pečurke izduvnog ventila šestog cilindra, kao i delovi sedišta ovog ventila, izazvali su oštećenje vrha injektora-brizgača (slika 13), ali i čela klipa šestog cilindra (slika 19) i skoro neprimetno oštećenje cilindra u gornjem delu što ne utiče na dalju upotrebnu vrednost šestog cilindra.

Polomljeni delići sedišta ventila i pečurke ventila uleteli su u prostor turbine i izazvali njeno oštećenje (slika 20).

Na pojavu otkaza-havarije motora nije uticala glava motora.

Obrazloženje je sledeće:

-Pošto je gornji deo stabla izduvnog ventila ostalo u svojoj vođici (slika17), tokom istraživanja uzroka nastale havarije motora, bez ikakvih problema je izvučen iz svoje neoštećene vođice.

Na tom delu nije oštećeno ni stablo ventila niti njegova vođica.

Prethodno navedene činjenice upućuju na zaključak da nije bilo neophodno zameniti vođicu izduvnog ventila šestog cilindra i da njeno nezamenjivanje nije doprinelo pojavi havarije motora.

- Da je glava motora bila naprsla na čelo klipa bi dospevala tečnost za hlađenje, tako da bi čelo klipa imalo sasvim drugu boju-plavičastu, a dišlo bi i do njegovog nagorevanja, kao i nagorevanja cilindra motora.

U konkretnom slučaju do toga nije došlo (slika 19) jer čelo klipa ima čistu-fabričku boju, a na cilindru nema nikakvih termičkih promena.

Prethodno navedeno upućuje na zaključak da nije bilo neophodno sprovesti tzv. hidro-test, i da glava motora nije doprinela da do havarije motora dođe.

4. ZAKLJUČAK

U okviru rada dat je prikaz rezultata istraživanja uzroka pojave neispravnosti kod dizel motora.
Definisane su uzročno-posledične veze i predložene mere za otklanjanje uzroka pojave otkaza.
Nepravilna eksploatacija i održavanje dizel motora dovela je do pojave prve havarije.
Nepravilno utvrdjeno tehničko stanje dizel motora, posle pojave prve havarije, a potom i neadekvatno sprovedeni postupci održavanja, doveli su do pojave druge havarije.
Do pojave, i prve i druge havarije dizel motora došlo je po istom mehanizmu nastanka.
Da bi se sprečile pojave otkaza dizel motora neophodna je adekvatna eksploatacija, ali i pravilno sprovođenje postupaka održavanja, uključujući i potrebu za pravilnim utvrdjivanjem tehničkog stanja (dijagnostikom).

5. LITERATURA

[1] Krstić V., Krstić B.,Muždeka S., Analiza uzroka pojave otkaza motora sus i predlog za njegovo otklanjanje, Časopis Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587, Vol. XLV, No 2, 2020, str.28-36

[2] V. Krstić, i dr: Mogućnost odredjivanja optimalnog perioda eksploatacije motornih vozila, Tractors and power machines, ISSN 0354-9496 (2019) Vol.24, No. 3-4, str. 17-24

[3] B. Krstić, Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet u Kragujevcu , str. 488, Kragujevac, 2009

[4] László Magó, Pametna rešenja poljoprivredne opreme za sigurno upravljanje na daljinu, Časopis Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587, Vol. XLIV, No 4, 2019

[5] Zlata Bracanović, Velimir Petrović,Branka Grozdanić, Đuro Borak, Karakteristike powershift menjača kod poljorivrednih traktora, Časopis Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587, Vol. XLIII, No 3, 2018

[6] Zlata Bracanović, Velimir Petrović,Branka Grozdanić, Đuro Borak, Kritički osvrt na domaće poljoprivredne traktore sa aspekta primene elektroopreme , Časopis Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587, Vol. XLIII, No 3, 2018

[7] B. Krstić, V. Lazić, V. Krstić: Some views of future strategies of maintenance of motor vehicles, Tractors and power machines, Vol.15, No.1, 2010, p.42-47

[8] B. Krstić, I. Krstić: Matematical models of automatization process of giving diagnosis motor vehicles, Tractors and power machines, Vol.12, No.4, 2007, p.129-136.

[9] B. Krstić, V. Lazić, R. Nikolić, V. Raičević, I. Krstić, V. Jovanović: "Optimal strategy for preventive maintenance of the motor vehicles clutch", Journal of the balkan tribologikal association", Vol.15, No 4, (2009), 611-619

ZAHVALNOST:

Istraživanja prikazana u ovom radu podržalo je Ministarstvo nauke Republike Srbije, u okviru projekta TR 35041.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

THE NEED AND SIGNIFICANCE OF LABORATRORY ACCREDITATION AS AN INSPPECTION BODY FOR TESTING VEHICLES FOR THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS

POTREBA I ZNAČAJ AKREDITACIJE LABORATORIJE U SVOJSTVU INSPEKCIJSKOG TELA ZA ISPITIVANJE VOZILA ZA PREVOZ OPASNIH MATERIJA

Zoran Ćurguz[a], Božidar Krstić[b], Ranko Božičković[a], Vojislav Krstić[c]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Misica 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, zoran.curguz@sf.ues.rs.ba, bozickovicranko@gmail.ba*

[b] *University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Serbia, bkrstic@kg.ac.rs*

[c] *Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, Serbia*

Abstract: *The paper points out the need and importance of respecting the existing international regulations in the field of vehicles for the transport of dangerous goods. The paper also points out the need for accreditation of laboratories according to ISO/IEC 17020 in order to be able to perform profesional inspection of motor vehicles and towed vehicles used for the transport of dangerous goods.The conditions of laboratory accreditation are defined and the methodology of control of motor and trailer vehicles for transport of dangerous goods is defined in accordance with the valid international legal regulations.*

Key words: *accreditation, laboratory, vehicles for transport of dangerous goods, controlling*

Apstrakt: *U radu je ukazano na potrebu i značaj poštovanja postojeće medjunarodne regulative u oblasti vozila za prevoz opasnih materija, kao i na potrebu akreditacije laboratorija prema ISO/IEC 17020 da bi se u njima moglo obavljati profesionalno kontrolisanje motornih i priključnih vozila za transport opasnih materija. Definisani su uslovi akreditacije laboratorije i definisana metodologija kontrolisanja motornih i priključnih vozila za transport opasnih materija saglasna važećoj medjunarodnoj zakonskoj regulativi.*

Ključne riječi: *akreditacija, laboratorija, vozila za prevoz opasnih materija, kontrolisanje*

1. UVOD

Sve one materije koje zbog nestručnog i/ili nesavesnog rada mogu da dovedu do štetnih posledica po ljude, biljni i životinjski svet, kao i materijalna dobra, svrstavaju se u grupu opasnih materija.

Prevoz opasnih materija vrši se u skladu sa postojećom medjunarodnom i nacionalnom zakonskom regulativom.

Evropska konvencija o prevozu opasnih materija u drumskom saobraćaju je sporazum između država (potpisnik ovog sporazuma je i Bosna i Hercegovina) i zbog toga ne postoji preovlađujući autoritet u pogledu njegove primene. U praksi, kontrolu na putevima vrše Ugovorne strane, a nepoštovanje propisa tada može rezultirati zakonskim merama protiv prekršilaca, koje sprovode nacionalni nadležni organi u skladu sa domaćim zakonodavstvom.

Sve opasne materije, prema Evropskim sporazumom o međunarodnom prevozu opasne robe u drumskom saobraćaju [1], svrstavaju se u više tzv. klasa. Pripadnost odgovarajućoj klasi, prvenstveno zavisi od agregatnog stanja i karakteristika opasnosti.

Klase opasne robe prema [1] su sledeće: Klasa 1- Eksplozivne materije i predmeti; Klasa 2- Gasovi; Klasa 3- Zapaljive tečne materije; Klasa 4.1- Zapaljive čvrste materije, samoreagujuće materije, materije podložne polimerizaciji i eksplozivne čvrste materije umanjene osetljivosti; Klasa 4.2- Samozapaljive materije; Klasa 4.3- Materije koje u dodiru sa vodom razvijaju zapaljive gasove; Klasa 5.1- Oksidirajuće materije; Klasa

5.2- Organski peroksidi; Klasa 6.1- Otrovne materije; Klasa 6.2- Zarazne materije; Klasa 7- Radioaktivne materije; Klasa 8- Nagrizajuće materije; Klasa 9- Ostale opasne materije i predmeti.

Tipovi vozila, namenjena za prevoz opasnih materija , prema ADR-u [1] su sledeći:

1. EX/II i EX/III su vozila namenjena za transport eksplozivnih materija i predmeta (klasa 1)
2. FL vozilo su:

- Vozilo namenjeno za transport tečnosti sa tačkom paljenja do najviše 60°C (sa izuzetkom dizel goriva koje zadovoljava standard EN 590:2013 + A1:2017, gasnog ulja i ulja za grejanje lako) – UN 1202 – sa tačkom paljenja kao što je to specificirano u EN 590:2013 + A1:2017) u trajno pričvršćenim cisternama ili demontažnim cisternama kapaciteta iznad 1m^3 ili u kontejner-cisternama ili u prenosivim cisternama kapaciteta iznad 3m^3;
- Vozilo namenjeno za transport zapaljivih gasova u vozilima-cisternama ili demontažnim cisternama kapaciteta iznad 1m^3 ili u kontejner-cisternama, prenosivim cisternama ili kontejnerima za gas sa više elemenata (MEGC) kapaciteta iznad 3m^3;
- Baterijsko vozilo namenjeno za transport zapaljivih gasova, ukupnog kapaciteta iznad 1m^3;
- Vozilo namenjeno za transport vodonik peroksida, stabilizovanog ili vodonikperoksida, vodenog rastvora, stabilizovanog sa više od 60% vodonikperoksida (klasa 5.1, UN 2015) u trajno pričvršćenim cisternama ili demontažnim cisternama kapaciteta iznad 1 m^3 ili u kontejner-cisternama ili u prenosivim cisternama pojedinačnog kapaciteta iznad 3 m^3.

3. AT vozila su:

Vozila, različita od EX/III ili FL vozila ili MEMU, namenjena za transport opasne robe u vozilima-cisternama ili demontažnim cisternama kapaciteta iznad 1m^3 ili kontejner-cisternama, prenosivim cisternama ili kontejnerima za gas sa više elemenata (MEGC) kapaciteta iznad 3m^3;

- Baterijsko vozilo, različito od onog deklarisanog kao FL vozilo kapaciteta iznad 1m^3;

4. MEMU-vozila su mobilne jedinice za izradu eksplozivnih materija ili predmeta sa eksplozivnim materijama;

Da bi se transportna delatnost opasnih materija odvijala uz maksimalnu bezbednost, neophodno je obezbediti potrebne i dovoljne uslove propisane prvenstveno odgovarajućom zakonskom regulativom.

Analiza mogućnosti unapređenja bezbednosti saobraćaja pri transportu opasnih materija, može se vršiti sa sledećih aspekata: Postojeće zakonske regulative; Transportnih operacija; Transportnih sredstava; Saobraćajnica i saobraćajne infrastukture; Ljudstva koje učestvuje u transportnom procesu; Ambijentalnih i putnih uslova; Organizacije transporta; Rada nadležnih institucija na poslovima preventivnog delovanja; Rada nadležnih institucija na poslovima eliminisanja ili ublažavanja posledica negativnog dejstva opasnih materija na ljude, biljni i životinjski svet i materijalna dobra.

Pri prevozu opasnih materija postoji veliki rizik pojave akcedentnih situacija. Da bi se pojava ovih neželjenih dogadjaja svela na najmanju moguću meru, neophodno je striktno poštovanje zakonskih propisa, kao i primena odgovarajućih preventivnih mera.

U radu je posebna pažnja posvećena analizi mogućnosti unapređenja transporta opasnih materija, prvenstveno sa aspekta vozila, kao jednog od osnovnih stubova bezbednosti saobraćaja.

Celokupan sadržaj ovog rada, predstavlja napor da se prikažu ključni aspekti neophodnosti obezbeđenja potrebnih uslova, koje mora vozilo da zadovolji da bi moglo da se koristi za prevoz opasne materije prema ADR-u.

Cilj rada je predlog mera radi usklađivanja nacionalne zakonske regulative sa Evropskim sporazumom o prevozu opasnih materija u drumskom saobraćaju, kao i predlog metodologije kontrolisanja vozila za prevoz opasnih materija, u okviru akreditovanih laboratorija saglasno standardu ISO/IEC 17020.

2. ZAHTEVI KOJI SE POSTAVLJAJU PRED VOZILIMA ZA PREVOZ OPASNIH MATERIJA

Zakonom o transportu opasnih materija [3] predviđeno je da prevozna sredstva kojima se prevoze opasne materije moraju biti tehnički ispravna, izrađena, opremljena i obeležena u skladu sa posebnim uslovima. Vozila moraju biti posebno konstruisana i moraju odgovarati uslovima koji su propisani Zakonom o transportu opasnih materija [3] i Evropskim sporazumom o međunarodnom prevozu opasne robe u drumskom saobraćaju (ADRom) [1]. Prema ADR-u, zavisno od osobina opasne materije koja se prevozi, koriste se vozila različitih karakteristika. Tip vozila mora da bude naveden u sertifikatu za vozilo, što direktno utiče na količinu opasne materije koja može da se transportuje u jednoj transportnoj jedinici. Kod vozila za prevoz opasnih materija mora da se obrati posebna pažnja na postojanje i ispravnost delova navedenih u ADR-u.

Vozila za prevoz opasne materije treba da zadovolje i određene posebne zahteve, saglasno postojećoj zakonskoj regulativi [1,2,3,4], u pogledu: izvedbe sistema kočenja, elektroopreme, zaštite od požara, ograničivača brzine i uređaja za spajanje vučnog i priključnog vozila, uređaja za zaštitu od podletanja sa bokova i od pozadi, obeležavanja, potrebne opreme i uređaja. Neki od propisa i normi koje se odnose na vozila za prevoz opasnih materija, prema međunarodnim propisima, su: EEC94/63 – način punjenja cisterni, EEC 97/27 – opšti uslovi, ECE R48 – električna instalacija, ECE 105 – uslovi za šasiju, ECE 111 – bočna stabilnost vozila cisterni, ECE R70 – table za označavanje vozila, EN12972 – sigurnost i ispitivanje, EN13094 i EN 14025 – ispitni pritisak, EN 13082 – Odušni ventil, EN 14595 i EN 14596 – ventili i siguronosni ventili,...

Provodnici moraju biti dimenzionisani tako da se izbegne pregrejavanje, i pravilno izolovani, kako bi se izbegla mogućnost kratkog spoja i eventualnog varničenja. Svi strujni krugovi trebaju biti opremljeni osiguračem ili automatskim prekidačem strujnog kola, osim: Provodnika od akumulatora do uređaja za paljenje i gašenje motora; Provodnika od akumulatora do alternatora; Provodnika od alternatora do osigurača prekidača strujnog kola; Provodnika od akumulatora do kućišta kontrolne jedinice retardera, u slučaju da se radi o električnom ili elektromagnetnom retarderu; Provodnika od akumulatora do mehanizma za električno podizanje prateće osovine. Predhodno navedeni provodnici moraju biti što kraći. Takođe, provodnici moraju biti pažljivo pričvršćeni i postavljeni tako da su bezbedni od eventualnih mehaničkih udara i grejanja koje emituju izduvni sistem i motor.

Uređaj za prekidanje električnog napajanja treba biti postavljen što je moguće bliže akumulatorima. Zavisno od klase opasne materije koja se prevozi vozilom, kontrolni uređaj koji obavlja funkciju uređaja za prekidanje električnog napajanja, treba da bude instaliran u kabini vozača ili i u kabini vozača i van kabine. On mora biti jasno označen. Isti treba da bude zaštićen od nenamernog uključivanja / isključivanja dodavanjem zaštitnog poklopca ili mogućnošću pomeranja u dva pravca ili na neki drugi pogodan način. On mora da omogući prekid svih strujnih krugova na vozilu, osim za napajanje tahografa (u tom slučaju napajanje tahografa mora biti snabdeveno osiguračem). Ovi prekidači moraju biti izvedeni u vodonepropusnim kutijama. Ukoliko ovi prekidači nisu dvopolni, moguća je primena jednopolnih sklopki kojima se prekida minus pol akumulatora (u tom slučaju dozvoljeno je korišćenje samo napona od 24V). Mogućnost prekidanja svih strujnih krugova mora postojati i za vreme dok motor radi, a da pri tome ne dođe do opasnog napona. Obloga uređaja za prekidanje svih električnih tokova treba da bude izrađena sa stepenom zaštite IP 65 u skladu sa IEC standardom 529. Kablovi koji se spajaju sa uređajem za prekidanje električnog napajanja treba da imaju stepen zaštite IP 54. Međutim, ovo se ne odnosi na one kablove koji se nalaze u kućištu akumulatora. U ovom slučaju je dovoljno izolirati kablove samo protiv kratkih spojeva, na primer gumenim poklopcem.

Kućište akumulatora treba da bude izolovano ili prekriveno izolovanim poklopcem. Ukoliko su akumulatori postavljeni na neko drugo mesto, a ne ispod plašta motora, oni moraju biti osigurani u metalnoj ventilisanoj kutiji ili u kutiji od nekog drugog materijala jednake čvrstoće, sa izolovanim unutrašnjim zidovima, i uz obaveznu izolaciju klema.

Cela elektroinstalacija koja se nalazi iza kabine vozača mora biti tako konstruisana, instalirana i zaštićena da bi se izbegla mogućnost pojave varnice ili kratkog spoja tokom normalnog korišćenja, odnosno upotrebe vozila i da umanji rizik ostalih nesrećnih slučajeva u slučaju sudara ili prevrtanja. Međutim, senzori kablova za ABS ne treba da imaju dodatnu zaštitu. Sijalice za svetla na vozilima koja prevoze opasne materije ne smeju biti izvedena sa navojem. Električne veze između motornog i priključnog vozila treba da imaju stepen zaštite IP 54 u skladu sa standardom IEC 529 i da budu izvedene na način koji sprečava odvajanje. Primeri odgovarajućih veza dati su u ISO 12 098:1994 i ISO 7638:1985.

Motorna vozila za prevoz opasnih materija, sa maksimalnom masom iznad 16 tona, i priključna vozila čija dopuštena ukupna masa prelazi 10 tona (u slučaju prikolica i poluprikolica sa centralno postavljenom osovinom, maksimalna masa podrazumeva težinu koja se prenosi na tlo kada je prikolica priključena za vučno vozilo i maksimalno opterećena), kao i motorna vozila namenjena za vuču takvih prikolica koja formiraju sledeće tipove transportnih jedinica: Vozila cisterne; Vozila baterije zapremine iznad 1000 litara; Vozila sa demontažnim tankovima; Vozila sa tank-kontejnerima kapaciteta iznad 3000 litara; Transportne jedinice tipa FX/II i FX/III, moraju da poseduju uređaj protiv blokiranja točkova (ABS) kategorije 1 (u skladu sa ECE 13).

Motorna i priključna vozila namenjena za prevoz opasnih materija u potpunosti treba da zadovolje tehničke zahteve ECE 13. Priključna vozila trebaju biti opremljena efikasnim sistemom kočenja u slučaju kad se ista odvajaju od motornog (vučnog) vozila. Takođe, priključna vozila treba da budu snabdevena efikasnim uređajem za kočenje koji će delovati na sve točkove i automatski zaustaviti priključno vozilo u slučaju prekidanja veze između vučnog i priključnog vozila.

Ako kabina vozila nije izrađena od nezapaljivih materijala, tada je potrebno postaviti pregradu izrađenu od metala ili nekog drugog posebnog materijala koji treba da bude iste debljine kao i debljina rezervoara. Ako se na zadnjoj strani kabine nalazi prozor onda on mora biti hermetički zatvoren i napravljen od vatrootpornog stakla

sa vatrootpornim okvirom. Takođe, između kabine, odnosno postavljene pregrade i rezervoara goriva slobodan prostor ne sme biti manji od 15 cm.

Posebno grejanje kabine i strujanje izduvnih gasova uređaja za posebno grejanje kabine treba da bude tako projektovano, postavljeno, zaštićeno i natkriveno kako bi se sprečilo neželjeno zagrevanje tovarnog prostora sa opasnim materijama.

Isključivanje posebnog grejanja kabine treba ostvariti na jedan od sledećih načina: Ručnim prekidačem u kabini vozila; Prekidanjem rada motora vozila, ali se u tom slučaju ponovno startovanje posebnog grejanja kabine ostvaruje manuelno od strane vozača; Startovanjem vodene pumpe na motornom vozilu. Kod poslednja dva načina isključivanja posebnog grejanja kabine, kada se prekida dovod sredstva za sagorevanje u uređaju za posebno grejanje, dogorevanje ne sme trajati duže od 40 sekundi. Uređaj za posebno grejanje kabine se pokreće manuelno. Automatsko upravljanje procesom posebnog grejanja kabine je zabranjeno.Upotreba gasovitih goriva za rad uređaja za posebno grejanje kabine je zabranjeno.

Rezervoar goriva za rad pogonskog agregata vozila treba da zadovolji sledeće zahteve:

U slučaju curenja, gorivo treba da curi direktno na zemlju bez mogućnosti ostvarivanja kontakta sa toplim delovima vozila ili sa tovarom; Rezervoari goriva u kojima se nalazi benzin treba da budu sa efektivnom zaštitom od požara na otvoru za točenje goriva i osiguranjem hermetičkog naleganja poklopca rezervoara.

Pogonski agregat motornog vozila namenjenog za transport opasnih materija treba da bude tako opremljen i postavljen da spreči opasnost od zagrevanja i zapaljenja materije koja se prevozi. U slučaju vozila tipa EX/II i EX/III, MEMU, pogonski agregat mora biti isključivo dizel motor.

Izduvni sistem treba biti tako opremljen i ostavljen da se onemogući bilo kakva mogućnost zagrevanja ili zapaljenja robe koja se prevozi. Delovi izduvnog sistema postavljeni u blizini rezervoara goriva moraju biti na udaljenosti od najmanje 100 mm ili zaštićeni pregradnim limom. Takođe, ako se deo izduvnog sistema nalazi ispod tovarnog prostora onda isti mora biti nadkriven pregradnim limom kojim se sprečava zagrevanje materije koja se prevozi, odnosno isticanje i uspostavljanje direktnog kontakta sa toplim izduvnim sistemom.

Kod vozila opremljenih sa trajnim usporivačem, isti je postavljen iza kabine vozila i prilikom upotrebe emituje veliku količinu toplotne energije. Zbog toga kod vozila koja su namenjena za transport opasnih materija, a koja poseduju trajni usporivač, treba postaviti čvrstu toplotnu izolaciju koja sprečava zagrevanje rezervoara goriva i tereta koji se prevozi. Ova zaštita može biti postavljena i lokalno, tj.direktno na rezervoar goriva ili na tovarni prostor.

Motorna vozila (teretna i tegljači) čija ukupna dozvoljena masa prelazi 12 tona treba da budu opremljena uređajem za ograničenje brzine (ograničavač brzine) u skladu sa tehničkim zahtevima ECE 89. Uređaj treba biti tako podešen da maksimalna brzina vozila ne sme da pređe 90 km/h, uzimajući u obzir i tehnološku toleranciju uređaja. Treba imati u vidu da dozvoljena brzina kretanja vozila za prevoz opasnih materija je 80% od propisane na određenoj deonici puta, a nikako veća od 70km/h, osim za opasne materije klase 6, kada je maksimalno dozvoljena brzina kretanja vozila 60km/h.

Uređaj za spajanje vučnog i priključnog vozila treba da zadovolji zahteve u skladu sa pravilnikom ECE 55 ili direktivom 94/20/EC.

Cisterne i druga prevozna sredstva, kojima se prevozi zapaljiva tečnost, čija je tačka paljenja niža od 55ºC, zapaljivi gas u sudovima koji se pune na vozilima ili kojima se prevozi druga zapaljiva materija čija je tačka paljenja viša od 55ºC- ako se iz tehnoloških razloga, prilikom manipulacije, ta materija mora zagrejati na temperaturi višoj od četiri petine njene tačke paljenja, kao i vozila u kojima se prevoze opasne materije klase 1, 4.1, 4.2, 5.2 i 5.2, moraju, za vreme utovara ili istovara tih materija da budu uzemljeni, a izduvna cev motora mora biti opremljena hvatačem varnica.

Vozilo namenjeno za transport opasnih materija treba da bude opremljeno zaštitnikom od podletanja sa zadnje strane vozila, a uloga mu je da pruži efektivnu zaštitu od podletanja drugih vozila. Zaštitnik od podletanja sa zadnje strane ugrađuje se kod vozila, koja na ravnom putu mogu razviti brzinu kretanja veću od 30km/h, i kod kojih je rastojanje od zadnje najisturenije tačke vozila, do poslednje po redu osovine vozila, u neopterećenom stanju, veće od 1000mm, kao i kod kojih zadnji deo šasije, u svojoj celoj širini, ili glavni delovi karoserije u neopterećenom stanju, imaju slobodnu visinu veću od 700mm iznad površine kolovoza. Zaštita od podletanja sa zadnje strane vozila mora da zadovolji određene uslove (ECE pravilnik br.58).

Vozilo namenjeno za transport opasnih materija treba da bude opremljeno zaštitnikom od podletanja sa bočne strane s ciljem pružanja efikasne zaštite od podletanja pod točkove vozila nezaštićenih učesnika u saobraćaju (pešaci, biciklisti i dr.). Zaštita od podletanja sa bočnih strana vozila mora da zadovolje određene uslove (ECE pravilnik br.73).

Vozilo za prevoz opasnih materija mora da bude opremljena, prema ADR-u odgovarajućom opremom za gašenje požara.

Vozila za prevoz opasnih materija moraju, prema ADRu, biti propisno obeležena.

Pre samog početka procesa transporta opasnih materija i predmeta sa opasnim materijama, neophodno je obezbediti potrebnu dokumentaciju koja se za potrebe transporta izdaje od strane nadležnih institucija. Ova dokumentacija mora biti važeća u vremenskom trenutku obavljanja transporta, a njena ispravnost proverava se kontrolama.

U kabini vozila, kojim se transportuju opasne materije, moraju se nalaziti sledeća dokumenta: Sertifikat o ispravnosti vozila za transport opasne materije, ili materija, određene klase, koja se prevozi; Sertifikat o obuci vozača; vozači moraju pohađati i položiti specijalnu obuku za vozače koji upravljaju transportnim jedinicama za prevoz opasnih materija; Tovarni listovi za sve opasne materije koje se prevoze; Pisana uputstva za slučaj nesreće, za svaku opasnu materiju koja se prevozi; Dozvole kojima je odobren taj prevoz.

Saglasno postojećim propisima, obavezno je obavljanje ispitivanja, odnosno kontrolisanje motornih i priključnih vozila za transport opasnih materija, u cilju izdavanja Uverenja i Certifikata čime se potvrđuje ispravnost i opremljenost vozila za transport opasne materije.

Motorna i priključna vozila, namenjena za prevoz opasnih materija, prema postojećim nacionalnim i međunarodnim propisima, moraju biti podvrgnuti posebnom pregledu u pogledu ispunjavanuja uslova predviđenih Zakonom i ADR-om, za prevoz konkretne opasne materije. Ispitivanje, odnosno kontrolisanje vozila, projektovanih i konstruktivno izvedenih za transport opasnih materija, obuhvata utvrđivanje pouzdanosti i bezbednosti sa aspekta eksploatacionih uslova u drumskom saobraćaju. Ispitivanje vozila za prevoz opasnih materija, u osnovi, obuhvataju performance vozila, utvrđivanje funkcionalnih karakteristika, sa aspekta posebnih zahteva pri transportu određene opasne materije, odnosno utvrđivanje konstruktivnih karakteristika uređaja i opreme, kao i konstruktivne izvedbe vozila kao celine, sa aspekta posebnih zahteva definisanih pri transportu opasnih materija.

Metodologija ispitivanja i kontrolisanja vozila za prevoz opasnih materija zasniva se, pre svega, na karakteristikama opasne materije koja se transportuje, kao i aktuelnih zakonskih propisa. Posebno je važno naglasiti, da je pri kontrolisanju vozila za prevoz opasnih materija neophodno poštovanje svih važećih propisa (posebno svih preporuka i zahteva Evropskog sporazuma [1]).

Radi stvaranja uslova za što bezbednijim transportom opasne robe, neophodno je sprovoditi odgovarajuću kontrolu u skladu sa važećom zakonskom regulativom. Kontrolu mogu uspešno obavljati lica koja su prošla odgovarajuću obuku. Sprovođenje nadzora se vrši radi sticanja uvida u izvršavanje zadataka, uputstva, odluka, provere zakonitosti rada i preduzimanja odgovarajućih mera. Vozila kojima se prevoze opasne materije moraju biti podvrgnuta godišnjem pregledu, u zemlji gde su registrovana da bi se utvrdilo da li zadovoljavaju opšte i posebne zahteve koji se postavljaju pred izvedbu vozila koje vrše pevoz opasnih materija.

Posebno obratiti pažnju na kontrolu ispunjenosti zahteva koji se odnose na: Električne instalacije; Odgovarajući baterijski prekidač strujnih krugova; Tahograf; Limitator brzine; ABS kočioni sistem i odgovarajući sistem za trajno kočenje; Označavanje.

Ako su vozila izvedena kao prikolice i poluprikolice, tj. priključna vozila koja se spajaju na vučno vozilo, onda se i vučno vozilo podvrgava kontrolisanju. Ako se od vozila zahteva da bude opremljeno sa trajnim usporivačem, na prvom pregledu koji služi za izdavanje ADR sertifikata traži se deklaracija proizvođača o poštovanju zahteva koji se postavljaju pred trajne usporivače.

Zadatak ovlašćenih institucija za proveru usaglašenosti vozila za prevoz opasnih materija sa ADR-propisima, i postojećom zakonskom regulativom je, da na osnovu rezultata provere i ispitivanja, izdaju odgovarajuće odobrenje i sertifikat, za određeno vozilo namenjeno za prevoz opasnih materija, čime se potvrđuje da ono zadovoljava propisane uslove.

Sertifikat se izdaje na jeziku, ili jezicima zemlje koja ga izdaje, a takođe i na engleskom, francuskom ili nemačkom jeziku, ukoliko ugovor između zemalja između kojih se prevoz obavlja ne predviđa drugačije. Sertifikat izdat od nadležne institucije jedne od ugovornih strana, za vozilo registrovano na teritoriji te ugovorne strane, mora se uvažavati, u rokovima njegovog važenja, od strane nadležne institucije druge ugovorne strane.

Važnost sertifikata o ispravnosti vozila ne može trajati duže od jedne godine, računajući od dana izdavanja sertifikata odmah po izvršenom pregledu. Takođe, u sertifikatu mora biti naznačen datum poslednjeg pregleda.

ADR certifikat mora da bude saorbazan modelu koji je prikazan u ADR-u.

U slučaju vozila cisterni koji podležu obaveznoj periodičnoj kontroli ovaj propis ne znači da ispitivanje zaptivenosti (nepropustljivosti), ispitivanje na hidraulični pritisak ili kontrola stanja unutrašnjosti cisterne mora da se izvodi u vremenskim intervalima kraćim od propisanih ADR-om.

Pri formiranju kompletnog zapisnika, na osnovu koga se izdaje Sertifikat za konkretno vozilo prema ADR-u neophodno je u potpunosti, koristiti propisanu proceduru.

Kod pregleda vozila, radi izdavanja Sertifikata za prevoz opasnih materija, potrebno je utvrditi postojanje i ispravnost posebnih detalja u konstrukciji vozila i iste eksplicitno evidentirati. Opasne materije, svrstane u razlčite klase, uslovljavaju i različitosti u opremanju vozila za prevoz tih materija. Za svaku klasu opasnih materija, zavisno od njihove kategorizacije i zakonske regulative (Zakoni, Pravilnici, Procedure i dr.), sa jedne

strane, i konstrukcije vozila zavisno od proizvođača i tipa vozila, s druge strane neophodno je da se sačini Zapisnik o pregledu za svako ispitano-kontrolisano vozilo, a koji će se nalaziti u dosijeu navedenog predmeta, uz certifikat.

Na zahtev proizvođača ili njegovog zakonski akreditovanog predstavništva osnovna vozila novih motornih i priključnih vozila, koja podležu homologaciji, mogu biti tipski homologovana od strane nadležne institucije. Ova homologacija tipa mora biti prihvaćena kao osiguranje saobraznosti osnovnog vozila u slučaju dodeljivanja homologacije za kompletno vozilo pod uslovom da nijedna modifikacija osnovnog vozila ne ugrožava njenu važnost.

Vozila za prevoz opasnih materija, bilo da su novoproizvedena ili prepravljena za tu svrhu, podležu obaveznoj kontroli tehničke ispravnosti, i to shodno zakonskim propisima o transportu opasnih materija u drumskom saobraćaju.

Vozila za prevoz opasnih materija, moraju da zadovolje sve uslove koji su propisani, za određenu klasu i kategoriju vozila, ali i dodatne uslove koji su u direktnoj vezi sa opasnom materijom koja se prevozi tim vozilom, a koji su precizno dati u okviru ADR-a. Obavezno je striktno poštovanje svih odredbi postojeće zakonske regulative, koja se odnosi na ova vozila, ali i svih odredaba ADR-a.

Prilikom provere tehničke ispravnosti ovih vozila potrebno je posebnu pažnju obratiti na sledeće:

- Da li motorno vozilo za prevoz opasnih materija poseduje važeći certifikat o zadovoljenju svih zahteva koji se postavljaju pred njim, a prema važećim medjunarodnim propisima, kao i odgovarajuće certifikate o ispravnosti određenih sklopova i delova ovih vozila, prema medjunarodnoj [1] i nacionalnoj [3,4] zakonskoj regulativi (npr.: O ispitivanju nepropusnosti sudova za smeštaj opasne materije; O ispitivanju sposobnosti izdržavanja određenih pritisaka; O ispitivanju siguronosnih delova i sklopova ovih vozila, ...);
- Da li je vozilo opremljeno i obeleženo osnovnom opremom i uređajima, prema medjunarodnoj [1] i nacionalnoj [3,4] zakonskoj regulativi;
- Da li su vozila, u zavisnosti od opasnosti materije koja se transportuje, opremljena dodatnom opremom i uređajima, prema medjunarodnoj [1] i nacionalnoj [3,4] zakonskoj regulativi.

3. ZNAČAJ I POTREBA AKREDITACIJE LABORATORIJA U KOJIMA SE OBAVLJA KONTROLA VOZILA ZA PREVOZ OPASNIH MATERIJA

Akreditacija osigurava poverenje u rezultate ispitivanja, kalibracije, certifikacije i inspekcije i dokaz je kompetentnosti ispitnih i kalibracionih laboratorija, certifikacionih i inspekcijskih tela. Akreditacija osigurava i međunarodno priznavanje valjanosti ovih rezultata i stvara uslove za slobodno kretanje roba, usluga i ljudi.

Institut za akreditaciju (BATA) je akreditaciono telo imenovano od strane Bosne i Hercegovine i bilateralni je potpisnik Multilateralnog sporazuma EA (EA BLA) za akreditiranje tela za ocenjivanje usklađenosti (ispitnih i kalibracijskih laboratorija, i inspekcijskih tela).

Kao EA BLA potpisnik, BATA poštuje sledeća pravila: Prihvata sisteme akreditiranja drugih EA MLA/BLA i ILAC MRA potpisnika i smatra ih jednakim vlastitom sistemu akreditiranja; Prihvata certifikate/izveštaje koje izdaju tela akreditirana od strane drugih EA MLA/BLA i ILAC MRA potpisnika i smatra ih jednako pouzdanim certifikatima/izveštajima koje izdaju tela akreditirana od strane BATA-e (ispitne i kalibracijske laboratorije, inspekcijska tela).

Cilj EA MLA/BLA jeste olakšavanje kretanja roba i usluga i ukidanje tehničkih prepreka u trgovini kroz prihvatanje i stvaranje poverenja u akreditacije državnih akreditacijskih tela i aktivnosti akreditiranih tela za ocenjivanje usklađenosti.

Ovim sporazumom upravlja Evropska organizacija za saradnju u području akreditiranja (EA) koju je, u skladu sa Uredbom (EC) 765/2008, imenovala Evropska komisija, a zasnovan je na procesu kolegijalnog ocenjivanja među članovima EA.

Pored zaheva za odobravanje, produžavanje, ili proširivanje akreditacije na odgovarajućem obrascu Instituta za akreditaciju Bosne i Hercegovine (BATA), neophodno je podneti i sledeća dokumenta: Dokumenti sistema upravljanja (poslovnik o kvalitetu, procedure, uputstva, pravilnici); Dokaze o pravnom statusu, vlasništvu i registriranom području delatnosti; Prikaz prostorija za svaku lokaciju; Spisak osoblja; Izjava o nepristranosti; Izjava o poverljivosti; Organizacijska shema tela koje podnosi zahtjev kao i shema iz koje se vidi njegovo mesto u okviru matične organizacije; Opis područja odgovornosti za svakog člana osoblja; Informacije o podugovaranju; Glavna lista internih i eksternih dokumenata sistema upravljanja; Izveštaj o internom auditu; Izveštaj o preispitivanju od rukovodstva; Dokaz o uplati administrativne takse za podnošenje zahteva za odobravanje / produžavanje / proširivanje akreditacije; Dokaz o uplati troškova obrade zahteva za odobravanje / produžavanje / proširivanje akreditacije; Izjava o zahtievanom području akreditacije; Izveštaj o samoocenjivanju; Rizici po nepristrasnost; Izjava najvišeg rukovodstva inspekcijskog tijela o neovisnosti u vezi sa tipovima A, B, C ili dokaz o tome; Spisak osoblja koje je imenovano za potpisivanje izveštaja / certifikata o inspekciji; Kopija

najmanje jednog izveštaja o inspekciji za svako područje i podpodručje inspekcije; Dokaz o osiguranju od odgovornosti; Pregled sudjelovanja u PT/ILC shemama – skraćeni izveštaj; Izvještaj o validaciji za nestandardne metode (ako su iste deo područja); Spisak referentnih materijala koji se primenjuju; Spisak opreme; Spisak referentnih etalona, ako se isti primenjuju, i certifikati o kalibraciji istih.

Institucija, koja želi da se akredituje, mora da poseduje urađena sledeća dokumenta (dokumenta sistema menadžmenta): Spisak obrazaca sistema menadžmenta; Ocene isporučioca; Zapisnik o reklamaciji isporučiocu; Izveštaj o neusaglašenosti; Izveštaj o sprovedenim korektivnim merama; Poboljšanja; Evidencija prigovora korisnika; Godišnji plan internih provera; Program interne provere; Kontrolna lista za internu proveru; Izveštaj o internoj proveri; Zapisnik sa preispitivanja rukovodstva; Godišnji plan obuke; Zapisnik o sprovednoj obuci; Karton opreme; Karton osoblja; Spisak opreme; Program etaloniranja; Izveštaj o preuzimanju predmeta ispitivanja; Zahtev za nabavku; Anketni list; Izveštaj o ispitivanju; Preispitivanje zahteva; Radni nalog; Rizici i prilike; Spisak eksternih dokumenata.

U državama koje u potpunosti poštuju medjunarodnu zakonsku regulativu [1], u okviru nacionalne zakonske regulative, precizno je definisano da kontrolisanje vozila namenjenih za prevoz opasnih materija može se obavljati jedino u akreditovanim laboratorijama za tu vrstu delatnosti, i da institucije koje poseduju takvu akreditovanu laboratoriju mogu biti ovlašćene da vrše kontrolisanje i izdavanje certifikata za ova vozila.

Pošto je i Bosna i Hercegovina potpisnik Evropske konvencije o prevozu opasnih materija [1], postoji potreba da se i njena zakonska regulativa u potpunosti usaglasi sa postojećom medjunarodnom zakonskom regulativom [1], što bi značilo da se u Bosni i Hercegovini mogu ovlastiti institucije za kontrolu i izdavanje certifikata za vozila za prevoz opasnih materija koje u svom sastavu imaju akreditovanu laboratoriju za kontrolu ovakvih vozila. Takve laboratorije, do današnjeg dana u Bosni i Hercegovini nema, ali ima veći broj institucija koje su ovlašćene da izdaju certifikate za ovakva vozila.

Detaljnom analizom celokupne medjunarodne, ali i nacionalne zakonske regulative u BiH, kao i postojećih akata (uputstava,...), postojećih uslova u kojima se vrši kontrolisanje, načina kontrole, formiranje zapisnika na osnovu kojih se izdaju certifikati za vozila za prevoz opasnih materija, autori ovoga rada došli su do zaključka da u ovoj oblasti, iako je uložen veliki trud da se unapredi ova oblast), treba još mnogo raditi i uraditi, da bi stanje bilo prihvatljivo sa aspekta važeće medjunarodne regulative. Ako se analiziraju detaljno postojeći uslovi i način kontrole i izdavanja certifikata za vozila za prevoz opasnih materija u BiH, može se doći do brojnih nelogičnosti. Neke od tih nelogičnosti su: Da bi se sertifikat izdat od nadležne institucije jedne od ugovornih strana (jedna od ugovornih strana je BiH), za vozilo registrovano na teritoriji te ugovorne strane, mora se uvažavati, u rokovima njegovog važenja, od strane nadležne institucije drugih ugovornih strana (drugih država), neophodno je da se izdaje na odgovarajućem propisanom obrascu (a koji je dat u Evropskoj konvenciji no prevozu opasnih materija [1]), što se za sada ne čini (na primer, u sertifikatima se pominje tip vozila OX koji već dugi niz godina ne postoji u važećoj medjunarodnoj regulativi); Uputstva za kontrolu vozila za prevoz opasnih materija, a koja su i postavljena na zvaničnim sajtovima, nisu ažurirana i nisu usaglašena sa medjunarodnom zakonskom regulativom (koja se neprekidno ažurira i izdaju zvanične verzije svake druge godine); Zapisnici o kontrolisanju vozila za prevoz opasnih materija su najčešće nepotpuni i ne odgovaraju stvarnom stanju na kontrolisanim vozilima;... Kada bi se detaljnije proveravalo stvarno stanje na kontrolisanim vozilima, veliki broj ovih vozila ne bi zadovoljio potrebne zahteve, te na taj način ne bi se za takva vozila mogli izdati certifikati. Posebno je potrebno posvetiti pažnju i na kontrolu tehničke ispravnosti vozila za prevoz opasnih materija na linijama tehničkog pregleda (sa aspekta siguronosne opreme na vozilima, sistema aktivne i pasivne sigurnosti, stanja sudova,...).

4. KONTROLISANJE VOZILA ZA PREVOZ OPASNIH MATERIJA

Zapisnik o kontrolisanju vozila za transportu opasnog tereta sadrži sledeće elemente:

- Podatke o podnosiocu zahteva;
- Zahtevani poslovi kontrolisanja **(**kontrolisanje usaglašenosti vozila za prevoz opasnih tereta sa zahtevima ADR-a (namena vozila - opis prema 9.1.1.2 ADR): FL, AT, EX, MEMU;
- Referentni dokument **(**ADR - Evropski sporazum o međunarodnom drumskom prevozu opasnog tereta: ECE/TRANS/225, Vol.II, Aneks B, Deo 9 - Zahtevi za konstrukciju i odobrenje vozila);
- Podatke o vozilu: vrsta, marka, tip, identifikacioni kod šasije, registarski broj, godina proizvodnje, masa praznog vozila, najveća dozvoljena masa;
- Nadgradnja vozila (način prevoza opasnog tereta) i podaci o fiksiranoj cisterni / baterijskom vozilu (ako postoji): proizvođač cisterne, odobrenje cisterne/baterijskog vozila, serijski broj cisterne / identifikacija elemenata baterijskog vozila, godina proizvodnje, kôd cisterne prema 4.3.3.1 ili 4.3.4.1 ADRa, posebne odredbe TC i TE prema 6.8.4 ADR (ako se primenjuju), dozvoljena primena za materije, prema kôdu cisterne i posebnim

odredbama TC i TE 6.8.4 ADR, ili precizno navođenje samo za koje materije se može primenjivati (klasa, UN broj i ako je neophodno grupa pakovanja i transportni naziv);

- Priložena dokumentacija;

- Rezultati kontrolisanja (zahtevi u pogledu konstrukcije i opreme vozila), **pri periodičnom** kontrolisanju vozila za transportu opasnog tereta sadrži sledeće elemente:

Tehnička ispravnost vozila; Ograničavač brzine $v_{set} \leq 90$ km/h; Vučni uređaj; Kočni sistem; Uverenje o ispitivanju cisterne/baterije posuda: stanje zidova i instalacije sudova, podaci na sudovima - pločica, natpisi, zaštita od statičkog elektriciteta; Tovarni prostor; Električna oprema (instalacija u celini, glavni baterijski prekidač, akumulatori, instalacija iza kabine); Sistem za gašenje požara na motoru; Izduvni sistem; Termička zaštita usporača; Zaštita od požara na pneumaticima; Označavanje vozila; Oprema za gašenje požara (dva ili više aparata za gašenje požara odgovarajućeg zbirnog kapaciteta, aparati usaglašeni sa EN 3 -7, plombe koje potvrđuju da nisu korišćeni, važeći pregled i datum narednog pregleda na aparatima, aparati postavljeni na pristupačnim mestima, zaštićeni od vremenskih uticaja); Ostala oprema oprema transportne jedinice (klinasti podmetač za točkove, dva trougla i, prema potrebi, tečnost za ispiranje očiju, lopata, prekrivač slivnika i posuda); Oprema za ličnu zaštitu (sigurnosni prsluk, prenosna lampa , rukavice, zaštitne naočare i zaštitna maska za opasne materije jklase 2.3 ili 6.1); Napomene; Opis utvrđenih neusaglašenosti (ako ih ima).

- Rezultati kontrolisanja (zahtevi u pogledu konstrukcije i opreme vozila), pri **prvom** kontrolisanju vozila za transportu opasnog tereta sadrži sledeće elemente:

Tipsko odobrenje vozila prema ECE R105 ili Direktivi 98/91EC; Tehnička ispravnost vozila; Graničnik brzine: $v_{max} \leq 90$ km/h; Vučni uređaj prema ECE R55 ili 94/20/EC; kočni sistem da li zadovoljava zahteve ECE R13 ili Direktive 71/320/EEC; Protivblokirajući kočni sistem (ABS); Performanse usporača prema ECE R13 Aneks 5: za $m_{vozila}>16t$ i za $m_{prikolice}>10t$; Uverenje o ispitivanju cisterne/baterije posuda prema 6.8.2.4, 6.8.3.4, 6.9.5 ili 6.10.4 ADR; Pločica suda, natpisi: naziv vlasnika, masa praznog vozila, najveća dozvoljena masa vozila, za gasove dopuna 6.8.3.5.6; Zaštitni branik širine veće od cisterne, na rastojanju L većem od 100 mm; električna veza metalne cisterne ili baterije posuda sa šasijom, komponente cisterne međusobno povezane, označen priključak za uzemljenje; Rastojanje spoljašnjih tačaka pneumatika iste osovine najmanje 90% od visine težišta; Stabilnost u pogledu bočnog prevrtanja prema ECE R111; Tovarni prostor je zatvorenog tipa (obavezno za EX/III vozila) ili je pokriven ceradom; Kontinualna pregrada za odvajanje vozačkog dela od zatvorenog tovarnog prostora (za vozila tipa EX/II i EX/III); Mogućnost zaključavanja otvora zatvorenog tovarnog prostora (za sva vozila namenjenih za prevoz eksplozivnih materija); Tovarni prostor EX/III vozila izrađen ili obložen sa materijalom otpornim na toplotu i vatru debljine najmanje 10 mm; Cerada nepromočiva, otporna na cepanje, od teško zapaljivog materijala, pokriva tovarni prostor sa svih strana (za voyila tipa EX/II); Zahtevi za vozila za prevoz opasnog tereta u pakovanjima ili u rasutom stanju; Zahtevi za vozila namenjena za transport temperaturski kontrolisanih materija; Provodnici odgovarajuće dimenzionisani, izolovani i zaštićeni osiguračima; Provodnici pričvršćeni, zaštićeni od mehaničkih i termičkih naprezanja; Nominalni napon ne prelazi 24V; Glavni baterijski prekidač ugrađen u blizini akumulatora; Glavni baterijski prekidač ako je jednopolnog tipa, prekida dovodni vod, a ne vod ka uzemljenju; Komanda glavnog baterijskogi prekidača: u kabini, pristupačna, označena i zaštićena od nehotičnog aktiviranja, električna instalacija komande odgovara zahtevima za instalaciju pod stalnim naponom; Stepen zaštite kućišta glavnog baterijskog prekidača IP65; Spojevi vodova glavnog baterijskog prekidača su IP54 ili gumene kape za ugradnju u kućištu akumulatora.

5. ZAKLJUČAK

Saobraćajne nezgode, kada je u pitanju opasna materija, mogu da dovedu do katastrofalnih posledica po ljude, biljni i životinjski svet, ali i po materijalna dobra.

Da bi se bezbednost transporta opasnog tereta podigla na najveći mogući nivo, neophodno je obezbediti odgovarajuće uslove. U tom kontekstu – stvaranja potrebnih uslova za bezbednu realizaciju transporta opasnog tereta, važnu ulogu imaju: Zakonodavac; Ovlašćene državne institucije koje uređuju predmetnu problematiku i nadgledaju sprovođenje zakonskih propisa; Imenovana tela za kontrolu tehnničke ispravnosti vozila; Imenovana tela za ispitivanje vozila; Imenovana tela za ispitivanje sudova i opreme vozila; Imenovana tela za edukaciju ljudstva koje učestvuje u teransportu opasnog tereta; Službe za kontrolu saobraćaja; Učesnici u transportu opasnog tereta.

Da bi se transport opasnog tereta u drumskom saobraćaju realizovao na zadovoljavajući način, prvenstveno sa aspekta bezbednosti, neophodno je:

- Poštovanje svih odredbi Evropske konvencije o prevozu opasnog tereta u drumskom saobraćaju [1], postojeće standarde i norme (UN ECE, EN,...) [2], kao i svih odredbi nacionalne zakonske regulative [3,4] (uz prethodno njeno usaglašavanje sa postojećom zakonskom regulativom), u predmetnoj oblasti;

- Definisati adekvatnu nacionalnu zakonsku regulativu [3,4], koja je usaglašena sa međunarodnom zakonskom regulativom u ovoj oblasti [1];

- Postojanje pravilno obučenog ljudstva koje obavlja poslove u vezi sa transportom opasnog tereta u drumskom saobraćaju;

- Postojanje odgovarajuće opreme koja je neophodna bilo pri kontroli tehničke ispravnosti vozila, servisiranju vozila, regulaciji i kontroli saobraćaja;

- Postojanje odgovarajuće saobraćajne infrastrukture sa adekvatnim sistemom regulacije saobraćaja;

- Postojanje adekvatne organizacije i metodologije kontrolisanja vozila za prevoz opasnih materija u ovlašćenim institucijama;

- Postojanje adekvatne organizacije i metodologije provere tehničke ispravnosti vozila za prevoz opasnih materija na linijama tehničkog pregleda;

- Postojanje adekvatnih vozila koja ispunjavaju sve propise da bi mogla da se koriste za prevoz opasnih materija;

- Postojanje adekvatne organizacije u nadgledanju i kontroli obavljana teransporta opasnog tereta;

- Postojanje adekvatne organizacije, osposobljenosti i opremljenosti ljudstva u okviru interventnih ekipa koje treba da deluju u uslovima saobraćajnih nesreća kada je u pitanju transport opasnog tereta.

Na unapređenju bezbednosti transporta opasnog tereta u Bosni i Hercegovini mnogo je urađeno, ali postoji potreba da se na ovom polju učine dodatni napori, posebno u oblasti unapredjenja stanja vozila koja se koriste za njihov prevoz. U tom kontekstu, što se tiče vozila koja su namenjena za prevoz opasnih materija, posebnu pažnju treba obratiti na odabiru adekvatnih vozila, njihovom pravilnom ispitivanju i kontroli njihove tehničke ispravnosti, ali i njihovom pravilnom održavanju i eksploataciji.

Veliki pomak u unapredjenju transporta opasnih materija bio bi napravljen ukoliko bi se izvršila akreditacija laboratorija u kojima se vrše kontrole vozila za prevoz opasnih materija radi izdavanja potrebnih sertifikata. U tom slučaju, kontrola vozila za prevoz opasnih materija bi se sprovodila uvek na isti način, uz striktno poštovanje standarda kvaliteta i nacionalne i medjunarodne zakonske regulative u ovoj oblasti.

Institucije koje imaju uveden sistem kvaliteta prema nekom od standarda (ISO 9000, ISO 14000, ISO 17025), mogu, bez velikih teškoća, da izvrše akreditaciju i prema standardu ISO 17020 koji se odnosi na inspekcijska-kontrolna tela. Predhodno navedeni standardi podrazumevaju da institucije moraju da sprovode interne provere sistema kvaliteta, što u velikoj meri podiže nivo obavljenih poslova kontrolisanja vozila i daje sigurnost korisnicima vozila, kao i organima koji su zaduženi za kontrolu transporta opasnih materija, da će bezbednost transporta opasnih materija biti zadovoljavajućem nivou, što je i osnovni cilj.

Autori ovog rada, u saradnji sa svim zaposlenim na Saobraćajnom fakultetu u Doboju, uradili su kompletnu potrebnu dokumentaciju za akreditaciju Laboratorije za ispitivanje vozila za prevoz opasnih materija prema standardu ISO 17020. Najveći deo te dokumentacije može se iskoristiti pri akreditaciji ove laboratrorije radi kontrolisanja i drugih vozila (ATP, sa TNG-om, sa KPG-om, prepravljenih i pojedinačno proizvedenih vozila,...) u okviru Laboratorije za ispitivanje vozila. U okviru ovoga rada dat je prikaz dela rezultata do kojih su autori došli pri izradi obimne dokumentacije radi akreditacije Laboratorije za ispitivanje vozila, radi kontrolisanja vozila za prevoz opasnih materija prema standardu ISO 17020.

U državama koje u potpunosti poštuju medjunarodnu zakonsku regulativu [1], u okviru nacionalne zakonske regulative, precizno je definisano da kontrolisanje vozila namenjenih za prevoz opasnih materija može se obavljati jedino u akreditovanim laboratorijama za tu vrstu delatnosti, i da institucije koje poseduju takvu akreditovanu laboratoriju mogu biti ovlašćene da vrše kontrolisanje i izdavanje certifikata za ova vozila.

Pošto je i Bosna i Hercegovina potpisnik Evropske konvencije o prevozu opasnih materija [1], postoji potreba da se i njena zakonska regulativa u potpunosti usaglasi sa postojećom medjunarodnom zakonskom regulativom [1], što bi značilo da se u Bosni i Hercegovini mogu ovlastiti institucije za kontrolu i izdavanje certifikata za vozila za prevoz opasnih materija koje u svom sastavu imaju akreditovanu laboratoriju za kontrolu ovakvih vozila. Takve laboratorije, do današnjeg dana, u Bosni i Hercegovini nema, ali ima veći broj institucija koje su ovlašćene da izdaju certifikate za ovakva vozila.

Detaljnom analizom celokupne medjunarodne, ali i nacionalne zakonske regulative u BiH, kao i postojećih akata (uputstava,...), postojećih uslova u kojima se vrši kontrolisanje, načina kontrole, formiranje zapisnika na osnovu kojih se izdaju certifikati za vozila za prevoz opasnih materija, autori ovoga rada došli su do zaključka da u ovoj oblasti, iako je uložen veliki trud da se unapredi ova oblast, treba još mnogo raditi i uraditi, da bi stanje bilo prihvatljivo sa aspekta važeće medjunarodne zakonske regulative. Ako se analiziraju detaljno postojeći uslovi i način kontrole i izdavanja certifikata za vozila za prevoz opasnih materija u BiH, može se doći do brojnih nelogičnosti. Neke od tih nelogičnosti su: Da bi se sertifikat izdat od nadležne institucije jedne od ugovornih strana (jedna od ugovornih strana je i BiH), za vozilo registrovano na teritoriji te ugovorne strane, mora se uvažavati, u rokovima njegovog važenja, od strane nadležne institucije drugih ugovornih strana (drugih država), neophodno je da se izdaje na odgovarajućem propisanom obrascu (a koji je dat u Evropskoj konvenciji

no prevozu opasnih materija [1]), što se za sada ne čini (na primer, u sertifikatima se pominje tip vozila OX koji već dugi niz godina ne postoji u važećoj medjunarodnoj regulativi); Uputstva za kontrolu vozila za prevoz opasnih materija, a koja su i postavljena na zvaničnim sajtovima, u velikoj meri nisu ažurirana i nisu usaglašena sa medjunarodnom zakonskom regulativom (koja se neprekidno ažurira i izdaju zvanične verzije svake druge godine); Zapisnici o kontrolisanju vozila za prevoz opasnih materija su najčešće nepotpuni i ne odgovaraju stvarnom stanju na kontrolisanim vozilima;... Kada bi se detaljnije proveravalo stvarno stanje na kontrolisanim vozilima, veliki broj ovih vozila najverovatnije ne bi zadovoljio potrebne zahteve, te na taj način ne bi se za takva vozila mogli izdati certifikati. Posebno je potrebno posvetiti pažnju i na kontrolu tehničke ispravnosti vozila za prevoz opasnih materija na linijama tehničkog pregleda (sa aspekta siguronosne opreme na vozilima, sistema aktivne i pasivne sigurnosti, stanja sudova,...).

6. LITERATURA

1. *Europen Agreement concerning the international carrige of dangerous goods by road – ADR, united nations, New Yuork and Geneva, 2021*
2. *UN ECE 105*
3. *Zakon o prevozu opasnih materija (2016), Službeniglasnik Republike Srpske 15/2016*
4. *Zakon o prevozu opasnih materija, Službeni glasnik BiH, 2017*
5. *Pravilnik o načinu prevoza opasnih materija u drumskom saobraćaju, Sl.Glasnik R.Srpske, 69/2013*
6. *Pravilnik o certifikaciji vozila i uvjetrima koje organizacije za certifikovanje vozila moraju ispuniti, Službeni glasnik BiH, br.41/2008*
7. *Krstić B., Mlađan D.(2007): Bezbednost korišćenja vozila za prevoz opasnih materija u drumskom saobraćaju, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2007.*
8. *Krstić B.(2009): Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac*
9. *ECE/TRANS/WP.15/240 i -/Corr.1 i ECE/TRANS/WP.15/240/Add.1*
10. *Direktiva 2008/68/ES Evropskog Parlamenta i Saveta o kopnenom transportu opasne robe*
11. *EA IAF/ILAC-_4:2004, EA IAF/ILAC Guidance on the Application of ISO/IEC 17020*
12. *ISO 5725 (delovi: 1,2,3,4,5) Tačnost (istinitost i preciznost) metoda i rezultata merenja*
13. *ISO 9001: 2008, Sistemi menadžmenta kvalitetom -Zahtevi*
14. *EN ISO 10012, Sistemi upravljanja merenjem - Zahtevi za procese merenja i opremu za merenje*

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

INSPECTION OF SPECIAL FUNDS FOR THE TRANSPORT OF PERISHABLE FOODSTUFFS

ISPITIVANJE SPECIJALNIH SREDSTAVA ZA PREVOZ LAKOKVARLJIVIH NAMIRNICA

Zoran Ćurguz[a], Božidar Krstić[b], Ranko Božičković[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Misica 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, zoran.curguz@sf.ues.rs.ba, bozickovicranko@gmail.ba*

[b] *University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Serbia, bkrstic@kg.ac.rs*

Abstract: *The paper analyzed the possibility of creating the necessary conditions for testing special funds for the transport of perishable foodstuffs.*

The analysis was performed based on the requirements of the Agreement on the International Transport of Perishable Foodstuffs and Special Means for their Transport (ATR).

The need and importance of respecting the existing international regulations in the field of special means for transport of perishable foodstuffs was pointed out, as well as the need for

Accreditation of laboratories according to ISO/IEC 1720 in order to perform professional control of special means for transport of perishable foodstuffs.

The conditions for the accreditation of the laboratory have been defined and the methodology for controlling special means for the transport of perishable foodstuffs has been defined in accordance with the valid international legal regulations.

Key words: *Special funds for the transport of perishable foodstuffs, controlling*

Apstrakt: *U radu je izvršena analiza mogućnosti stvaranja potrebnih uslova radi ispitivanja specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljivih namirnica.*

Analiza je izvršena na osnovu zahteva Sporazuma o medjunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz (ATP).

Ukazano je na potrebu i značaj poštovanja postojeće medjunarodne regulative u oblasti specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljivih namirnica, kao i na na potrebu akreditacije laboratorija prema ISO/IEC 17020 da bi se u njima moglo obavljati profesionalno kontrolisanje specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljivih namirnica.

Definisani su uslovi akreditacije laboratorije i definisana metodologija kontrolisanja specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljivih namirnica saglasna važećoj medjunarodnoj zakonskoj regulativi.

Ključne riječi: *specijalna sredstva za prevoz lakokvarljivih namirnica, kontrolisanje*

1. UVOD

Konstrukcione i tehničke karakteristike vozila za prevoz lakokvarljivih namirnica, i njihovih sklopova i delova, moraju biti u skladu sa važećim nacionalnim propisima i standardima.

Ako za vozila i njihove delove i sklopove nisu donešeni odgovarajući nacionalni propisi, tada se primjenjuju medjnunarodni propisi, odnosno normativi proizvdjača.

Certificiranje vozila za prevoz lakokvarljivih namirnica je ocenjivanje uskladjnenosti ovih vozila sa propisanim zahtevima prema medjnunarodnom sporazumu o prevozu lako kvarljivih namirnica u drumskom saobraćaju (ATP) [1].

ATP je sporazum Ekonomske komisije za Evropu Ujedinjenih nacija o medjunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz [1] definiše zahteve za medjunarodni prevoz lako kvarljivih namirnica i vozila koja vrše takav prevoz sa ciljem obezbedjivanja kvaliteta i bezbednosti namirnica.

ATP sporazum počeo je da se primenjuje 1970.godine. Bosna i Hercegovina je jedna od potpisnica ATP-sporazuma i dužna je da poštuje i primenjuje sve njegove odredbe.

Na osnovu ocenjivanja usklanenosti ovih vozila sa propisanim zahtevima prema medjnunarodnom sporazumu o prevozu lako kvarljivih namirnica u drumskom saobraćaju, izdaje se certifikat (dokument kojim se potvrdjuje da je ATP-vozilo, kao predmet kontrolisanja, uskladjen sa zahtevima iz odgovarajućeg propisa).

Administrativni i tehnički poslovi, iz oblasti certificiranja drumskih vozila za prevoz lako kvarljivih namirnica su: Definiranje i predlaganje procedura za ispitivanje i certificiranje vozila; Pripremanje i predlaganje propisa iz oblasti certificiranja drumskih vozila za prijevoz lako kvarljive robe. Poslove iz oblasti certificiranja vozila mogu obavljati organizacije koje imaju odobrenje nadležnog Ministarstva.

Na osnovu ocene osposobljenosti preko dokumentacije i neposrednog uvida u stanje prostora sa kojim raspolaže kontrolno telo, tehničke opremljenosti ispitne opreme, stručnih kadrova, posedovanja stručne literature, zakona, standarda, propisa i dr., procenjuje se obim poslova (od strane Instituta za akreditaciju BiH), a koje ispitno telo može obavljati u oblasti kontrolisanja, odnosno ispitivanja vozila, i daje predlog nadležnom Ministarstvu za odobravanje obavljanja poslova certifikacije vozila.

Ispitivanja iz oblasti certificiranja obuhvataju slijedeće vrste ispitivanja i certificiranja: certificiranje vozila za prevoz lako kvarljivih namirnica u skladu sa medjunarodnim sporazumom o prevozu lako kvarljivih namirnica ATP [1].

Na osnovu obavljenog ispitivanja, i dostavljenog izvještaja o ispitivanju, od strane ispitnog tela, stručne obrade celokupne dostavljene dokumentacije, ovlašćena organizacija (prema Pravilniku o certifikaciji) izdaje potvrdu o ispitivanju ili certifikat odrdjenene namene.

Za vozila koja prevoze lako kvarljive namirnice, može se izdati certifikat za: izotermičko vozilo, vozilo hladnjaču ili vozilo za zagrevanje, namenjeno za drumski prevoz lako kvarljive robe prema ATP pravilniku.

Prvi ATP certifikat za vozilo se izdaje na osnovu njegovog ispitivanja ili na osnovu saobraznosti sa već ispitanim reprezentom tipa. Dužina važenja takvog sertifikata iznosi najviše šest godina. Nakon isteka važnosti, sertifikat se nakon zadovoljenja kriterijuma prilikom izvršenih periodičnih pregleda i ispitivanja može produžavati na periode od najduže tri godine.

Prilikom kupovine novog vozila proizvedenog u inostranstvu uz njega se dobija ATP certifikat od proizvođača. Ovaj certifikat se smatra privremenim sa rokom važenja od najviše tri meseca. Zatim je potrebno da kod ovlašćene institucije obezbedite novi certifikat sa rokom važenja od 6 godina i to od datuma proizvodnje vozila.

Prilikom kupovine upotrebljavanih vozila, bilo da je ono uvezeno ili je već bilo registrovano u, ATP certifikat, ukoliko ga vozilo poseduje, takođe je privremen sa rokom važnosti od tri meseca a zatim se on mora prepisati u ovlašćenoj instituciji ali tada će imati rok važenja do datuma do kog je navedena važnost prethodnog certifikata.

Ukoliko prilikom kupovine novog ili upotrebljavanog vozila, uz vozilo ne postoji certifikat, moguće ga je dobiti na osnovu ispitivanja vozila ili na osnovu saobraznosti sa već ispitanim vozilom, što takođe možete učiniti u u ovlašćenoj instituciji. Za vozila čiji su certifikati istekli mogu se dobiti novi nakon ispitivanja u u ovlašćenoj instituciji.

Što se tiče obaveze posedovanja certifikata u vozilu, certifikat ili njegova overena kopija mora biti uz transportno sredstvo za sve vreme njegovog prevoza i pokazan na zahtev kontrolnog organa. Međutim, ako je na transportno sredstvo pričvršćena ATP certifikaciona pločica ona će se smatrati ekvivalentom ATP certifikata. Međutim, vozila starija od šest godina na sebi imaju pločicu sa podacima sa prvog certifikata, te ta pločica ne može zameniti certifikat.

Prema odredbama ATP sporazuma i Zakona o potvrđivanju sporazuma o međunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz (ATP) [1] ispitivanje i kontrolisanje vozila i izdavanje sertifikata može obaviti samo ovlašćena institucija koju je imenovao ili ovlastio nadležni organ zemlje u kojoj je vozilo upisano ili registrovano, osim u slučaju novoproizvedenog vozila ukoliko je kontrola već izvršena na samom vozilu ili njegovom prototipu u ovlašćenoj instituciji koju je imenovao ili ovlastio nadležni organ zemlje u kojoj je vozilo proizvedeno.

Prema odredbama ATP sporazuma [1] i zakona ispitivanje i kontrolisanje vozila i izdavanje certifikata može obaviti samo ovlašćena institucija koju je imenovao ili ovlastio nadležni organ zemlje u kojoj je vozilo upisano ili registrovano, osim ako je kontrola već izvršena na samom novom vozilu ili njegovom prototipu u ovlašćenoj instituciji koju je imenovao ili ovlastio nadležni organ zemlje u kojoj je vozilo proizvedeno.

U okviru ovoga rada dat je i pregled potrebnih uslova akreditacije laboratorije i definisana metodologija kontrolisanja specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljivih namirnica saglasna važećoj medjunarodnoj zakonskoj regulativi [1].

Ciljevi ovoga rada su:

- Da ukaže na na potrebu i značaj poštovanja postojeće medjunarodne regulative u oblasti specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljivih namirnica, kao i na na potrebu akreditacije laboratorija prema ISO/IEC 17020, odnosno prema ISO/IEC 17025, da bi se u njima moglo obavljati profesionalno kontrolisanje, odnosno ispitivanje, specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljivih namirnica;
- Da prikaže rezultate analize mogućnosti stvaranja potrebnih uslova radi ispitivanja specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljive robe, a koja je uradjena na osnovu zahteva Sporazuma o medjunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz (ATP - medjunarodni sporazum o prevozu lako kvarljive robe u drumskom saobraćaju) [1].

2. DRUMSKA VOZILA ZA PREVOZ LAKOKVARLJIVIH NAMIRNICA

U međunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica mogu se, prema Sporazumu Ekonomske komisije za Evropu Ujedinjenih nacija o medjunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz (ATP sporazum) [1], koristiti sledeća transportna sredstva: izotermičko transportno sredstvo, rashladno transportno sredstvo, transportno sredstvo - hladnjača i transportno sredstvo za zagrevanje.

Izotermičko transportno sredstvo ima zatvorenu komoru sastavljenu od izolacionih zidova, uključujući vrata, pod i krov, koji omogućavaju da se ograniči razmena toplote između unutrašnjosti i spoljašnosti zatvorene komore, tako da se po ukupnom koeficijentu prenosa toplote (koeficijent K) transportno sredstvo može svrstati u jednu od dve sledeće kategorije: Obično izotermičko transportno sredstvo (IN) čija je karakteristika u tome što mu je koeficijent K jednak ili niži od 0,7 W/m^{2}K; Pojačano izotermičko transportno sredstvo (IR) čija je karakteristika u tome što mu je koeficijent K jednak ili niži od 0,4 W/m^{2}K, i čija najmanja debljina zida, ukoliko je transportno sredstvo šire od 2,5 m, iznosi 45 mm.

Definicija koeficijenta K i metod koji se primenjuje za njegovo merenje, precizno su definisani u važećoj zakonskoj regulativi.

Rashladno transportno sredstvo je izotermičko transportno sredstvo koje, pomoću nekog izvora hladnoće (vodeni led, sa dodatkom soli ili bez nje; eutektičke ploče; suvi led, sa regulacijom sublimiranja ili bez nje; tečni gas sa regulacijom isparavanja ili bez nje, itd.), osim mehaničkog ili apsorpcionog uređaja, omogućuje da se temperatura unutar prazne komore smanji i da se potom takva održi pri srednjoj spoljnoj temperaturi od + 30 ˚C, na najviše : + 7 ˚C za klasu A; - 10 ˚C za klasu B; - 20 ˚C za klasu C; 0 ˚C za klasu D.

Ukoliko takvo transportno sredstvo ima jedan ili više odeljaka, spremnika ili rezervoara, namenjenih rashladnom agensu, ti odeljci, spremnici ili rezervoari treba da:

- budu takvi da se mogu puniti ili dopunjavati sa spoljne strane transportnog sredstva,
- imaju kapacitet u skladu sa zahtevima važeće zakonske regulative.

Koeficijent K rashladnog transportnog sredstva klase B i C mora obavezno biti jednak ili manji od 0,4 W/m^{2}K.

Transportno sredstvo - hladnjača je izotermičko transportno sredstvo sa zasebnim ili za više transportnih sredstava zajedničkim rashladnim uređajem (mehanička kompresorska grupa, apsorpciona mašina, itd.) koji omogućava da se pri srednjoj spoljnoj temperaturi od + 30 ˚C, temperatura u unutrašnjosti prazne zatvorene komore spusti i da se zatim stalno održava na sledeći način:

- Za klase A, B i C na svaku praktično stalnu željenu vrednost Ti, shodno dolenavedenim normama za tri klase: Klasa A. Transportno sredstvo - hladnjača sa takvim rashladnim uređajem da Ti može da se izabere između + 12 ˚C i 0 ˚C zaključno; Klasa B. Transportno sredstvo - hladnjača sa takvim rashladnim uređajem da Ti može da se izabere između + 12 ˚C i - 10 ˚C zaključno; Klasa C. Transportno sredstvo - hladnjača sa takvim rashladnim uređajem da Ti može da se izabere između + 12 ˚C i - 20 ˚C zaključno.
- Za klase D, E i F na praktično stalnu utvrđenu vrednost shodno niže određenim normama za tri klase: Klasa D. Transportno sredstvo - hladnjača sa takvim rashladnim uređajem da Ti bude jednako ili niže od 0 ˚C; Klasa E. Transportno sredstvo - hladnjača sa takvim rashladnim uređajem da je Ti jednako ili niže od - 10 ˚C; Klasa F. Transportno sredstvo - hladnjača sa takvim rashladnim uređajem da je Ti jednako ili niže od - 20 ˚C.

Koeficijent K sredstava klasa B, C, E i F treba obavezno da bude jednak ili niži od 0,4 W/m^{2}K.

Transportno sredstvo za zagrevanje je izotermičko transportno sredstvo koje je sposobno da temperaturu unutar prazne zatvorene komore poveća i zatim stalno održava najmanje 12 časova bez dodatnog snabdevanja, na praktično stalnom nivou koji nije niži od + 12 ˚C, pri sledećim srednjim spoljnim temperaturama:

- Klasa A. Transportno sredstvo za zagrevanje pri srednjoj spoljnoj temperaturi od - 10 ˚C.
- Klasa B. Transportno sredstvo za zagrevanje pri srednjoj spoljnoj temperaturi od - 20 ˚C.

Uređaj za proizvodnju toplote treba da ima snagu u skladu sa zahtevima važeće zakonske regulative. Koeficijent K sredstava klase B treba obavezno da bude jednak ili niži od 0,4 W/m^{2}K.

3. ISPITIVANJE I KONTROLISANJE VOZILA ZA PREVOZ LAKOKVARLJIVIH NAMIRNICA (ATP-VOZILA)

Prema odredbama važeće zakonske regulative o kontroli saobraznosti sa normama za izotermička, rashladna, transportna sredstva-hladnjače i transportna sredstva za zagrevanje, kontrola saobraznosti sa propisanim normama, vrši se: Pre puštanja transportnog sredstva u upotrebu; Periodično - najmanje svake šeste godine; Svaki put kad to zatraži nadležni organ.

Metode i postupci koje treba koristiti pri kontroli saobraznosti normama, kao i način izdavanja certifikata, za vozila namenjenih za prevoz lakokvarljivih namirnica, precizno su definisani u okviru ATPa [1].

Uz transportno sredstvo koje se isporučuje drugoj strani ugovornici potrebno je priložiti sledeće isprave kako bi nadležni organ države u kojoj transportno sredstvo treba da se registruje ili upiše mogao izdati ATP certifikat:

- U svim slučajevima, izveštaj o ispitivanju izvršenom na datom transportnom sredstvu, odnosno na reprezentu tipa u slučaju serijske proizvodnje;
- U svim slučajevima, ATP certifikat izdat od nadležnog organa zemlje u kojoj je transportno sredstvo proizvedeno, odnosno zemlje u kojoj je transportno sredstvo registrovano u slučaju transportnog sredstva u upotrebi. Ovakav certifikat se smatra privremenim i njegov rok važenja je najviše tri meseca;
- U slučaju serijski proizvedenog transportnog sredstva, tehnički opis transportnog sredstva za koje je potrebno izdati certifikat, a koji je izdao proizvođač transportnog sredstva ili njegov ovlašćeni predstavnik (ovaj opis treba da sadrži iste stavke koje sadrži i odeljak izveštaja o ispitivanju koji se odnosi na opis transportnog sredstva i treba biti napisan na najmanje jednom od tri zvanična jezika).

U slučaju kada se isporučuje upotrebljavano, transportno sredstvo se može podvrgnuti vizuelnoj proveri radi identifikacije pre nego što nadležni organ države u kojoj transportno sredstvo treba da bude registrovano ili upisano izda certifikat o saobraznosti. Certifikat ili njegova overena fotokopija stoga mora biti uz transportno sredstvo za sve vreme njegovog prevoza i pokazana na zahtev kontrolnog organa. Međutim, ako je na transportno sredstvo pričvršćena ATP certifikaciona pločica (precizno definisana u okviru ATPa [1] ona će se smatrati ekvivalentom ATP certifikata. ATP certifikacione pločice se uklanjaju sa transportnog sredstva čim ona prestanu da zadovoljavaju norme navedene u ovom prilogu.

Oznake za raspoznavanje postavljaju se na transportno sredstvo shodno odredbama [1]. One se uklanjaju čim transportno sredstvo prestane da bude saobrazno utvrdjenim normama.

Izotermičke komore izotermičkih, rashladnih, transportnih sredstava-hladnjača i transportnih sredstava za zagrevanje i njihovi rashladni, odnosno grejni uređaji moraju na sebi imati trajne proizvođačke pločice koje proizvođač pričvršćuje na vidljivom i lako dostupnom mestu na delu koji nije zamenljiv. Mora biti omogućena laka provera pločice bez upotrebe bilo kakvog alata. Kod izotermičkih komora pločica se mora nalaziti na spoljnoj strani komore. Proizvođačka pločica treba da jasno i neizbrisivo prikazuje sledeće pojedinosti: Zemlju proizvodnje ili njenu slovnu oznaku koja se koristi u međunarodnom drumskom saobraćaju; Naziv proizvođača ili kompanije; Tip (brojčana ili slovna oznaka); Serijski broj;

Mesec i godinu proizvodnje.

Novo serijski proizvedeno transportno sredstvo određenog tipa može biti odobreno ispitivanjem jednog uzorka tog tipa. Ukoliko ispitivano transportno sredstvo zadovolji zahteve predviđene za klasu kojoj pripada, rezultujući izveštaj o ispitivanju treba smatrati certifikatom o odobrenju tipa. Rok važnosti takvog certifikata je šest godina od dana završetka ispitivanja.

Nadležni organ preduzima potrebne korake kako bi proverio saobraznost proizvodnje transportnih sredstava sa odobrenim reprezentom tipa. U tu svrhu se transportno sredstvo, slučajno izabrano iz proizvodne serije, može podvrgnuti ispitivanju.

Transportno sredstvo se ne može smatrati transportnim sredstvom istog tipa kao odobreno transportno sredstvo ukoliko ne zadovoljava sledeće minimalne zahteve:

1. U slučaju izotermičkog transportnog sredstva, kada reprezent tipa može biti izotermičko rashladno, transportno sredstvo - hladnjača ili transportno sredstvo za zagrevanje: Konstrukcija treba da je uporediva i izolacioni materijal i metod izolacije treba da budu identični; Debljina izolacionog materijala ne sme da bude manja od one kod reprezenta tipa;

unutrašnja oprema treba da bude identična ili jednostavnija; Broj vrata, poklopaca i drugih otvora treba da bude isti ili manji; Unutrašnja površina komore ne sme da bude za više od 20% veća ili manja;

2. U slučaju rashladnog transportnog sredstva, kada reprezent tipa može biti rashladno transportno sredstvo: Predhodni zahtevi treba da su zadovoljeni; Unutrašnji ventilatori za cirkulaciju vazduha treba da su uporedivi; Izvor hladnoće treba da je identičan; Rezerva hladnoće po jedinici unutrašnje površine treba da je veća ili ista;

3. U slučaju transportnog sredstva hladnjače, kada reprezent tipa može biti:

a) transportno sredstvo - hladnjača: Zahtevi navedeni pod 1 treba da budu zadovoljeni; Efektivna rashladna snaga mehaničkog rashladnog uređaja po jedinici unutrašnje površine u istim temperaturnim uslovima treba da bude veća ili jednaka; ili

b) izotermičko transportno sredstvo, potpuno kompletirano, ali bez rashladnog uređaja, koji će se naknadno montirati.

Otvor na mestu nedostajućeg rashladnog uređaja treba popuniti oblogama iste debljine i izolacionih svojstava kao obloge koje se nalaze na prednjem zidu, pri čemu: Zahtevi navedeni pod 1 treba da budu zadovoljeni; Efektivna rashladna snaga mehaničkog rashladnog uređaja ugrađenog u ovakav reprezent treba da odgovara prema [1,2] (tački 3.2.6. Dodatka br. 2 Priloga br.1).

4. U slučaju transportnog sredstva za zagrevanje, kada reprezent tipa može biti izotermičko transportno sredstvo ili transportno sredstvo za zagrevanje, ako su ispunjeni sledeći uslovi: Zahtevi navedeni pod 1 treba da budu zadovoljeni; Izvor toplote treba da bude identičan; Snaga grejnog uređaja po jedinici unutrašnje površine treba da bude veća ili jednaka.

Ukoliko, u toku perioda od šest godina, proizvodna serija prevaziđe 100 transportnih sredstava, nadležni organ treba da utvrdi procenat transportnih sredstava koji će biti podvrgnut ispitivanju.

Kontrolisanje specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljivih namirnica (ATP - vozila) može biti: Prvo kontrolisanje (kontrolisanje saobraznosti sa reprezentom tipa); Periodično kontrolisanje; Vanredno kontrolisanje.

Prvo kontrolisanje (kontrolisanje saobraznosti sa reprezentom tipa) vozila za prevoz lakokvarljivih namirnica (ATP - vozila) vrši se prema sledećim referentnim dokumentima: ISO 17020; Sporazum o međunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz (ATP), Prilog I, Dodatak 2, tačke: 2, 3 i 7.3.

Periodično kontrolisanje vozila za prevoz lakokvarljivih namirnica (ATP - vozila) vrši se prema sledećim referentnim dokumentima: ISO 17020; Sporazum o međunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz (ATP), Prilog I, Dodatak 2, tačke: 5 i 6.

Vanredno kontrolisanje vozila za prevoz lakokvarljivih namirnica (ATP - vozila) vrši se prema sledećim referentnim dokumentima: ISO 17020; Sporazum o međunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz (ATP), Prilog I, Dodatak 2, tačke: 2, 3, 5, 6 i 7.3.

3.1. Metode i postupci za merenje i kontrolu izotermije i efikasnosti rashladnih ili grejnih uređaja specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljivih namirnica

Metode i postupci za merenje i kontrolu izotermije i efikasnosti rashladnih ili grejnih uređaja specijalnih sredstava za prevoz lakokvarljivih namirnica precizno su definisani u Sporazumu Ekonomske komisije za Evropu Ujedinjenih nacija o medjunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz [1] i u postojećoj zakonskoj regulativi. Ukupan koeficijent prenosa toplote (koeficijent K) transportnog sredstva određen je sledećom formulom: $K = W/(S.\Delta T)$.

gde je W toplotna snaga koja je potrebna da se u komori srednje površine S održi, pri stalnom režimu, apsolutna razlika ΔT između srednje unutrašnje temperature T_i i srednje spoljne temperature Te pri stalnoj srednjoj spoljnoj temperaturi T_e.

2. Srednja površina S komore je geometrijska sredina unutrašnje površine S_i i spoljne površine S_e komore: $S = \sqrt{Si \cdot Se}$

Prilikom određivanja dve površine S_i i S_e uzimaju se u obzir osobenosti konstrukcije komore ili nepravilnosti površine, kao što su zaobljenost, lukovi točkova, itd. i upisuju se u odgovarajuću rubriku predviđenog izveštaja o ispitivanju; međutim, ako je zatvorena komora obložena talasastim limom, u obzir se uzima ravna površina koju zauzima lim, a ne njegova razvijena površina.

U slučaju komore oblika paralelopipeda, srednja unutrašnja temperatura komore (T_i) je aritmetička sredina temperatura merenih na odstojanju 10 cm od zidova na 12 sledećih tačaka: na 8 unutrašnjih temena komore, u središtu 4 najveće unutrašnje površine komore.

Ako komora nema oblik paralelopipeda, tih 12 mernih tačaka raspoređuju se što je moguće bolje, vodeći računa o njenom obliku.

Kad se radi o komorama oblika paralelopipeda, srednja spoljna temperatura komore (T_e) je aritmetička sredina temperatura merenih na odstojanju 10 cm od zidova na sledećih 12 tačaka: na 8 spoljnih temena komore, u središtu 4 najveće spoljne površine komore.

Ako komora nema oblik paralelopipeda, tih 12 mernih tačaka raspoređuju se što je moguće bolje, vodeći računa o njenom obliku.

Srednja temperatura zidova komore je aritmetička sredina srednje spoljne i srednje unutrašnje temperature komore: $\frac{Te+Ti}{2}$

Instrumenti za merenje temperature, zaštićeni od zračenja, treba da budu postavljeni unutar i sa spoljne strane komore na tačkama definisanim u u postojećoj zakonskoj regulativi.

Kolebanje srednje spoljne i srednje unutrašnje temperature komore, u toku najmanje 12-točasovnog perioda stalnog režima ne treba da prelazi ± 0,3 K, odnosno ± 1,0 K u toku prethodnog 6-točasovnog perioda.

Razlika između grejne ili rashladne snage merene u toku dva perioda ne kraćih od 3 časa na početku i na kraju stalnog režima, a odvojenih najmanje 6 časova, ne treba da bude veća od 3%.

Za proračun koeficijenta K koristiće se srednje vrednosti temperatura i grejne ili rashladne snage u toku najmanje 6 poslednjih časova stalnog režima.

Srednje unutrašnje i spoljne temperature na početku i na kraju računskog perioda od najmanje 6 časova ne treba da se razlikuju za više od 0,2 K.

3.2. Utvrdjivanje izotermije transportnih sredstava osim cisterni namenjenih za prevoz tečnih namirnica

Merenje koeficijenta K vrši se pri stalnom režimu bilo metodom unutrašnjeg hlađenja, bilo putem metoda unutrašnjeg zagrevanja. U oba slučaja se u ispitnu komoru stavlja potpuno prazno transportno sredstvo.

Kada se koristi metod unutrašnjeg hlađenja, jedan ili više razmenjivača toplote se postavlja u unutrašnjost ispitne komore. Površina tih razmenjivača treba da bude takva da omogući da se, ako kroz njih prolazi fluid temperature ne niže od 0 ˚C, srednja unutrašnja temperatura komore održava ispod + 10 ˚C u stalnom režimu. Kod metoda unutrašnjeg zagrevanja koriste se električni grejni uređaji. Razmenjivači toplote ili električni grejni uređaji treba da budu opremljeni ventilatorima čija je propusna moć dovoljna da obezbedi 40 do 70 izmena vazduha na čas pri praznoj zapremini ispitivane komore, a da raspodela vazduha po unutrašnjoj površini ispitivane komore bude takva da obezbedi da maksimalna razlika između temperatura u bilo koje 2 od 12 tačaka ne pređe 2 K u stalnom režimu.

Toplotni fluks koji se rasipa otpornim električnim grejnim uređajem sa ventilatorom ne treba da pređe vrednost od 1 W/cm^2, a grejna tela treba da budu zaštićena kućištem niske vrednosti emisivnosti. Potrošnja električne energije treba da bude određena sa tačnošću od 0,5%. Bez obzira na to koji se metod koristi, u ispitnoj komori za sve vreme trajanja ispitivanja, srednja temperatura treba da bude ujednačena i stalna u skladu sa [1,2], sa odstupanjem od ± 0,5 K i na takvom nivou da razlika temperature između unutrašnjosti transportnog sredstva i ispitne komore bude 25 ˚C ± 2 K, a da se srednja temperatura zidova komore transportnog sredstva održava na +20 ˚C ± 0,5 K.

Za vreme ispitivanja, kako metodom unutrašnjeg hlađenja, tako i metodom unutrašnjeg zagrevanja, treba obezbediti neprekidnu cirkulaciju vazduha u ispitnoj komori i to tako da brzina strujanja vazduha na odstojanju od 10 cm od zidova komore transportnog sredstva iznosi između 1 i 2 m/s. U pogon se stavljaju uređaji za stvaranje i raspoređivanje hladnoće ili toplote, uređaji za merenje razmenjene rashladne ili grejne snage i kaloričnog ekvivalenta ventilatora. Gubici u električnom kablu između instrumenta za merenje uvedene toplote i ispitivane komore se određuju merenjem ili proračunom i oduzimaju od ukupno izmerene toplote. Pri stalnom režimu, maksimalna razlika između temperatura na najtoplijoj i najhladnijoj tački izvan komore transportnog sredstva ne sme preći 2 K. Srednja spoljna i srednja unutrašnja temperatura komore transportnog sredstva treba da se meri najmanje 4 puta na čas.

U slučaju utvrdjivanje izotermije transportnih sredstava-cisterne namenjena za prevoz tečnih namirnica sa jednim ili više odeljaka, koja su namenjena jedino za prevoz tečnih namirnica (kao što je, na primer, mleko), i kada svaki odeljak tih cisterni ima najmanje jedan revizioni otvor i jedan priključak za pražnjenje, ili ako postoji više odeljaka koji su međusobno odvojeni neizolovanim vertikalnim pregradama, merenje se vrši pri stalnom režimu metodom unutrašnjeg zagrevanja cisterne koja se, bez ikakvog tereta, stavlja u ispitnu komoru. Jedan električni razmenjivač toplote stavlja se unutar cisterne. Ako cisterna ima više odeljaka, u svaki odeljak se stavlja po jedan električni razmenjivač. Ti razmenjivači treba da budu opremljeni ventilatorima čija je propusna moć dovoljna da obezbedi da razlika između maksimalne i minimalne temperature unutar svakog odeljka ne prelazi 3 K pri stalnom režimu. Ako cisterna ima više odeljaka, razlika između srednje temperature merene u najhladnijem odeljku i srednje temperature merene u najtoplijem odeljku ne treba da iznosi više od 2 K, s tim da se merenje temperature vrši na način koji je definisan u u postojećoj zakonskoj regulativi.

Uređaji za merenje temperature, zaštićeni od zračenja, smeštaju se unutar i izvan cisterne na odstojanju od 10 cm od zidova na sledeći način:

a) Ako cisterna ima samo jedan odeljak, merenje treba obaviti na najmanje sledećih 12 tačaka: 4 krajnje tačke dva prečnika pod pravim uglom, jedan horizontalan, a drugi vertikalan, u blizini svakog od dva danca, 4 krajnje tačke dva prečnika, s nagibom od 45˚ nad horizontalom, u aksijalnoj ravni cisterne;

b) Ako cisterna ima više odeljaka, raspodela je sledeća: za svaki od dva krajnja odeljka, najmanje sledeće: krajnje tačke horizontalnog prečnika u blizini danca i krajnje tačke vertikalnog prečnika u blizini pregrade; a za svaki drugi odeljak najmanje krajnje tačke prečnika sa nagibom od 45˚ nad horizontalom u blizini jedne od pregrada i krajnje tačke prečnika koji u odnosu na prethodni stoji upravno u blizini druge pregrade.

Srednja unutrašnja i srednja spoljna temperatura cisterne predstavljaju aritmetičku sredinu svih merenja izvršenih unutar, odnosno spolja. Za cisterne sa više odeljaka, srednja unutrašnja temperatura svakog odeljka predstavlja aritmetičku sredinu ne manje od četiri merenja koja se odnose na dati odeljak.

Tokom ispitivanja, u ispitnoj komori za sve vreme trajanja ispitivanja, srednja temperatura treba da bude ujednačena i stalna u skladu sa tačkom 1.7 ovog dodatka, na takvom nivou da razlika temperature između unutrašnjosti cisterne i ispitne komore bude 25 ˚C ± 2 K, a da se srednja temperatura zidova cisterne održava na +20 ˚C ± 0,5 K.

Treba obezbediti neprekidnu cirkulaciju vazduha u ispitnoj komori i to tako da brzina strujanja vazduha na odstojanju od 10 cm od zidova cisterne iznosi između 1 i 2 m/s.

U pogon se stavljaju uređaji za stvaranje toplote, uređaji za merenje razmenjene grejne snage i kaloričnog ekvivalenta ventilatora.

Pri stalnom režimu, maksimalna razlika između temperatura na najtoplijoj i najhladnijoj tački izvan komore cisterne ne sme preći 2 K.

Srednja spoljna i srednja unutrašnja temperatura komore transportnog sredstva treba da se meri najmanje 4 puta na čas.

Za sve tipove izotermičkih transportnih sredstava, neophodno je imati u vidu sledeće:

Kada cilj ispitivanja nije određivanje koeficijenta K već samo provera da li je taj koeficijent ispod izvesne granice, ispitivanja izvršena u uslovima koji su definisani u u postojećoj zakonskoj regulativi, mogu da se obustave u momentu kada izvršena merenja pokažu da koeficijent K odgovara postavljenim uslovima.

Ispitne stanice treba da budu snabdevene potrebnom opremom i instrumentima kako bi koeficijent K bio određen sa najvećom greškom od ± 10% kada se koristi metod unutrašnjeg hlađenja, odnosno ± 5% kada se koristi metod unutrašnjeg zagrevanja.

3.3. Postupci određivanja efikasnosti toplotnih uređaja transportnih sredstava

Rashladna transportna sredstva

Prazno transportno sredstvo stavlja se u ispitnu komoru čija se srednja temperatura održava ujednačenom i stalnom na + 30 ˚C, sa odstupanjem ± 0,5 K. Vazduh u ispitnoj komori treba da cirkuliše na način opisan u postojećoj zakonskoj regulativi.

Uređaji za merenje temperature, zaštićeni od zračenja, stavljaju se unutar i izvan komore transportnog sredstva na mestima označenim na način opisan u postojećoj zakonskoj regulativi.

- Za transportna sredstva, osim transportnih sredstava sa fiksnim eutektičkim pločama, i transportnih sredstava opremljenih sistemima sa tečnim gasom maksimalna masa rashlađivača koju je označio proizvođač ili koja se može normalno rasporediti, stavlja se na predviđena mesta kada srednja unutrašnja temperatura komore dostigne srednju spoljnu temperaturu komore (+ 30 ˚C). Vrata, kapci i drugi otvori se zatvaraju, a uređaji za unutrašnje provetravanje transportnog sredstva (ako ih ima) stavljaju se u pogon do svog maksimalnog opterećenja. Pored toga, u slučaju novog transportnog sredstva, kada se postigne temperatura predviđena za datu klasu transportnog sredstva, u komori transportnog sredstva se pušta u rad grejni uređaj čija snaga iznosi 35% od toplote koja se pri stalnom režimu razmenjuje kroz zidove. Za vreme ispitivanja nije dopušteno dodatno snabdevanje rashlađivača.

- Za transportna sredstva sa fiksnim eutektičkim pločama, ispitivanju prethodi faza zaleđivanja eutektičkog rastvora. U tom cilju, kada srednja unutrašnja temperatura komore transportnog sredstva i temperatura ploča dostignu srednju spoljnu temperaturu (+ 30 ˚C), vrata i otvori se zatvaraju i pušta se u rad rashladni uređaj ploča u toku perioda od 18 uzastopnih časova. Ako rashladni uređaj ploča ima ciklični mehanizam rada, ukupno vreme rada uređaja biće 24 časa. Ako je transportno sredstvo novo, posle prestanka rada rashladnih uređaja, a kada je postignuta temperatura predviđena za tu klasu transportnog sredstva, u komori transportnog sredstva se pušta u rad grejni uređaj snage 35% od toplote razmenjene kroz zidove pri stalnom režimu. Za vreme ispitivanja ne vrši se ponovo zaleđivanje rastvora.

- Za transportna sredstva opremljena sistemima sa tečnim gasom koristi se sledeći postupak ispitivanja: kada srednja unutrašnja temperatura komore transportnog sredstva dostigne srednju spoljnu temperaturu (+ 30 ˚C), spremnici za tečni gas se pune do nivoa propisanog od strane proizvođača. Vrata, priključci i drugi otvori se zatvaraju kao u normalnom radu, a uređaji za unutrašnje provetravanje (ukoliko postoje) se stavljaju u pogon do svog najvećeg opterećenja. Termostat treba podesiti na temperaturu najmanje 2 K manju od granične temperature za klasu kojoj transportno sredstvo pripada. Tada se započinje sa hlađenjem. Za vreme hlađenja

komore transportnog sredstva potrebno je menjati utrošeno rashladno sredstvo. Zamena se vrši posle kraćeg od dva perioda: Period od početka hlađenja do trenutka u kojem je po prvi put dostignuta temperatura propisana za klasu za koju se smatra da joj transportno sredstvo pripada; Period od tri sata od početka hlađenja.

Po isteku tog perioda ne treba dodavati rashladno sredstvo za vreme ispitivanja.

U slučaju novog transportnog sredstva, u trenutku kada se dostigne temperatura propisana za klasu za koju se smatra do joj transportno sredstvo pripada, unutar komore transportnog sredstva se stavlja u rad grejni uređaj snage jednake 35% od razmenjene toplote kroz zidove u stalnom režimu.

Merenje srednje spoljne i srednje unutrašnje temperature komore transportnog sredstva vrši se najmanje svakih trideset minuta.

Ispitivanje se obavlja u toku 12 časova od trenutka kada srednja unutrašnja temperatura komore transportnog sredstva dostigne donju granicu propisanu za klasu za koju se smatra da joj pripada transportno sredstvo (A = + 7 ˚C; B = - 10 ˚C; C = - 20 ˚C; D = 0 ˚C) ili za transportna sredstva sa eutektičkim fiksnim pločama pošto rashladni uređaj prestane sa radom.

Ispitivanje će biti zadovoljavajuće ako tokom gorenavedenog perioda od 12 časova srednja unutrašnja temperatura komore transportnog sredstva ne pređe gorenavedenu donju granicu.

Transportna sredstva - hladnjače

Kada srednja unutrašnja temperatura komore dostigne spoljnu temperaturu (+30 ˚C), vrata, kapci i razni otvori se zatvaraju i rashladni uređaj kao i uređaji za unutrašnje provetravanje (ako postoje), stavljaju se u pogon do njihovog najvećeg opterećenja. Osim toga, za nova transportna sredstva, u trenutku kada se dostigne temperatura propisana za klasu za koju se smatra da joj transportno sredstvo pripada, unutar komore transportnog sredstva se stavlja u rad grejni uređaj snage jednake 35% od razmenjene toplote kroz zidove u stalnom režimu.

Srednja spoljna i srednja unutrašnja temperatura komore transportnog sredstva mere se najmanje svakih 30 minuta.

Ispitivanje se nastavlja tokom 12 časova od trenutka kada srednja unutrašnja temperatura komore transportnog sredstva dostigne:

- bilo donju granicu propisanu za klasu kojoj, kako se pretpostavlja, pripada transportno sredstvo ako se radi o klasama A, B ili C (A = 0 ˚C; B = - 10 ˚C; C = - 20 ˚C)
- bilo najmanje gornju granicu propisanu za klasu kojoj, kako se pretpostavlja, pripada transportno sredstvo ako se radi o klasama D, E ili F (D = 0 ˚C; E = - 10 ˚C; F = - 20 ˚C).

Ispitivanje će biti zadovoljavajuće ako je rashladni uređaj u stanju da održi za vreme ovih 12 časova režim predviđene temperature, pri čemu se ne uzimaju u obzir periodi automatskog odmrzavanja rashladnog uređaja.

Ako je rashladni uređaj, sa svim svojim pomoćnim uređajima, već nezavisno ispitan u smislu određivanja njegove korisne rashladne snage na propisanim referentnim temperaturama i pozitivno ocenjen od strane nadležnog organa, transportno sredstvo se može prihvatiti kao transportno sredstvo - hladnjača, bez ispitivanja efikasnosti ako je rashladna snaga uređaja za datu klasu veća od toplotnih gubitaka pri stalnom režimu kroz zidove komore pomnoženih faktorom 1,75.

Ako se rashladni uređaj zameni uređajem drugog tipa, nadležni organ može: Da zahteva da se transportno sredstvo podvrgne merenjima i proverama predviđenim postojećim propisima; Da se uveri da je korisna rashladna snaga novog uređaja, na temperaturi predviđenoj za tu klasu transportnih sredstava, ista ili veća od snage zamenjenog uređaja; Da se uveri da korisna rashladna snaga novog uređaja zadovoljava odredbe predviđene postojećim propisima.

Transportna sredstva za zagrevanje

Prazno transportno sredstvo stavlja se u ispitnu komoru čija se temperatura ujednačeno i stalno održava na što je moguće nižem nivou. Vazduh u ispitnoj komori treba da cirkuliše na način predviđen postojećim propisima.

Uređaji za merenje temperature, zaštićeni od zračenja, stavljaju se unutar i izvan komore transportnog sredstva na mestima predviđenim postojećim propisima.

Vrata, kapci i razni otvori se zatvaraju, a grejni uređaj, kao i uređaji za unutrašnje provetravanje (ukoliko postoje), stavljaju se u pogon do njihovog najvećeg opterećenja.

Srednja spoljna i srednja unutrašnja temperatura komore transportnog sredstva mere se najmanje svakih 30 minuta.

Ispitivanje se nastavlja u toku 12 časova od trenutka kada razlika između srednje unutrašnje temperature komore transportnog sredstva i srednje spoljne temperature dostigne vrednost koja odgovara uslovima propisanim za klasu kojoj, kako se pretpostavlja, pripada transportno sredstvo pri čemu se ta temperaturna razlika za nova transportna sredstva povećava za 35%.

Ispitivanje je zadovoljavajuće ako je grejni uređaj u stanju da u toku tih 12 časova održi propisanu razliku u temperaturi.

Merenje efektivne rashladne snage w_o uređaja kada u isparivaču nema smrzavanja

Kada se odnosi na kalorimetrijsku kutiju ili izotermičku komoru transportnog sredstva u neprekidnom radu, ova snaga se izražava formulom: $Wo = Wj + U \cdot \Delta T$

gde su: U - gubitak toplote kalorimetrijske kutije ili izotermičke komore transportnog sredstva izražen u W/˚C; ΔT - razlika između srednje unutrašnje temperature T_i i srednje spoljne temperature Te kalorimetra ili izolovane komore transportnog sredstva (K); W_j -odavana toplota koju utroši grejni uređaj sa ventilatorom kako bi održao sve temperaturne razlike u ravnoteži.

Rashladni uređaj se smešta u kalorimetrijsku kutiju ili izotermičku komoru transportnog sredstva.

U oba slučaja, toplotni gubici se mere preko srednje temperature zida pre merenja snage. Za vreme određivanja efektivne rashladne snage uvodi se aritmetički korekcioni faktor, baziran na iskustvu ispitne stanice, koji uzima u obzir prosečnu temperaturu zidova pri svakoj termičkoj ravnoteži.

Poželjno je koristiti kalibrisanu kalorimetrijsku kutiju kako bi se obezbedila maksimalna tačnost.

Postupak merenja je opisan u postojećim normama i propisima. Dovoljno je meriti samo gubitak toplote U, čija je vrednost definisana sledećim izrazom: $U = W/\Delta Tm$

gde su: W - grejna snaga (merena u W) odavana unutrašnjim grejačem i ventilatorima; ΔT_m - razlika između srednje unutrašnje temperature T_i i srednje spoljne temperature T_e; U - protok toplote po stepenu razlike između temperature vazduha unutar i izvan kalorimetrijske kutije ili transportnog sredstva mereno sa ugrađenim rashladnim uređajem.

Kalorimetrijska kutija ili transportno sredstvo se smešta u ispitnu komoru. Ako se koristi kalorimetrijska kutija, ΔT ne treba da bude veće od 35% od ukupnog toplotnog protoka W_o.

Kalorimetrijska kutija ili transportno sredstvo treba da budu pojačano izolovani.

Ispitne stanice treba da budu opremljene mernom opremom koja obezbeđuje merenje vrednosti U sa tačnošću od 5%. Gubici toplote kroz curenja vazduha usled nezaptivenosti ne treba da pređu 5% od ukupnog prenosa toplote kroz kalorometrijsku kutiju ili kroz izotermičku komoru transportnog sredstva. Rashladna snaga treba da bude određena sa tačnošću od ± 5%.

Merna oprema kalorimetrijske kutije ili transportnog sredstva treba da odgovara postojećim normama, standardima i propisima.

Potrebno je merenje sledećih veličina:

- Temperature vazduha (Najmanje četiri termometra ravnomerno raspoređenih na uvodnom otvoru isparivača; Najmanje četiri termometra ravnomerno raspoređenih na ispusnim otvorima iz isparivača; Najmanje četiri termometra ravnomerno raspoređenih na uvodnom otvoru, odnosno uvodnim otvorima rashladnog uređaja). Termometri treba da budu zaštićeni od zračenja.Tačnost sistema za merenje temperature treba da bude ± 0,2 K);
- Potrošnja energije (Potrebno je obezbediti opremu za merenje potrošnje električne energije ili goriva rashladnog uređaja. Potrošnju električne energije i goriva potrebno je odrediti sa tačnošću od ± 0,5%);
- Brzina obrtanja (Potrebno je obezbediti opremu za merenje brzine obrtanja kompresora i ventilatora ili način da se brzina obrtanja proračuna ukoliko je samo merenje nepraktično.

Brzinu obrtanja potrebno je odrediti sa tačnošću od ± 1%);

- Pritisak: Davače pritiska visoke rezolucije (tačnosti do ± 1%) potrebno je postaviti na hladnjak i isparivač i na uvodni otvor kompresora ako je isparivač opremljen sa regulatorom pritiska.

Prosečna temperatura vazduha na uvodnom otvoru (uvodnim otvorima) u sklop rashladnog uređaja treba da bude održavana na 30 ˚C ± 0,5 K. Maksimalna razlika između temperatura na najtoplijoj i najhladnijoj tački ne treba da pređe 2 K.

Unutar kalorimetrijske kutije ili izotermičke komore transportnog sredstva (na uvodnom otvoru u isparivač): treba da postoje tri nivoa temperatura između - 25 ˚C i + 12 ˚C zavisno od karakteristike uređaja, od kojih jedan nivo temperature treba da bude na najmanjoj propisanoj temperaturi za klasu koju zahteva proizvođač sa dozvoljenim odstupanjem od ± 1 K.

Srednja unutrašnja temperatura treba da bude održavana sa odstupanjem od ± 0,5 K. Za vreme merenja rashladne snage, toplotni gubici u kalorimetrijskoj kutiji ili izotermičkoj komori transportnog sredstva biće održavani na stalnom nivou sa odstupanjem od ± 1%.

Kada predaje rashladni uređaj na testiranje, proizvođač treba da priloži: Dokumentaciju koja opisuje ispitivani uređaj; Tehnički dokument koji sadrži parametre koji su najvažniji za funkcionisanje uređaja i koji definiše njihove dozvoljene opsege; Karakteristike serije ispitivanog uređaja; Izjavu o tome koje će se pogonsko sredstvo, odnosno pogonska sredstva, koristiti za vreme ispitivanja.

Ispitivanje se sastoji iz dve glavne faze - faze hlađenja i faze merenja efektivne rashladne snage na tri rastuća temperaturna nivoa:

- Faza hlađenja - početna temperatura kalorimetrijske kutije ili transportnog sredstva treba da iznosi 30 ˚C ± 3 K. Ona se potom smanjuje do sledećih vrednosti: - 25 ˚C za klasu - 20 ˚C, - 13 ˚C za klasu - 10 ˚C ili - 2 ˚C za klasu 0 ˚C;
- Merenje efektivne rashladne snage na svakom nivou unutrašnje temperature.

Prvo ispitivanje se obavlja u trajanju od najmanje četiri časa za svaki temperaturni nivo, uz korišćenje termostata (u sklopu rashladnog uređaja) da bi se stabilizovao prenos toplote između unutrašnjosti i spoljašnosti kalorimetrijske kutije ili transportnog sredstva.

Drugo ispitivanje obavlja se bez korišćenja termostata u cilju određivanja maksimalne rashladne snage, sa grejnom snagom unutrašnjeg grejača koja obezbeđuje uslove ravnoteže pri svakom nivou temperature, kao što je propisano postojećim normama, standardima i propisima.

Drugo ispitivanje se izvodi u trajanju od najmanje četiri časa.

Pre prelaska sa jednog na drugi temperaturni nivo, kalorimetrijsku kutiju ili uređaj je potrebno ručno odmrznuti.

Ukoliko rashladni uređaj može biti pogonjen sa više oblika energije, potrebno je obaviti ispitivanje sa svakim od tih oblika.

Ako je kompresor pogonjen motorom vozila, ispitivanje se obavlja na minimalnom i na nominalnom broju obrtaja kompresora koje je propisao proizvođač.

Ako je kompresor pogonjen kretanjem vozila, ispitivanje se obavlja na nominalnom broju obrtaja kompresora koji je propisao proizvođač.

Isti postupak se primenjuje i ispitivanju razlike entalpija, sa tom specifičnošću što je potrebno meriti rasipanje toplotne snage na ventilatorima isparivača pri svakom temperaturnom nivou.

Taj metod se može, alternativno, koristi i za ispitivanje reprezenta tipa transportnog sredstva. U tom slučaju efektivna rashladna snaga se dobija množenjem masenog protoka (m) rashladne tečnosti sa razlikom entalpije rashladne pare na izlazu iz uređaja (ho) i entalpije tečnosti na uvodnom otvoru uređaja (hi).

Da bi se dobila efektivna rashladna snaga, potrebno je oduzeti toplotu koju generišu ventilatori isparivača (Wf). Merenje Wf je otežano u slučaju kad su ventilatori isparivača pogonjeni spoljnim motorom i u tom slučaju korišćenje metoda entalpije nije preporučljivo. Ako su ventilatori pogonjeni unutrašnjim električnim motorima, električna snaga se meri odgovarajućim instrumentima sa tačnošću od ± 3%, uz merenje protoka rashlađivača sa tačnošću od ± 3%.

Toplotni bilans dat je izrazom: $W_o = (h_o - h_i)m - W_f$.

Odgovarajuće metode su opisane u standardima ISO 971, BS 3122, DIN, NEN, itd. Električni grejač se postavlja unutar transportnog sredstva kako bi se postigla termička ravnoteža.

Pošto se ispitivanja efektivne rashladne snage obavljaju sa isključenim termostatom rashladnog uređaja, treba preduzeti sledeće mere predostrožnosti: Potrebno je isključiti sistem za ubrizgavanje toplog gasa, ukoliko ga transportno sredstvo poseduje; Ukoliko postoji automatska kontrola koja isključuje pojedinačne cilindre (radi podešavanja snage u zavisnosti od izlazne snage motora) ispitivanje je potrebno obaviti sa brojem cilindara koji odgovara datoj temperaturi.

Potrebno je proveriti sledeće stavke i u izveštaju o ispitivanju navesti korišćene metode. Pri ispitivanju neophodno je proveriti: Da li sistem za odmrzavanje i termostat ispravno funkcionišu; Da li je brzina strujanja vazduha ona koju je propisao proizvođač. Ako se meri cirkulacija vazduha ventilatora isparivača rashladnog uređaja, koristiće se metode koje omogućavaju merenje ukupne izlazne zapremine. Preporučuje se korišćenje jednog od relevantnih standarda, na primer BS 848, ISO 5801, AMCA 210-85, DIN 24163, NFE 36101, NF X10.102 i DIN 4796.

Pri ispitivanju se koristi rashladno sredstvo koje je odredio proizvođač.

Rashladna snaga prema zahtevima ATP-a [1] je ona koja odgovara srednjoj temperaturi na ulaznom otvoru (ulaznim otvorima) isparivača. Instrumenti za merenje temperature treba da budu zaštićeni od zračenja.

3.4. Provera izotermije transportnog sredstva u upotrebi

U svrhu provere izotermije svakog pojedinačnog transportnog sredstva u upotrebi, kao što je propisano važećim propisima, nadležni organ može: Primeniti definisane metode; ili

Odrediti stručnjake čiji je zadatak da procene podesnost transportnog sredstva da se zadrži u datoj klasi ili pređe u neku drugu klasu. Ti stručnjaci treba da uzmu u obzir preporuke koje su date u nastavku ovoga rada i zasnuju svoje zaključke na informacijama kako je nadalje precizirano u radu.

Pregled treba da ima formu inspekcije transportnog sredstva u cilju utvrđivanja sledećih stavki: Postojanje trajne proizvođačke pločice koju postavlja proizvođač; Opštu konstrukciju izolacione obloge; Metod

postavljanja izolacije; Prirodu i stanje zidova; Stanje izolovanog odeljka; Debljinu zidova; potrebne provere u vezi sa izotermijom transportnog sredstva. Da bi se to obavilo, stručnjaci mogu zatražiti da se deo transportnog sredstva demontira i zahtevati da im se na uvid stavi sva dokumentacija koja im je potrebna (crteži, izveštaji o ispitivanju, specifikacije, fakture, itd.).

Pregled zaptivenosti vazduha (nije primenljivo na cisterne) obavlja pregledač smešten u transportno sredstvo, koje se nalazi u jako osvetljenom prostoru. Može se, takođe, koristiti bilo koji drugi metod koji obezbeđuje tačnije rezultate.

Ako su zaključci u pogledu opšteg stanja komore povoljni, transportno sredstvo se može zadržati u upotrebi kao izotermičko transportno sredstvo njegove početne klase za dalji period ne duži od tri godine. Ako zaključci stručnjaka nisu prihvatljivi, transportno sredstvo se može zadržati u upotrebi samo nakon zadovoljavajućeg merenja koeficijenta K shodno postupku opisanom u važećim propisima i normasma. Tada može biti zadržano u upotrebi u toku narednih šest godina.

U slučaju pojačanog izotermičkog transportnog sredstva, ako zaključci stručnjaka pokazuju da nije pogodno za zadržavanje u upotrebi u njegovoj početnoj klasi, ali jeste pogodno za upotrebu kao obično izotermičko transportno sredstvo, onda se komora može zadržati u upotrebi u odgovarajućoj klasi u toku naredne tri godine. U tom slučaju postojeće oznake za raspoznavanje treba zameniti odgovarajućim.

Ako se transportno sredstvo sastoji od sklopova serijski proizvedenih transportnih sredstava određenog tipa koji zadovoljavaju delimično zahteve važećih propisa i pripadaju jednom vlasniku, tada pored pregleda svakog pojedinačnog transportnog sredstva, koeficijent K može biti meren na ne manje od 1% broja razmatranih transportnih sredstava, u skladu sa odredbama važećih propisa. Ako su rezultati provere i merenja prihvatljivi, sva razmatrana transportna sredstva mogu biti zadržana u upotrebi kao izotermička transportna sredstva njihove početne klase u toku narednih šest godina.

3.5. Provera efektivnosti toplotnih uređaja transportnih sredstava u upotrebi

U pogledu provere efektivnosti toplotnog uređaja svakog rashladnog transportnog sredstva, transportnog sredstva - hladnjače ili transportnog sredstva za zagrevanje u upotrebi, propisane postojećom zakonskom regulativom, nadležni organ može: Primeniti metode opisane u važećim propisima; ili da ovlasti stručnjake da primenjuju metode opisane važećim propisima uz poštovanje sledećih odredbi:

- Rashladna transportna sredstva osim transportnih sredstava sa fiksnim eutektičkim akumulatorima

Proveriće se da li unutrašnja temperatura praznog transportnog sredstva, koja je prethodno dovedena do spoljne temperature, može da se dovede na graničnu temperaturu za klasu transportnih sredstava propisanu u ovom prilogu i da se održava ispod ove temperature, u trajanju t kada je: $t \geq 12 \cdot \Delta T / \Delta T'$

gde su: ΔT- razlika između + 30 ˚C i ove granične temperature, i $\Delta T'$- razlika između srednje spoljne temperature za vreme ispitivanja i spomenute granične temperature, pod uslovom da spoljna temperatura nije manja od + 15 ˚C.

Ako su rezultati povoljni, transportna sredstva se mogu zadržati u upotrebi kao rashladna u svojoj prvobitnoj klasi, za novi period u trajanju od najviše 3 godine.

- Transportna sredstva - hladnjače

Proverava se da li je transportno sredstvo konstruisano jednu godinu posle stupanja na snagu važećih odredbi za ovakva vozila.

Proverava se da li, kada spoljna temperatura nije niža od +15 ˚C, unutrašnja temperatura praznog transportnog sredstva može biti dovedena na temperaturu klase u okviru maksimalnog perioda (u minutima), kao što je propisano u donjoj tabeli:

Spoljna temperatura	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	˚C
Klasa C, F	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	min
Klasa B, E	270	262	253	245	236	228	219	211	202	194	185	177	168	160	151	143	min
Klasa A, D	180	173	166	159	152	145	138	131	124	117	110	103	96	89	82	75	min

Unutrašnja temperatura praznog transportnog sredstva mora prethodno biti dovedena na spoljnu temperaturu.

Ako su rezultati povoljni, transportno sredstvo se može zadržati u upotrebi kao transportno sredstvo - hladnjača u svojoj prvobitnoj klasi, za novi period u trajanju od najviše 3 godine.

Za transportna sredstva konstruisana pre stupanja na snagu važećih propisa primenjuju se sledeće odredbe:

Proveriće se da li se unutrašnja temperatura praznog transportnog sredstva, prethodno dovedena na spoljašnju temperaturu ne manju od + 15 ˚C, može dovesti, za najviše 6 časova: Za klase A, B ili C, do minimalne temperature klase transportnog sredstva propisane u ovom prilogu; Za klase D, E ili F, do granične temperature klase transportnog sredstva propisane u ovom prilogu.

Ako su rezultati povoljni, transportno sredstvo se može zadržati u upotrebi kao transportno sredstvo - hladnjača u svojoj prvobitnoj klasi, za novi period u trajanju od najviše 3 godine.

- Transportna sredstva za zagrevanje

Proveriće se da li razlika između unutrašnje temperature transportnog sredstva i spoljne temperature merodavne za klasu kojoj transportno sredstvo pripada, predviđena u ovom prilogu (22 K za klasu A i 32 K za klasu B) može biti dostignuta i održana najmanje 12 časova. Ako su rezultati povoljni, transportna sredstva se mogu zadržati u radu kao transportna sredstva za zagrevanje, u svojoj prvobitnoj klasi, za novi period u trajanju od najviše 3 godine.

Tačke na kojima se meri temperatura, zaštićene od zračenja, nalaze se unutar i sa spoljne strane komore transportnog sredstva.

Merenje unutrašnje temperature komore transportnog sredstva (T_i) se obavlja u najmanje 2 tačke koje se nalaze unutar komore transportnog sredstva na rastojanju od najviše 50 cm od prednjeg zida, 50 cm od zadnjih vrata na visini od najmanje 15 cm i najviše 20 cm iznad površine poda.

Merenje spoljne temperature komore transportnog sredstva (T_e) se obavlja u najmanje 2 tačke koje se nalaze na rastojanju od najmanje 10 cm od spoljnog zida tela i najmanje 20 cm od uvodnog otvora u kondenzator.

Kao konačna se uzimaju očitavanja u najtoplijoj unutrašnjoj i najhladnijoj spoljnoj tački.

Zajedničke odredbe za rashladna transportna sredstva, transportna sredstva - hladnjače i transportna sredstva za zagrevanje su:

- Ako su rezultati neprihvatljivi, rashladna transportna sredstva, transportna sredstva - hladnjače ili transportna sredstva za zagrevanje mogu se zadržati u upotrebi u svojoj prvobitnoj klasi samo ako u ispitnim stanicama uspešno prođu ispitivanja opisana u važećim propisima, ona se tada mogu zadržati u upotrebi, u svojoj prvobitnoj klasi, za novi period od 6 godina.

- Ako se transportno sredstvo sastoji od sklopova serijski proizvedenih rashladnih transportnih sredstava, transportnih sredstava-hladnjača ili transportnih sredstava za zagrevanje određenog tipa koji zadovoljavaju zahteve važećih propisa i pripadaju jednom vlasnika, tada pored pregleda toplotnih uređaja, u cilju da se utvrdi da li je njihovo opšte stanje zadovoljavajuće, određivanje efektivnosti rashladnog ili grejnog uređaja može da se izvrši u ispitnoj stanici prema odredbama važećih propisa na najmanje 1% od broja ovih transportnih sredstava. Ako su rezultati provere i merenja prihvatljivi, sva razmatrana transportna sredstva mogu biti zadržana u upotrebi kao transportna sredstva njihove početne klase u toku narednih šest godina.

4. USLOVI AKREDITOVANJA LABORATORIJE RADI ISPITIVANJA I KONTROLISANJA VOZILA ZA PREVOZ LAKOKVARLJIVIH NAMIRNICA

Pored zaheva za odobravanje, produžavanje, ili proširivanje akreditacije na odgovarajućem obrascu Instituta za akreditaciju Bosne i Hercegovine-BATA, neophodno je podneti i sledeća dokumenta: Dokumenti sistema upravljanja (poslovnik kvalitete, procedure, uputstva, pravilnici); Dokaze o pravnom statusu, vlasništvu i registriranom području djelatnosti; Prikaz prostorija za svaku lokaciju; Spisak osoblja; Izjava o nepristranosti; Izjava o poverljivosti; Organizacijska shema tijela koje podnosi zahtjev kao i shema iz koje se vidi njegovo mesto u okviru matične organizacije; Opis područja odgovornosti za svakog člana osoblja; Informacije o podugovaranju; Glavna lista internih i eksternih dokumenata sistema upravljanja; Izvještaj o internom auditu; Izvještaj o preispitivanju od rukovodstva; Dokaz o uplati administrativne takse za podnošenje zahtjeva za odobravanje / produžavanje / proširivanje akreditacije; Dokaz o uplati troškova obrade zahteva za odobravanje / produžavanje / proširivanje akreditacije; Izjava o zahtievanom području akreditacije; Izveštaj o samoocjenjivanju; Rizici po nepristrasnost; Izjava najvišeg rukovodstva inspekcijskog tijela o neovisnosti u vezi sa tipovima A, B, C ili dokaz o tome; Spisak osoblja koje je imenovano za potpisivanje izvještaja / certifikata o inspekciji; Kopija najmanje jednog izvještaja o inspekciji za svako područje i podpodručje inspekcije; Dokaz o osiguranju od odgovornosti; Pregled sudjelovanja u PT/ILC shemama – skraćeni izveštaj; Izvještaj o validaciji za nestandardne metode (ako su iste dio područja); Spisak referentnih materijala koji se primenjuju; Spisak opreme; Spisak referentnih etalona, ako se isti primenjuju, i certifikati o kalibraciji istih.

Da bi se telo akreditovalo, bilo kao kontrolno (prema standardu ISO 17020), bilo kao ispitna laboratorija (prema standardu ISO 17025), obavezno je uraditi, a potom i koristiti sledeća dokumenta sistema menadžmenta:

- Poslovnik sistema menadžmenta Laboratorije;

- Dokumenta postupaka: Postupak za upravljanje dokumentima i informacijama sistema menadžmenta; Postupak za upravljanje preventivnim i korektivnim merama; Postupak za vođenje evidencije o osoblju i sprovođenju obuke i stručnog usavršavanja; Postupak interne provere sistema menadžmenta; Postupak za nabavku opreme i usluga; Postupak za obezbeđenje validnosti rezultata ispitivanja; Postupak za izvođenje ispitivanja; Postupak za identifikaciju rizika po nepristrasnost.

- Dokumenta uputstava: Uputstvo za održavanje radnih prostorija i pristup stranih lica

Uputstvo za uzimanje, prijem, identifikaciju i odlaganje predmeta koji se ispituju/kontrolišu.

- Dokumenta zapisa: Evidencioni karton osoblja; Evidencioni karton opreme; Evidencioni karton uređaja; Zahtev za nabavku opreme i usluga; Izveštaj o formiranju i izmenama DSM; Zapisnik o preispitivanju sistema menadžmenta; Izveštaj o nadzoru; Godišnji plan internih provera sistema menadžmenta; Program interne provere sistema menadžmenta; Izveštaj o internoj proveri sistema menadžmenta; Plan etaloniranja i preventivnog održavanja; Izveštaj o obuci i stručnom usavršavanju zaposlenih; Plan obuke i stručnog usavršavanja zaposlenih

Registra neusaglašenosti i potencijalnih neusaglašenosti; Kontrolna lista za internu proveru sistema menadžmenta; Analiza rizika po nepristrasnost; Prijava mogućeg rizika po nepristrasnost; Lista odobrenih isporučilaca za usluge etaloniranja; Periodi etaloniranja; Evidencija prigovora i žalbi.

Komisija imenovana od strane Institute za akreditaciju BiH (BATA), proverava da li laboratorija, odnosno kontrolno telo, zadovoljava uslove da bude akreditovano, i na osnovu rezultata te provere predlaže Institutu za akreditaciju da pozitivno završi proces akreditacije kontrolnog tela.

Jednom uradjena prethodno navedena dokumenta, na primer za potrebe akreditacije i rada kontrolnog tela (prema standardu ISO 17020), mogu se koristiti i u procesu akreditacije i rada ispitne laboratorije prema standardu ISO 17025). Tokom rada kontrolnog tela, odnosno ispitne laboratorije, obavezno je strogo se pridržavati celokupnog sadržaja prethodno navedenih dokumenata, ali i vršiti njihovo ažuriranje, i o tome voditi urednu evidenciju.

5. LITERATURA

1. *Ekonomska komisija za Evropu, Komitet za unutrašnji transport ATP sa izmenama koje važe od 2. januara 2011., Sporazum o međunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz (ATP), Organizacija ujedinjenih nacija, Njujork i Ženeva, 2010., ECE/TRANS/219*
2. *Zakon o potvrdjivanju sporazuma o medjunarodnom prevozu lakokvarljivih namirnica i specijalnim sredstvima za njihov prevoz (ATP), Službeni glasnik RS-Medjunarodni ugovori, br. 10/2011*
3. *Uputstva za jednokratno ispitivanje motornih i priključnih vozila (Sl. list SR BiH, 10/89)*
4. *Pravilnik o certificiranju vozila i uvjetima koje organizacije za certificiranje vozila moraju ispuniti, Službeni glasnik BiH, 41/08, 89/11,6/12*
5. *Krstić B.(2009): Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac*
6. *EA IAF/ILAC-4:2004, EA IAF/ILAC Guidance on the Application of ISO/IEC 17020*
7. *Pravilnik o homologaciji vozila, dijelova uredjaja i opreme vozila, Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, 41/2008*
8. *Odluka o najnižim tehničkim zahtjevima za novoproizvedena i korištena vozila pri homologaciji tipa vozila i homologaciji pojedinačnog vozila, te za dijelove, uređaje i opremu vozila pri homologaciji tipa, Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, 17/2016*

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

METHODS OF REDUCING EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES FROM ICE- ENGINES

METODE SMANJENJA EMISIJE ŠTETNIH MATERIJA IZ SUS MOTORA

Milan Milotić[a], Slavko Đurić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Misica 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, milan.milotic@sf.ues.rs.ba, slavko.djuric@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *This work presents the methods used to reduce the emission of harmful substances from the ICE-engines.*

Two basic methods are presented: primary and secondary. The primary group includes: interventions on the fuel and air supply system and flue gas recirculation.

The secondary methods include: the use of fuel with a low mass fraction of sulfur, selective catalytic and selective non-catalytic reductions and reduction of emissions of harmful substances by using plasma.

Key words: *noise, substations, traffic, environmental protection*

Apstrakt*: U radu su prikazane metode koje se koriste za smanjenje emisije štetnih materija iz SUS motora. Prikazane su dvije osnovne metode i to: primarne i sekundarne.*

U primarnu grupu spadaju: intervencije na sistemu za dovod goriva i vazduha i recirkulaciju dimnih gasova.

U sekundarne metode spadaju: upotreba goriva sa malim masenim udjelom sumpora, selektivne katalitičke i selektivne nekatalitičke redukcije i smanjenje emisije štetnih materija pomoću plazme.

Ključne riječi: *buka, trafostanice, saobraćaj, zaštita životne sredine*

1. UVOD

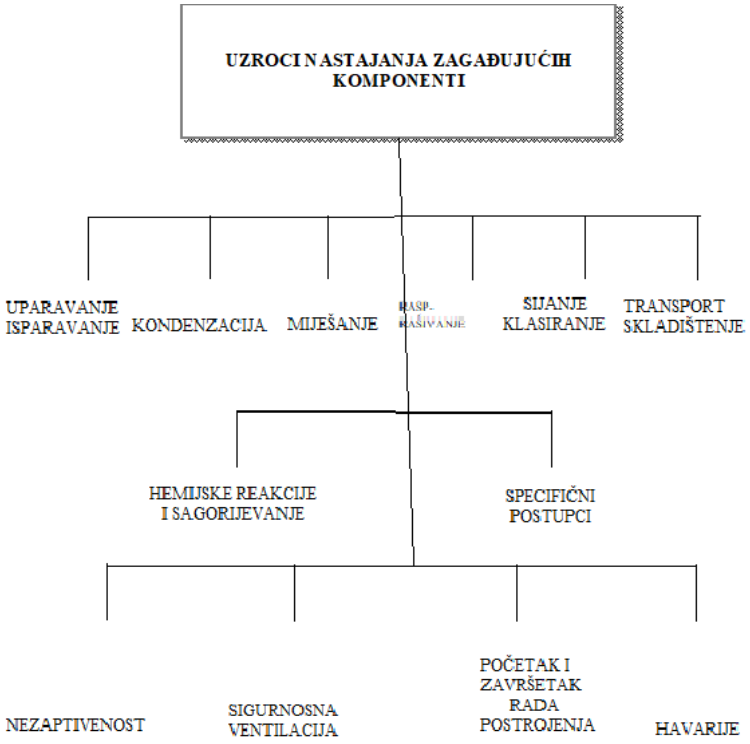
Potreba za energijom u svetu neprekidno raste. Zalihe fosilnih goriva (uglja, nafte i zemnog gasa) su sve manje. Prema nekim studijama procenjuje se da će sirova nafta trajati još oko 80 godina, gasovita goriva oko 150 godina a ugalj još oko 230 godina [1,2]. Upravo zbog ovih činjenica sve je veća potraga i potreba za alternativnim gorivima kao što su poljoprivredna i šumska biomasa, komunalni čvrsti otpad, otpadni automobilski pneumatici, otpadna ulja (transformatorsko i motorno) i drugi otpadni materijali. Ovo je posebno značajno za energetski sektor Bosne i Hercegovine zbog činjenice da se veliki procenat sirove nafte i gasa uvozi iz drugih zemalja. Masovno korišćenje drumskih vozila prouzrokuje brojne ekološke probleme. Pored emisije gasovitih zagađujućih komponenti (SO_x,NO_x,CO,CO_2), čađi i otpadni automobilski pneumatici imaju štetan uticaj na životnu sredinu. Proizvođači automobila stalno poboljšavaju performanse motora i emisija izduvnihgasova u cilju produžetka životnog veka automobila i zaštite životne sredine. Velike emisije benzinskih i dizel motora motiviše razvoj altrnativnih goriva. U poslednje vreme mnogi istraživači istražuju mogućnost korišćenja WTO kao alternativnog goriva za ditel motore. Istraživanja su rađena na jednocilindričnom četvorotaktnom motoru snage 4.4 kW i 5.7 kW maksimalnog pritiska u cilindru oko $86 \cdot 10^5$Pa[3,4].

U tom pogledu cilj ovog rada jeste prikaz metoda smanjenja emisije štetnih materija u izduvnim gasovima kod SUS motora. Poznavanje metoda i postupaka smanjenja emisije štetnih materija predstavlja polaznu osnovu u fazi projektovanja uređaja i aparata za smanjenje emisije što ima veliki praktičan značaj.

2. METODE SMANJENJA ŠTETNIH MATERIJA

Ako materije koje dospiju u životnu sredinu narušavaju funkcionisanje životne sredine i stvaranjem negativnih posljedica na čovjeka i okolinu onda se to smatra zagađivanjem životne sredine. Izvori zagađenja tj. procesi koji emituju te štetne materije nazivaju se zagađivači životne sredine.

Na slici1 prikazani su najznačajniji uzroci nastajanja zagađujućih komponenti a u tabeli 1 njihovo porijeklo. Iz tabele 1 se može uočiti da transortna sredstva spadaju u grupu (izvore) značajnih zagađivača životne sredine kao što su: drumski saobraćaj, željeznički saobraćaj, vazdušni saobraćaj brodski saobraćaj.



Slika 1: Najznačajniji uzroci nastajanja zagađujućih komponenti u induatriji[5]

Tabela 1: Važnije zagađujuće komponente i njihovo porijeklo[5]

Izvori zagađenja	Čvrste čestice		Gasovite komponente					
	Bezopasne po zdravlje	Opasne po zdravlje	Jedinjenja sumpora (svedeno na SO_2)	Organska jedinjenja (C_mH_n)	NO_x	CO	Cl,HCl, F,HF	Mirisi
Energetika	x		x		x	x		
Hemijska industrija	x	x	x	x	x	x	x	x
Industrija prerade uglja	x		x	x				x
Industrija cimenta	x		x		x			
Metalurška industrija	x	x	x		x	x	x	
Transportna sredstva	x	x		x	x	x		x
Pojoprivreda	x		x					x
Ložišta za Individualno grijanje	x	x	x	x	x	x		

Zbog negativnog uticaja emisije gasova i čvrstih čestica kod SUS motora na životnu sredinu a i zbog obaveze poštovanja zakonskih propisa potrebno je smanjiti emisije gasova i čvrstih čestica u granice dozvoljenih vrijednosti.

U praksi postoje dvije metode zasmanjenje emisije kod SUS motora i to:

- Primarne metode
- Sekundarne metode.

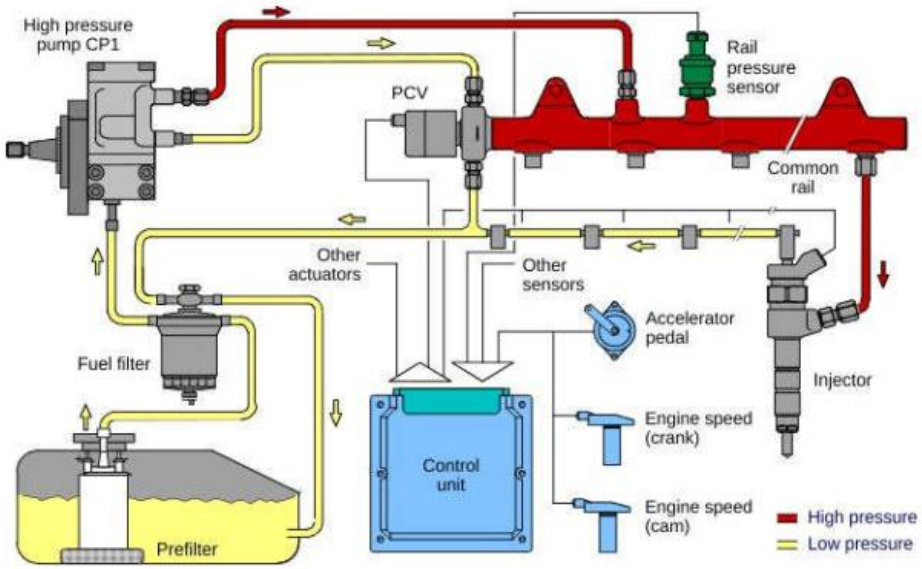
2.1. Primarne metode

2.1.1. Sistem ubrizgavanja goriva

Sistem ubrizgavanja goriva značajno utiče na smanjenje emisije štetnih materija, jer se pravilnim ubrizgavanjem goriva osigurava najbolje miješanje goriva sa vazduhom, a samim time i optimalno sagorijevanje u radnom prostoru motora. Ako se postupak ubrizgavanja vrši prije nego što klip dođe do gornje mrtve točke (GMT) dolazi do pojave stvaranja azotnih oksida, motor radi bučnije, te dolazi do povećane potrošnje goriva. Ukoliko se ubrizgavanje vrši kada klip prođe GMT riskira se nepotpuno sagorevanje goriva, a time se povećava stvaranje CO, čađi i ugljikovodika.

Kaoko se tokom godina povećavala svijest o zagađenju vazduha tako se proizvođačima automobila pod sve većim pritiscima o dozvoljenim emisijama izduvnih gasova regulacija ubrizgavanja goriva prebacila sa tradicionalne mehaničke na elektronsku regulaciju kao što je na primjer EDC (eng.Electronic Diesel Control), Common Rail I sl.

Primjena ovog sistema osigurava ubrizgavanje pod stalnim pritiskom, koji ne zavisi od brzine obrtanja motora, što kod drugih sistema ubrizgavanja nije slučaj. Za razliku od mehaničkih rješenja ovo je mnogo efikasnije, jeftinija i jednostavnije izvedbe (slika 2).



Slika 2: Common Rail sustav[6]

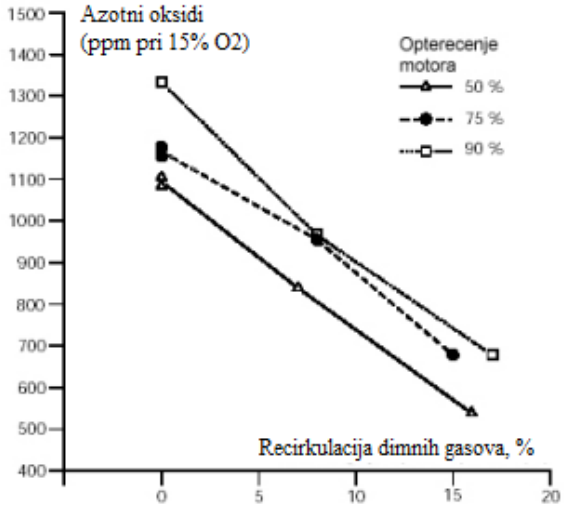
2.1.2. Nabijanje motora

Ova metoda omogućuje stvaranje kompresije usisnog vazduha koji u proctor za sagorijevanje ulazi preko usisnog ventila pod visokim pritiskom, kako bi na taj način pospješilo sagorijevanje veće količine goriva. Na taj način omogućuje se: povećanje snage, manje emisije štetnih materija i, smanjenje specifične potrošnje goriva, te povećanje stepena korisnosti motora. Za komprimiranje svježeg vazduha u proctor za sagorijevanje koristi se turbopunjač.

2.1.3. Recirkulacija dimnih gasova

Recirkulacija dimnih gasova predstavlja važnu ulogu za smanjenje štetnih materija nastalih u prostoru za sagorijevanje. Recirkulacija dijela izduvnih gasova motora omogućuje smanjenje emisije štetnih materija ponovnim sagorijevanjem, a posebno redukcijuNOx.

Ukoliko se na primjer recirkuliše 15% izudvnih gasova, rezultirajuća količina kisika u ulaznom vazduhu će se smanjiti s atmosferskih 21% na 18%, što će imati značajan utjicaj na stvaranje NOx. Može se računati da se sa 10% recirkulisanih izduvnih gasova smanjuje emisija NOx za 2 g/kWh. Ovom metodom može se smanjiti emisija NOx i do 80%, ali se povećava specifična potrošnja goriva i do 10% (slika 3).



Slika 3: Uticaj recirkulacije izduvnih gasova na emisiju NOx [7]

Postoje i mjere izvan motora koje najčešće uključuju smanjenje štetnih materija putem prečišćavanja izduvnih gasova nastalih radom motora. Takvo prečišćavanje obavlja se pomoću određenih hemijskih reakcija kao I prečišćavanje čvrstih čestica pomoću filtara.

Tokom sagorevanja goriva u reaktorskom prostoru odvijaju se sledeće hemiske reakcije:

Postoje i mjere izvan motora koje najčešće uključuju smanjenje štetnih materija putem prečišćavanja izduvnih gasova nastalih radom motora. Takvo prečišćavanje obavlja se pomoću određenih hemijskih reakcija kao i prečišćavanje čvrstih čestica pomoću filtara.

Tokom sagorevanja goriva u reaktorskom prostoru odvijaju se sledeće hemiske reakcije:

Za potpuno sagorijevanje ugljenika vrijedi reakcija[8]:

$$C + O_2 = CO_2 \quad (1)$$

$$1\ \text{kmol}\ C + 1\ \text{kmol}\ O_2 = 1\ \text{kmol}\ CO_2$$

$$12\ \text{kg}\ C + 22{,}4\ \text{m}^3\ O_2 = 22{,}4\ \text{m}^3\ CO_2, \quad /12$$

$$1\ \text{kg}\ C + 1{,}867\ \text{m}^3\ O_2 = 1{,}867\ \text{m}^3\ CO_2$$

Da bi potpuno sagorio 1 kg ugljenika potrebno je dovesti 1,867 m^3 kiseonika pri čemu će se dobiti 1,867 m^3 ugljen dioksida pri normnim uslovima ($1{,}013 \cdot 10^5$ Pa i 0 ^{0}C).

Ako je C maseni udio ugljenika u gorivu dobija se:

$$m_{CO2} = 3{,}667 \cdot C \quad \text{kg}(CO_2) / \text{kg(goriva)} \quad (2)$$

$$V_{CO2} = 1{,}867 \cdot C \quad \text{m}^3(CO_2) / \text{kg(goriva)} \quad (3)$$

gdje su:

m_{CO2} - masa ugljen dioksida u dimnim gasovima, kg(CO_2)/kg(goriva)

V_{CO2} - zapremina ugljen dioksida u dimnim gasovima,m3(CO_2)/kg(goriva)

Zbog manjka kiseonika ugljenik djelimično sagorijeva u ugljen monoksid prema hemijskoj reakciji:

$$C + 0{,}5\ O2 = CO \quad (4)$$

$$1\ \text{kmol}\ C + 0{,}5\ \text{kmol}\ O_2 = 1\ \text{kmol}\ CO$$

$$12\ \text{kg}\ C + 11{,}2\ \text{m}^3\ O_2 = 22{,}4\ \text{m}^3\ CO, \quad /12$$

$$1\ \text{kg}\ C + 0{,}933\ \text{m}^3\ O_2 = 1{,}867\ \text{m}^3\ CO$$

Voda u dimnim gasovima stvara se od vlažnosti goriva, vlažnosti vazduha i sagorijevanjem vodonika.

Vodonik sagorijeva prema reakciji :

$$H_2 + 0{,}5\ O_2 = H_20 \quad (5)$$

$$1\ \text{kmol}\ H_2 + 0{,}5\ \text{kmol}\ O_2 = 1\ \text{kmol}\ H_2O$$

$$2\ \text{kg}\ H_2 + 11{,}2\ \text{m}^3\ O_2 = 22{,}4\ \text{m}^3\ H_2O,\ \ /2$$

$$1\ \text{kg}\ H_2 + 5{,}6\ \text{m}_3\ O_2 = 11{,}2\ \text{m}^3\ H_2O$$

Ako su H W maseni udjeli vodonika i vlage u gorivu iz prethodnih relacija dobija se:

$$m_{H2O} = 9 \cdot H + W \ \ \text{kg}(H_2O) / \text{kg(goriva)} \quad (6)$$

$$V_{H2O} = (22{,}4/18) \cdot (9 \cdot H + W) \ \ \text{m}^3(H_2O) / \text{kg(goriva)} \quad (7)$$

gdje su:
m_{H2O} – masa vode u dimnom gasu, kg(H_2O)/kg(goriva),
V_{H2O} – zapremina vode u dimnom gasu, m^3(H_2O)/kg(goriva)
Sagorijevanje sumpora odvija se prema reakciji[8]:

$$S + O_2 = SO_2 \quad (8)$$

$$1\ \text{kmol}\ S + 1\ \text{kmol}\ O_2 = 1\ \text{kmol}\ SO_2$$

$$32\ \text{kg}\ S + 22{,}4\ \text{m}^3\ O_2 = 22{,}4\ \text{m}^3\ SO_2,\ \ /32$$

$$1\ \text{kg}\ S + 0{,}7\ \text{m}^3\ O_2 = 0{,}7\ \text{m}^3\ SO_2$$

Ako je S maseni udio sumpora u gorivu dobija se:

$$m_{SO2} = (64 / 32) \cdot S = 2 \cdot S \ \ \text{kg}(SO_2) / \text{kg(goriva)} \quad (9)$$

$$V_{SO2} = (22{,}4 / 32) \cdot S = 0{,}7 \cdot S \ \ \text{m}^3(SO_2) / \text{kg(goriva)} \quad (10)$$

gdje su:
m_{SO2} - masa sumpor dioksida u dimnim gasovima, kg(SO_2) / kg(goriva),
V_{SO2}- zapremina sumpor dioksida u dimnim gasovima, m^3(SO_2) / kg(goriva).

2.2. Sekundarne metode

U sekundarne metode spada selektivna katalitička redukcija.

2.2.1. Selektivna katalitička redukcija

Selektivna katalitička redukcij (SKR) smanjuje emisiju NOx iz izduvnih gasova do ispod dozvoljenih graničnih vrijednosti. Emisije Nox-a redukuju se u iznosu od 85% - 95%. Reducirajuće sredstvo (urea) se ubrizgava u izduvne gasove pri temperaturi od 290-450 ºC. Karbanid se u izduvnim gasovima razlaže na amonijak, koji tada prolazi kroz proces katalizacije koji pretvara Nox na bezopasni azot i vodu. Proces se odvija po sljedećim formulama:

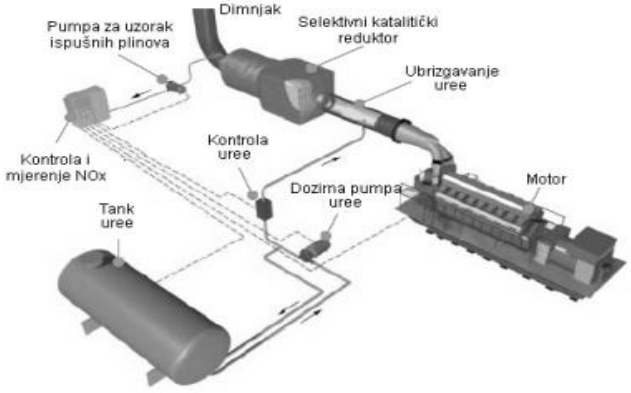
$$(NH_2)2CO + H_2O + \text{toplota} \rightarrow 2NH_3 + CO_2. \quad (11)$$

Nastala mješavina prolazi kroz katalizator, gdje se Nox pretvara u dušik i vodu:

$$4NO + 4NH_3 + O_2 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O, \quad (12)$$

$$6NO_2 + 8NH_3 \rightarrow 7N_2 + 12H_2O. \quad (13)$$

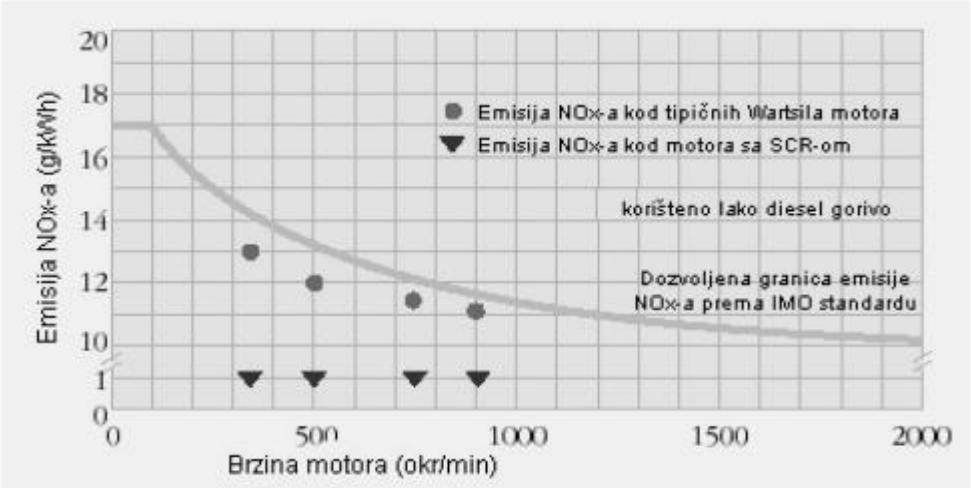
Šema selektivne katalitičke redukcije prikazana je naslici 4.



Slika 4: Šema selektivne katalitičke redukcije[9]

Smanjenje NOx-a će zavisiti od količine ubrizgane uree. Smanjenje emisije Nox se takođe može postići i povećanjem zapremine katalizatora. Na slici 5 prikazana je komparacija emisije Nox bez i sa katalitičkom redukcijom kod brodskog motora.

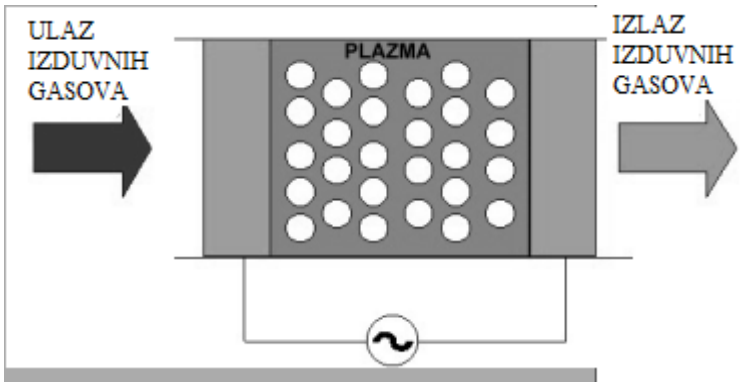
Uvođenjem SKR tehnologije povećava se cijena vozila, međutim opada potrošnja goriva pa dugoročno predstavlja isplativu investiciju, a posebno sa aspekta zaštite i očuvanja kvaliteta vazduha.



Slika 5: Komparacija emisije NOx bez i sa katalitičkom redukcijm [9]

2.3. Smanjenje emisije pomoću plazme

Plazma je jonizirani gas koji se sastoji od neutralne smjese atoma, molekula, slobodnih radikala, iona i elektrona. Električna energija se pretvara u energiju elektrona koji stvaraju slobodne radikale, koji uništavaju zagađivače u izduvnim gasovima. Na razvoju hladnog plazma sistema (HPS) koji radi pri atmosferskom pritisku, radi se već dugi niz godina. Danas se taj sistem već koristi za: prečišćavanje izduvnih gasova inceneratora, tretmane razgradnje smeća, filtriranje zraka, UV tretman smeća, a ova se tehnologija pokušava usavršiti i za upotrebu kod dizel-motora (slika 6). Dosadašnji eksperimenti pokazali su mogućnost smanjenja emisije Nox čak do 97% [10].



Slika 6: Plazma postupak [10]

3. ZAKLJUČAK

Sve strožiji propisi vezani za emisiju štetnih materija iz motora sa unutrašnjim sogorijevanjem nameću potrebu za pronalaženjem tehničkih rješenja kojima se emisija štetnih materija svodi na što je moguće manji nivo.

U radu su analizirane primarni, sekundarni i plazma postupci. Primarna metoda kojom se postiže najveće smanjenje emisije NOx je recirkulacija izduvnih gasova, kojom je moguće postići smanjenje emisije NOx i do 80%, ali uz povećanje potrošnje goriva od čak 10%.

Od sekundarnih metoda najefikasnija je metoda selektivne katalitičke redukcije kojom se postiže smanjenje emisije Nox od čak 85%-95%. Najjednostavnija i najjeftinija metoda za smanjenje emisije sumpor dioksida je upotreba goriva s malim postotkom sumpora.

Sistem smanjenja emisije pomoću plazme danas je još u fazi testiranja, ali su dosadašnji eksperimenti pokazali da bi se ovim sistemom koji je vrlo jednostavan moglo postići smanjenje emisije NOx do čak 97%. Jedino poštivanjem propisa i uvođenjem sistema za kontrolu emisije štetnih materija moguće je zaštititi okolinu koja je dosadašnjom nebrigom već znatno uništena.

4. LITERATURA

[1]World Energy Council, "New Renewable Energy Resources: A Guide to the Future",Kogan Page, London, England (1994).

[2] Jorge M. Pedraza., Current Status and Perspective in the Use of Natural Gas for Electricity Generation in the North America Region, Conventional Energy in North America, 155-209 (2019).

[3]Saidulu E., Dattatreya G.S.G., Performance evaluation and emission characteristics of a waste transformer oil as an alternative fuel for diesel engine, International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS), 4(2): 33-41 (2015).

[4] Qasim M., Ansari T.M., Hussain M., Combustion, Performance, and Emission Evaluation of a Diesel Engine with Biodiesel Like Fuel Blends Derived From a Mixture of Pakistani Waste Canola and Waste Transformer Oils, Energies, 10(7): 1007-1023 (2017).

[5] Slavko, Đ., Petko, S., Milan, M., Ekologija u saobraćaju, Saobraćajni fakultet Doboj, Tehnička knjiga, Doboj, (2017).

[6] https://www.dieselnet.com/tech/diesel_fi_common-rail_control.php, (15. 04. 2017).

[7] Lenac, K.,Metode smanjivanja emisije štetnih tvari s brodovaPomorstvo, god. 19. 11-27 (2005).

[8] Đorđević B., Valent V., Šerbanović S., "Exercise book in thermodynamics with thermotechnics", Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, Serbia (2001).

[9]Compact Selective Catalytic Reduction (Compact SCR), Wartsila Switzerland Ltd.

[10]http://www.cimac.com/workinggroups/wg5WebDocument/DieselEmissions_31Mar00.htm

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF PROFESSIONAL PRACTICE: A CASE STUDY AT THE FACULTY OF MARITIME STUDIES IN RIJEKA

ANALIZA PROVEDBE STRUČNE PRAKSE: STUDIJA SLUČAJA NA POMORSKOM FAKULTETU U RIJECI

Livia Maglić[a], Ana Perić Hadžić[a], Valentina Šutalo[a]

[a] *University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Studentska ulica 2, 51000 Rijeka, Croatia, livia@pfri.hr, ana@pfri.hr, sutalo@pfri.hr*

Abstract: *The paper presents the results of research conducted within the Pandora Project funded by the European Social Fund, which identified and analyzed existing modalities of professional practice at the Faculty of Maritime Studies, analyzed student satisfaction with the current modality of professional practice, analyzed the documentation of professional practice, shortcomings and limitations in the implementation of professional practice and suggested methods of improvement. Proposed methods of improvement were obtained by surveying students and employers. The results show that the organization of professional practice has no logistical-administrative support and is individualized, mechanisms for the evaluation of professional practice are not establish, an insufficient connection of the tripartite student-teacher-employer relationship leads to an underdeveloped mentoring system.*

Key words: *higher education, professional practice, maritime education, professional training, Faculty of Maritime Studies*

Sažetak: *U radu su prikazani rezultati istraživanja provedenog u okviru projekta Pandora financiranog od strane Europskog socijalnog Fonda gdje su identificirani i analizirani postojeći oblici provedbe stručne prakse na Pomorskom fakultetu, analizirano je zadovoljstvo studenta trenutnim oblicima provođenja stručne prakse, analizirana je dokumentiranost provedbe stručne prakse, prepoznati su nedostatci i ograničenja u provedbi stručne prakse te su predloženi načini unaprjeđenja. Predloženi načini unapređenja stručne prakse dobiveni su intervjuiranjem studenata i anketiranjem poslodavaca. Također, na institucionalnoj razini zabilježeni su određeni nedostaci i ograničenja poput činjenice da organizacija stručne prakse nema logističko-administrativnu podršku i često je individualizirana, nisu uspostavljeni mehanizmi vrednovanja različitih oblika stručne prakse te je prepoznata nedovoljna povezanost tripartitnog odnosa student – nastavnik – poslodavac koja rezultira nerazvijenim sustavom mentorstava.*

Ključne riječi: *visokoškolsko obrazovanje, stručna praksa, stručno osposobljavanje, Pomorski fakultet*

1. UVOD

Stručna praksa (SP) na Pomorskom fakultetu u Rijeci (PFRI) provodi se na 5 preddiplomskih i 5 diplomskih studija u okviru kolegija i samostalno kao zasebni kolegiji. Oblici stručne prakse koji se provode na Pomorskom fakultetu u Rijeci su: laboratorijske vježbe, rad na raznim simulatorima, rad na različitim računalnim programima i gostujuća predavanja. Oblici stručne prakse koja se provodi izvan fakulteta obuhvaćaju: vježbališta, navigaciju na školskom brodu, posjete pomorskim tvrtkama, lukama i terminalima te praksu u pomorskim poduzećima. Svi navedeni oblici prakse studentima omogućavaju stjecanje i razvijanje praktičnih znanja i vještina.

Od navedenih oblika provođenja nastave u prostorima fakulteta, posebno se ističe rad na raznim simulatorima koji imaju za cilj stjecanje znanja i vještina o poslovnim procesima na brodu i u luci. Važnost i uloga simulatora u pomorskom obrazovanju dokazana je kroz mnogobrojna znanstvena istraživanja. Tako je na primjer na Sveučilištu Minuto de Dios, Bogota, Tehničkom fakultetu u Münchenu te Sveučilištu Jugoistočne Norveške zaključeno da je korištenje simulatora u pomorskom obrazovanju i osposobljavanju bitna komponenta

za razvoj kompetencija pomoraca te utvrđeno da simulatori i virtualna stvarnost olakšavaju stjecanje praktičnih vještina te usvajanje novih znanja (Cervero, 1992; Pêa i dr., 2020).

Također, brojna druga istraživanja utvrdila su važnost provođenja različitih oblika stručne prakse na fakultetima koji rezultiraju povećanjem kompetencija studenata te samim time veće konkurentnosti istih na tržištu rada. Tako su sa odjela za odgojne i obrazovne znanosti Sveučilišta u Genovi zaključili su da održavanje praktikuma postupno utječe na refleksivnu praksu studenata što potiče usvajanje novih znanja (Bruno i dr., 2018). Angažiranje informiranih, kvalificiranih te zanimljivih gostujućih predavača igra važnu ulogu u aktivnom učenju studenata prema rezultatima Sveučilišta Edith Cown (Riebe i dr., 2013). Također, korištenje praktičnih primjera iz prakse prilikom predavanja gostujućih predavača znatno utječe na povećanje kompetencija studenata kako je zaključeno na Američkom sveučilištu za međunarodnu službu (Domask, 2007). Zaključno, Na Brjanskom državnom Tehničkom fakultetu i Sveučilištu u Aegeanu utvrđeno je da konstanto unapređenje kvalitete stručne prakse te studijskih programa u cijelosti pozitivno djeluje na profesionalni razvoj studenata (Pallis i dr., 2011; Simkin i dr., 2019).

Stručna praksa na Pomorskom fakultetu važna je komponenta kurikuluma, a prema provedenim istraživanjima potiče kreativnost studenata te olakšava usvajanje teorijskih i praktičnih znanja (Donnelly, 2004; Klenowski i dr., 2006; McCarthy, 2011). Znanja i vještine koje se stječu tijekom studiranja trebaju se na prihvatljiv i učinkovit način integrirati u poslovno okruženje i osigurati budućim diplomantima što bezbolnije i brže uključivanje u poslovne i radne procese po zapošljavanju u struci za koju su se obrazovali (Billett, 2009; Dall'Alba, 2004). Upravo zbog toga takav sustav omogućava usvajanje novih i praktičnih znanja specifičnih za radni proces ali i stjecanje raznih generičkih vještina i društvenih kompetencija kao što su: prilagodljivost, komunikativnost, timski rad, donošenje odluka, itd.

2. METODE

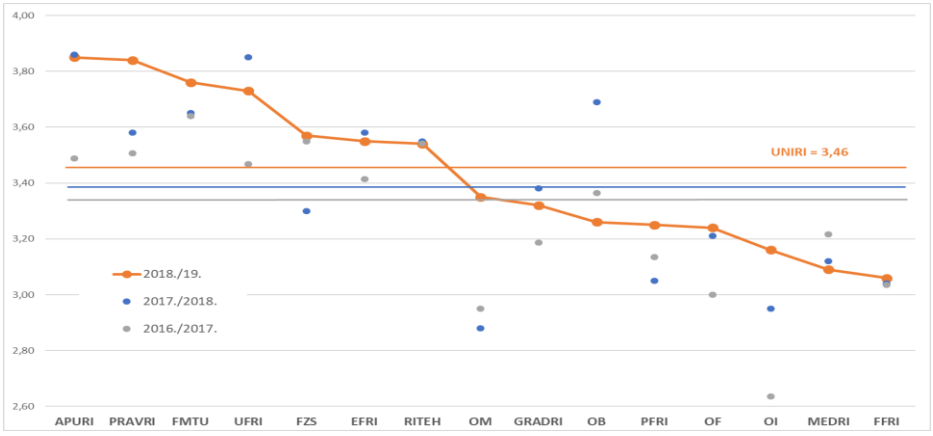
U provedi ovog istraživanja korištene su metode intervjuiranja i anketiranja.

Metoda intervjuiranja korištena je u sklopu radionica sa studentima, a sa ciljem prikupljanja mišljenja o zadovoljstvu studenata sa aktualnim načinima i oblicima provedbe stručne prakse. Za potrebe prikupljanja podataka, na Pomorskom fakultetu, održane su ukupno 3 radionice na kojima je sudjelovalo ukupno 50 studenata. U sklopu radionice intervjuirani studenti izražavali su vlastito pozitivno ili negativno mišljenje o pojedinim oblicima stručne koji se izvode na PFRI-u. Oblici stručne prakse koje su studenti vrednovali bili su: plovidbena praksa, rad na simulatoru, rad na poligonu/praktikumu, terenska nastava, stručna praksa kod poslodavaca i gostujuća predavanja. Razgovori sa pojedinim sudionikom trajali su cca 10 minuta. Odgovori su snimljeni bilježenjem. Nadalje, u sklopu radionica studenti su iznijeli mišljenja o načinima unapređenja postojeće stručne prakse, koja su prikazana u narednim poglavljima.

Obzirom da je jedan od najvažnijih modaliteta stručne prakse, stručna praksa kod poslodavca, za potrebe unapređenja tog modaliteta prakse provedeno je online anketiranje poduzeća čija je registrirana djelatnost u domeni pomorstva. Online upitnik izrađen je u Google Formsu, a sadržavao je 27 pitanja, od kojih je 11 pitanja zahtijevalo kratak odgovor ispitanika, 12 pitanja sa višestrukim izborom te 4 pitanja koja su se ocjenjivala na skali od 1 do 5. U anketnom upitniku sudjelovala su 33 poduzeća.

3. ZADOVOLJSTVO STUDENATA POMORSKOG FAKULTETA O PROVEDI STUČNE PRAKSE

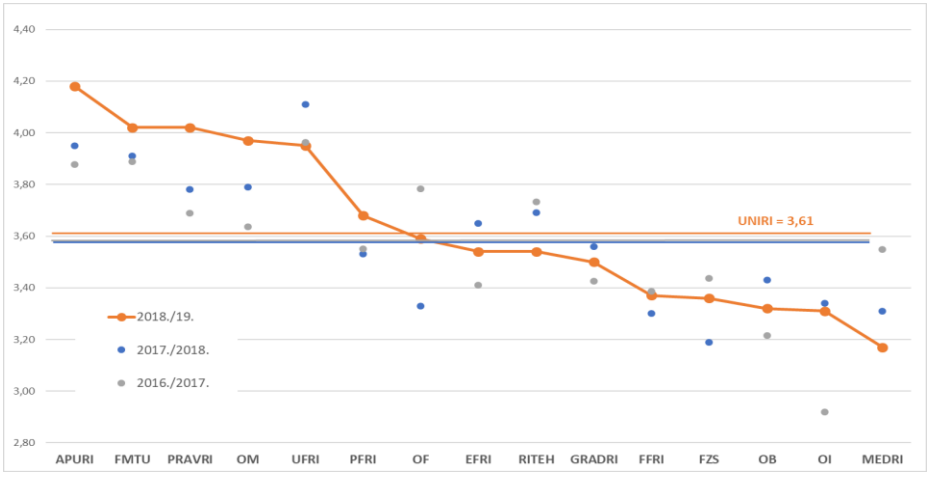
Centar za osiguravanje i unapređivanje kvalitete u skladu sa Strategijom Sveučilišta u Rijeci 2014.-2020. te u skladu s odredbama iz Priručnika za kvalitetu studiranja provodi od akademske godine 2014./15. ispitivanje zadovoljstva završenih studenata preddiplomskih, diplomskih i integriranih studija znanstveno-nastavnih sastavnica Sveučilišta u Rijeci, čija je sastavnica i Pomorski fakultet u Rijeci. Ispitivanje se provodi obuhvatom cijele populacije studenata, čime se dobivaju relevantni i pouzdani rezultati. Za akademsku godinu 2018/19. upitnik je ispunilo 257 studenta sa Pomorskog fakulteta, što predstavlja udio od 71 % studenata koji su završili preddiplomski i diplomski studij. U upitniku se ocjenjuju različiti aspekti studiranja na Pomorskom fakultetu među kojima je i aspekt praktičnih znanja i stručne prakse. Studenti koji su završili preddiplomski i diplomski studij u 2018/19 godini na Pomorskom fakultetu u Rijeci, najnižim ocjenama ocijenili su mogućnost stjecanja praktičnih kompetencija (grafikon 1), procjenu osposobljenosti za rad (grafikon 2) i pripremljenost za tržište (grafikon 3). Iz grafikona 1 vidljivo je da indeks zadovoljstva studenata Pomorskog fakulteta u Rijeci, u pogledu mogućnosti stjecanja praktičnih kompetencija, iznosi 3,15 što je znatno niže od prosjeka na sveučilišnog prosjeka koji je 3,46.



Grafikon 1 Mogućnost stjecanja praktičnih kompetencija

Izvor: Sveučilište u Rijeci, Analiza studentskog zadovoljstva za ak. god 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

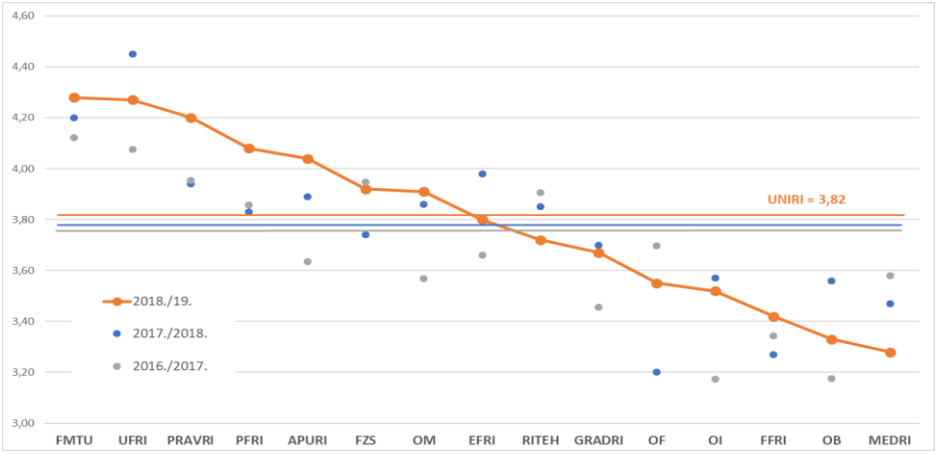
Nadalje, studenti koji su u navedenoj godini završili Pomorski fakultet u Rijeci, višom ocjenom od prosjeka Sveučilišta ocjenjuju njihovu osposobljenost za rad u struci (grafikon. 2). Prosječan indeks zadovoljstva na UNIRI je 3,61 dok na PFRI iznosi 3,67.



Grafikon 2 Procjena osposobljenosti za rad u struci

Izvor: Sveučilište u Rijeci, Analiza studentskog zadovoljstva za ak. god 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019.

Dodatno, iz grafikona 3 može se zaključiti da obzirom na pripremljenost za tržište rada, indeks zadovoljstva studenata na UNRI u akademskoj godini 2018/19 iznosi 3,82. Studenti na PFRI smatraju da je njihova pripremljenost za tržište rada dostatna sa indeksom zadovoljstva od 4,07.



Grafikon 3 Pripremljenost za tržište rada

Izvor: Sveučilište u Rijeci, Analiza studentskog zadovoljstva za ak. god 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019.

Iz sva tri prikazana grafikona može se zaključiti da u prikazane tri akademske godine PFRI revidiranjem studijskih programa, politika obrazovanja i sl., nastoji korigirati sve loše ocijenjene aspekte studiranja te se iz godine u godine indeks zadovoljstva studenta u pogledu praktičnih znanja i stručne prakse značajno pozitivno korigira. Mogućnost stjecanja praktičnih kompetencija tijekom nastojat će se poboljšati provođenjem projekta Pandora. U tom smislu studentima će se otvoriti mogućnosti za bolju pripremljenost za uključivanje u tržište rada kao i za bolju osposobljenost za rad u struci.

4. SMJERNICE ZA UNAPREĐENJE STRUČNE PRAKSE

U ovom dijelu rada prikazane su smjernice za unapređenje provedbe stručne prakse na Pomorskom fakultetu u Rijeci. Smjernice su dobivene od strane studenata Pomorskog fakuletat te od strane poslodavaca u sektoru pomorstva u sklopu projekta Pandora.

4.1. Smjernice za unapređenje stručne prakse prikupljenje na osnovu mišljenja studenata

Smjernice za unapređenje pojedinih modaliteta stručne prakse dobivene su na temelju mišljenja studenata prikupljenih tijekom intervjuiranja te su metodom sinteze sva mišljenja integrirana u kratke naglaske (tabela 1).

Tablela 1. Smjernice za unapređenje stučne prakse

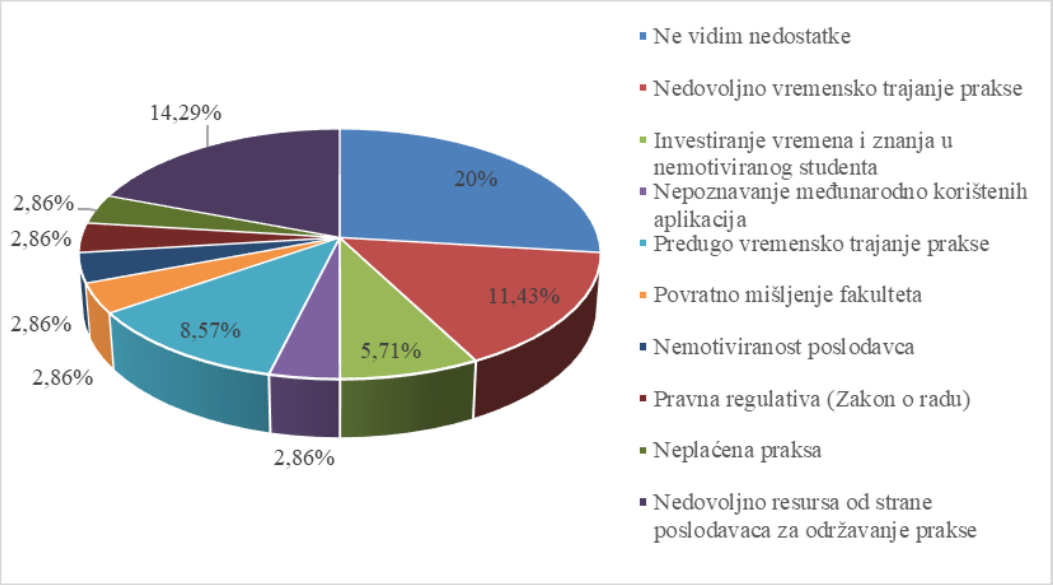
Izvor: izradili autori

MODALITET SP	SMJERNICE ZA UNAPREĐENJE SP
PLOVIDBENA PRAKSA	- potrebno je povećati fond sati, tj. dane boravka studenta na brodu - potrebno je unaprijediti vježbe unutar studijskih smjerova sa ciljem bolje pripremljenosti za Plovidbenu praksu - na studijskim smjerovima Brodostrojarstva i Elektorničke i informacijske tehnologije, potrebno osigurati više praktičnog rada - na studijskim smjerovima koji u sklopu prakse ne odlaze na školski brod potrebno organizirati odlaske u brodogradilište ili na brod
RAD NA SIMULATORU	- potrebno je povećati fond sati vježbi na simulatoru - potrebno je povećati broj kolegija koji koriste simulator - potrebno je osigurati veći broj različitih simulatora - potrebno je smanjiti broj studenata po grupama s ciljem povećanja kvalitete nastave.
RAD NA POLIGONU:	- potrebno je povećati fond sati odnosno dane boravka studenata na poligonima i praktikumima
TERENSKA NASTAVA	- potrebno je organizirati češće odlaske na terensku nastavu - potrebno ih bolje organizirati dodati više praktičnog rada. - terenske nastave u budućnosti bi trebali voditi djelatnici luka ili terminala, a ne profesori.
PRAKSA KOD POSLODAVCA	- potrebno je organizirati stručnu praksu kod poslodavca sa ciljem povećanja kompetencija studenata te samim time i povećanje njihove spremnosti za obavljanje radnih zadataka i izlazak na tržište rada.
GOSTUJUĆA PREDAVANJA	- potrebno je organizirati veći broj gostujućih predavanja - potrebno je organizirati gostujuća predavanja sa praktičnim primjerima

4.2. Smjernice za unapređenje stručne prakse prema mišljenju poslodavca

Obzirom da anketni upitnik sadrži 27 pitanja, u ovom dijelu rada izdvojena su najvažnija mišljenja koja prema autorima najviše doprinose unapređenju i podizanju kvalitete stručne prakse kod poslodavca.

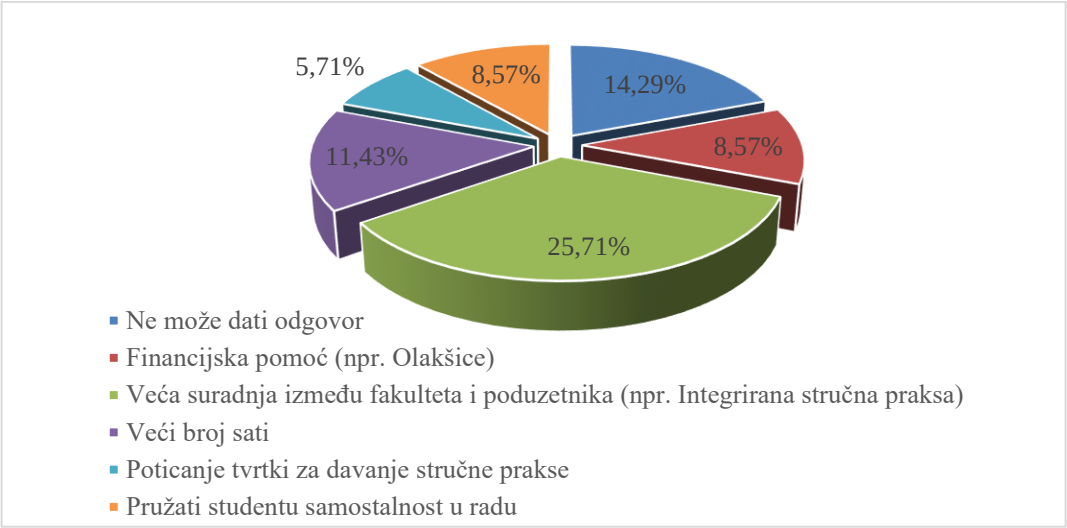
Na grafikonu 4. izražena su mišljenja poslodavaca o osnovnim nedostacima provođenja SP. Postotak tvrtki koje ne vide nikakve nedostatke u provođenju stručne prakse iznosi 20%. Glavni nedostatak za 14,29% poslodavaca je nedovoljan broj resursa od strane poslodavaca za održavanje stručne prakse. Nedovoljno vremensko trajanje prakse je glavni nedostatak za 11,43% tvrtki, a 8,57% tvrtki smatra da je to predugo vremensko trajanje prakse. Za 5,71% tvrtki je glavni nedostatak utrošak vremena i znanja u nemotivirane studente. Nepoznavanje međunarodno korištenih aplikacija smatra za nedostatak 2,86% tvrtki dok 2,86% tvrtki smatra da je to povratno mišljenje fakulteta. Nemotiviranost poslodavaca je glavni nedostatak za 2,86% tvrtki, pravna regulativa (Zakon o radu) za 2,86% tvrtki te neplaćena praksa za isti postotak tvrtki.



Grafikon 4. Osnovni nedostaci provođenja stručne prakse prema mišljenju poslodavaca

Izvor: izradili autori

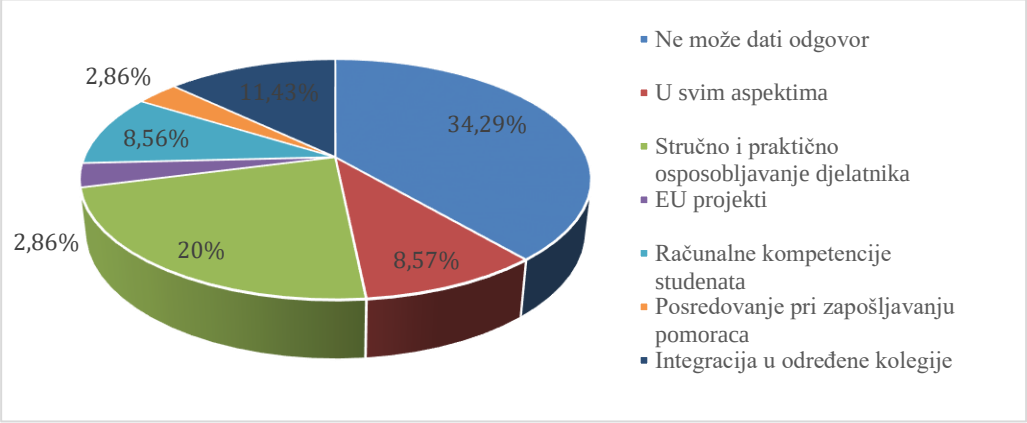
Grafikon 5. prikazuje mišljenja poslodavaca na temu načina unaprijeđena stručne prakse. Njih 25,71% smatra da jedan od mogućih načina za unaprjeđenje Stručne prakse veća suradnja između fakulteta i poduzetnika. Veći fond sati stručne prakse je mišljenje 11,43% tvrtki. Financijska pomoć kao način za unaprjeđenje stručne prakse je odgovor 8,57% tvrtki. Pružanje studentu samostalnost u radu je način za unaprjeđenje stručne prakse prema mišljenju 8,57% tvrtki. Poticanje tvrtki za davanje stručne prakse studentima mišljenje je 5,71% tvrtki, dok 14,29% tvrtki nije moglo dati odgovor na ovo pitanje.



Grafikon 5. Mogući načini i unaprjeđenja stručne prakse prema mišljenju poslodavaca

Izvor: izradili autori

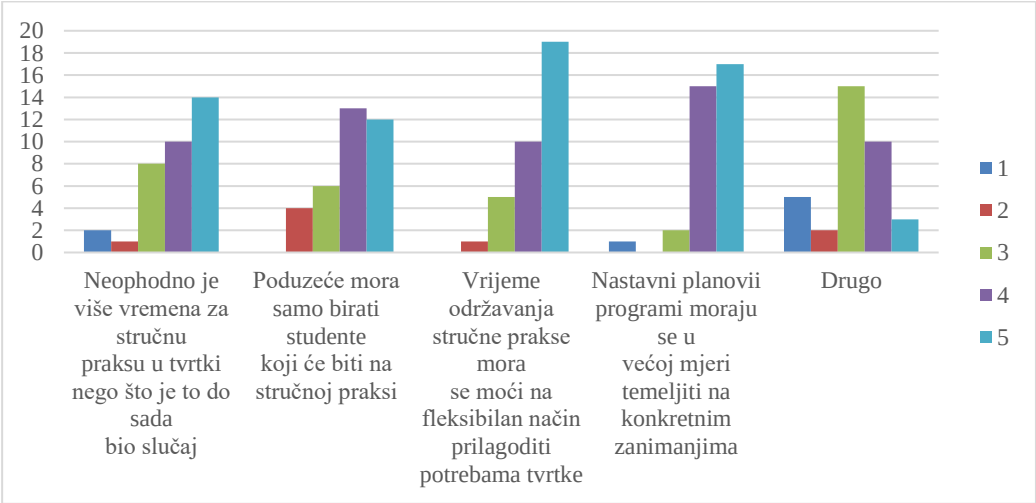
Na grafikonu 6. vidljivi su odgovori na pitanja koje od navedenih aktivnosti bi prema mišljenju ispitanika utjecale na poboljšanje stručne prakse u kojima bi tvrtke imale interesa za sudjelovanje u suradnji sa PFRI-em. Većina tvrtki, tj. njih 34,29% nije moglo dati odgovor na ovo pitanje. Interes za suradnju u području stručnog i praktičnog osposobljavanja djelatnika ima 20% tvrtki. Interes za suradnju s PFRI-em u integraciji u određene kolegije izrazilo je 11,43% tvrtki. Sudjelovanje u svim aspektima aktivnosti u suradnji sa PFRI-em za poboljšanje stručne prakse stav je 8,57% tvrtki. Za sudjelovanje u aktivnosti koja bi unaprijedila računalne kompetencije studenata zainteresirano je 8,56% tvrtki. Sudjelovanje u EU projektima odabir je 2,86% tvrtki, a isti postotak tvrtki je zainteresiran za posredovanje pri zapošljavanju pomoraca s ciljem poboljšanja stručne prakse.



Grafikon 6. Aktivnosti za poboljšanje stručne prakse u kojima bi tvrtke imale interes za suradnjom sa PFRI-em

Izvor: izradili autori

Grafikon 7. prikazuje mišljenja poslodavaca o tome kakva bi trebala biti stručna praksa.



Grafikon 7. Smjernice za provođenje stručne prakse prema mišljenju poslodavaca

Izvor: izradili autori

Anketno pitanje je podijeljeno u pet kategorija, koje se ocjenjuju ocjenama od 1 – u potpunosti se ne slažem do 5 – u potpunosti se slažem, a kategorije su sljedeće:

- „Neophodno je više vremena za stručnu praksu u tvrtki nego što je to do sada bio slučaj“ (većina poslodavaca (njih 14) smatra da je prikladna ocjena za ovu kategoriju 5),
- „Poduzeće mora samo birati studente koji će biti na stručnoj praksi“ (većina poslodavaca (njih 13) smatra da je prikladna ocjena za ovu kategoriju 4),
- „Vrijeme održavanja stručne prakse mora se moći na fleksibilan način prilagoditi potrebama tvrtke“ (većina poslodavaca (njih 19) smatra da je prikladna ocjena za ovu kategoriju 5),
- „Nastavni planovi i programi moraju se u većoj mjeri temeljiti na konkretnim zanimanjima“ (većina poslodavaca (njih 17) smatra da je prikladna ocjena za ovu kategoriju 5), te
- „Drugo“ (većina poslodavaca (njih 15) smatra da je prikladna ocjena za ovu kategoriju 3).

Dakle, prema rezultatima ankete najbitnije stavke za većinu poslodavaca jesu fleksibilnost vremenskog održavanja stručne prakse, temeljenje nastavnih planova i programa u većoj mjeri na konkretnim zanimanjima te više vremena za stručnu praksu u tvrtki.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na temelju provedene analize i prikupljenih mišljenja od najvažnijih dionika stručne prakse, studenata i poslodavaca, razvidno je da još uvijek postoji mnoštvo ograničenja i nedostataka u provedbi stručne prakse na Pomorskom fakultetu u Rijeci.

Nadalje, na razini problemske analize identificirana su dodatna ograničenja u implementaciji stručne prakse koja najvećim dijelom se odnose na institucionalne nedostatke:

- Organizacija stručne prakse nema logističko-administrativnu podršku i često je individualizirana.
- Nisu uspostavljeni mehanizmi vrednovanja stručne prakse.
- Nedovoljan interes poslodavaca za obavljanje stručne prakse. Dominantan udio mikro i malog poduzetništva, kao posljedica međunarodne segmentacije pomorskog tržišta što ograničava prostor masovnijeg upućivanja studenata na praksu kod poslodavaca.
- Nerazvijen sustav mentorstva, zajedničkih istraživanja i nedostatak završnih i diplomskih radova nastalih u suradnji sa gospodarstvom.
- Financijska ograničenja prilikom nabavke jednakovrijednih komplementarnih sustava za stjecanje praktičnih znanja i vještina.
- Nedostatak sistemskog povezivanja u trokutu poslodavac-nastavnik-student što rezultira nedostatkom diplomskih radova u suradnji sa poslodavcima.

Važan input u kreiranju smjernica za unapređenje stručne prakse dobiven je od strane poslodavaca koji do sada nisu imali prilike sudjelovati i kreirati, a ponajmanje utjecati na kvalitetu i provedbu praktične nastave.

Na temelju iznesenih stavova i mišljenja poslodavaca koji su sudjelovali u anketi u sklopu projekta Promicanje izvrsnosti vještina za tržište rada kroz institucionalizaciju stručne prakse u pomorskom obrazovanju – PANDORA, dobivene su smjernice na temelju kojih je moguće unaprijediti kvalitetu provođenja stručne prakse za studente Pomorskog fakultet u Rijeci.

Anketirani poslodavci iskazali su mišljenje o nedostacima provođenja stručne prakse čime su direktno dali uvid u područja znanja i vještina koje trebaju biti dio novih studijskih programa i/ili usavršavanju već postojećih.

Nadalje, poduzeća su izrazile zainteresiranost za moguću suradnju sa Pomorskim fakultetom u određenim aktivnostima, kako bi se zajedničkim snagama dovela stručna praksa studenata na višu razinu te su dali svoje osobno mišljenje o tome kako bi stručna praksa trebala izgledati.

Na temelju podataka dobivenih direktno od poduzeća koja provode i/ili provodile su i/ili bi provodile stručnu praksu dobiva se polazišna točka za daljnje usavršavanje i oblikovanje stručne prakse na Pomorskom fakultetu u Rijeci što može uvelike utjecati na samu kvalitetu stručne prakse, ali i zadovoljstvo svih sudionika u procesu provođenja stručne prakse.

6. LITERATURA

Analiza studentskog zadovoljstva za ak. god. 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, Sveučilište u Rijeci

Billett, S. (2009). Realising the educational worth of integrating work experiences in higher education. Studies in Higher Education, 34(7), 827–843. doi: 10.1080/03075070802706561

Bruno, A., & Dell'Aversana, G. (2018). Reflective practicum in higher education: The influence of the learning environment on the quality of learning. Assessment and Evaluation in Higher Education, 43(3), 348–358. doi: 10.1080/02602938.2017.1344823

Cervero, R. M. (1992). Professional practice, learning, and continuing education: An integrated perspective. International Journal of Lifelong Education, 11(2), 91–101. doi: 10.1080/0260137920110202

Dall'Alba, G. (2004). Understanding professional practice: Investigations before and after an educational programme. Studies in Higher Education, 29(6), 679–692. doi: 10.1080/0307507042000287195

Domask, J. J. (2007). Achieving goals in higher education: An experiential approach to sustainability studies. International Journal of Sustainability in Higher Education, 8(1), 53–68. doi: 10.1108/14676370710717599

Donnelly, R. (2004). Fostering of creativity within an imaginative curriculum in higher education. Curriculum Journal, 15(2), 155–166. doi: 10.1080/0958517042000226810

Klenowski, V., Askew, S., & Carnell, E. (2006). Portfolios for learning, assessment and professional development in higher education. Assessment and Evaluation in Higher Education, 31(3), 267–286. doi: 10.1080/02602930500352816

McCarthy, J. (2011). Reflective Writing, Higher Education and Professional Practice. Journal for Education in the Built Environment, 6(1), 29–43. doi: 10.11120/jebe.2011.06010029

Pallis, A. A., & Ng, A. A. K. Y. (2011). Pursuing maritime education: An empirical study of students' profiles, motivations and expectations. Maritime Policy and Management, 38(4), 369–393. doi: 10.1080/03088839.2011.588258

Pěa, C. J., Vargas, L., & Murcia, J. C. (2020). Approach to professional practice from simulators and virtual laboratories. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 844(1). doi: 10.1088/1757-899X/844/1/012036

Pravilnik o znanstvenim, znanstveno-nastavnim, nastavnim i stručnim bazama Sveučilišta u Rijeci, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2017, https://rektor.uniri.hr/files/staticki_dio/propisi_i_dokumenti/Pravilnik_o_znanstvenim_znanstveno-nastavnim_nastavnim_i_strucnim_bazama_Sveucilista_u_Rijeci_21_ozujka_2018.pdf (20.06.2021.)

Riebe, L., Sibson, R., Roepen, D., & Meakins, K. (2013). Impact of Industry Guest Speakers on Business Students' Perceptions of Employability Skills Development. Industry and Higher Education, 27(1), 55–66. doi: 10.5367/ihe.2013.0140

Simkin, A., Mozhaeva, T., & Proskurin, A. (2019). The Quality Management System of Additional Professional Education in Higher Educational Institution on the Basis of a Standard Quality System. MATEC Web of Conferences, 297, 06010. doi: 10.1051/matecconf/201929706010

Studija o stručnoj praksi u visokom obrazovanju, Ministarstvo znanosti i obrazovanja, Zagreb. 2017, https://mzo.hr/sites/default/files/dokumenti/2017/OBRAZOVANJE/Visoko/Razvoj_visokog/studija_o_strucnoj_praksi_u_visokom_obrazovanju.pdf (01.07.2021)

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

BASIC FEATURES OF RIVER TRAFFIC IN THE REPUBLIC OF CROATIA WITH REFERENCE TO THE PORT OF OSIJEK AND THE PORT OF VUKOVAR

TEMELJNE ZNAČAJKE RIJEČNOG PROMETA U REPUBLICI HRVATSKOJ S OSVRTOM NA LUKU OSIJEK I LUKU VUKOVAR

Sara Stanišić[a], Ines Kolanović[a]

[a] *University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Studentska ulica 2, 51000 Rijeka, Croatia, sarastanisic1210@gmail.com, ines@pfri.hr*

Abstract: *The Port of Vukovar and the Port of Osijek are the most important ports in which is realized the traffic on inland waterways in the Republic of Croatia. River ports contribute to the economic development of the Republic of Croatia by participating in the total realized cargo and passenger traffic. This paper will analyze the basic features of river traffic in the Republic of Croatia and the technical and technological features of the Port of Vukovar and the Port of Osijek. The aim of this paper is, by analyzing the available data, to present the current situation, trends in further development of river ports in the Republic of Croatia and the possibility of increasing river port traffic through better integration into the European inland waterway system.*

Keywords: *river traffic, technical and technological features, the Port of Vukovar, the Port of Osijek*

Apstrakt: *Luka Vukovar i Luka Osijek najznačajnije su luke u kojima se ostvaruje promet na unutarnjim plovnim putovima u Republici Hrvatskoj. Riječne luke doprinose gospodarskom razvoju RH sudjelujući u ukupno ostvarenom teretnom i putničkom prometu. U ovom radu analizirati će se temeljne značajke riječnog prometa u RH te tehničko-tehnološke značajke Luke Vukovar i Luke Osijek. Cilj ovoga rada je, analizom dostupnih podataka, prikazati postojeće stanje, tendencije daljnjeg razvoja riječnih luka u RH te mogućnosti povećanja prometa riječnih luka boljom integracijom u Europski sustav unutarnjih plovnih putova.*

Ključne reči: *Luka Vukovar, Luka Osijek, riječni promet, tehničko-tehnološke značajke*

1. UVOD

Luke kao prometna čvorišta ubrzavaju razvoj prometa i trgovine, a time i cjelokupan gospodarski razvoj zemlje (Vojković, 2007.) Riječne luke su od velikog značaja za Republiku Hrvatsku, posebice Luka Osijek i Luka Vukovar. Upravo se te dvije luke smatraju najvećim hrvatskim lukama u međunarodnom prometu te i ostvaruju najveći promet od svih riječnih luka. Uloga riječnih luka ogleda se kroz prijevoz tereta i putnika brodovima na rijekama Dunav, Drava i Sava.

Važnost riječnog prometa ogleda se u dobroj povezanosti s ostatkom Europe što omogućava bolji protok tereta i putnika. Također, riječni promet ima mnoštvo prednosti kao što su cijena prijevoza, veća isplativost prilikom prijevoza na dužim relacijama, mogućnost prijevoza glomaznog tereta, sigurnost, angažiranje manjeg broja zaposlenih, manji broj prometnih nesreća, mogućnost plovidbe tijekom noći i svih dana u godini te ekološka prihvatljivost jer je potrošnja goriva puno manja u odnosu na druge prometne grane. Iako je puno više prednosti, postoje i brojni nedostaci. Prijevoz tereta i putnika unutarnjim plovnim putevima je poprilično spor. Osim toga, problem mogu predstavljati i uska grla, loša prohodnost vodnih putova, tehničko – tehnološka zastarjelost luka te nedovoljna financijskih sredstava za proširenje postojećih kapaciteta.

Dosadašnja istraživanja koja su se provodila na ovu temu su:

- Dokl A., Dragičević M., (2008.). Analiza riječnog prometa Republike Hrvatske I prognoza budućih kretanja
- Ljubojević O., (2014.). Unutarnje luke Republike Hrvatske

Cilj ovog istraživanja je komparativnom analizom podataka o teretnom i putničkom prometu prikazati postojeće stanje hrvatskih riječnih luka Osijek i Vukovar te prema dostupnim informacijama o tehničko – tehnološkim značajkama svake pojedine luke uvidjeti prednosti i nedostatke Luke Osijek i Luke Vukovar. Svrha ovog rada je istražiti mogućnost poboljšanja i podizanja stupnja iskorištenja potencijala ovih luka kako bi dvije najveće riječne luke u Republici Hrvatskoj potpuno iskoristile svoje potencijale i pridonijele oživljavanju istočnog dijela države kao i riječnom prometu.

2. METODE

Istraživanje se temelji na rezultatima do kojih se došlo tijekom pisanja završnog rada obranjenog na Sveučilištu u Rijeci, Pomorskom fakultetu, 2020. godine (Stanišić, 2020.)

Istraživanje se provodilo u razdoblju od 2 mjeseca, točnije od mjeseca travnja do lipnja 2020. godine analizirajući podatke za 2017., 2018. i 2019. godinu, dobivene od Lučke uprave Osijek i Lučke uprave Vukovar. U radu su korištene metoda analize i sinteze, metoda generalizacije i specijalizacije, induktivna i deduktivna metoda te komparativna metoda.

S obzirom da su podaci o njihovom poslovanju dostupni tek nakon završene godine, istraživanje nije bilo moguće provesti s podacima iz tekuće godine. Kao ograničenje u radu može se navesti i drugačiji pristup vođenju evidencije o vrsti i količini prevezenog tereta kao i broju prevezenih putnika jer Luka Osijek nije imala dostupne podatke za 2019. godinu što je utjecalo usporedbu teretnog i putničkog prometa luka.

3. ANALIZA I REZULTATI

3.1. Temeljne značajke riječnog prometa u Republici Hrvatskoj

Tehničke karakteristike lučkog sustava predstavljaju osnovu za obavljanje djelatnosti i prometa riječnih luka. (Stanišić, 2020.). Za uobičajeno funkcioniranje rada u lukama potrebna je lučka infrastruktura, lučka suprastruktura te prijevozna sredstva namijenjena prijevozu i prekrcaju određenih vrsta tereta. Ukrcaj, iskrcaj i rukovanje teretom obavlja se pomoću mobilne mehanizacije koja je neizostavni element svake riječne luke. U riječnom prometu postoje dva osnovna tipa tehnološkog procesa prijevoza i plovidbe koji se razlikuju s obzirom na prijevozna sredstva kojima se proces ostvaruje: prijevoza tereta i putnika brodovima ili plovidba broda te prijevoz tereta plovnim sastavima ili plovidba konvoja (Vojković, 2007.). Osim tehničkih karakteristika, temeljnim značajkama riječnog prometa pripadaju i tehnološki procesi.

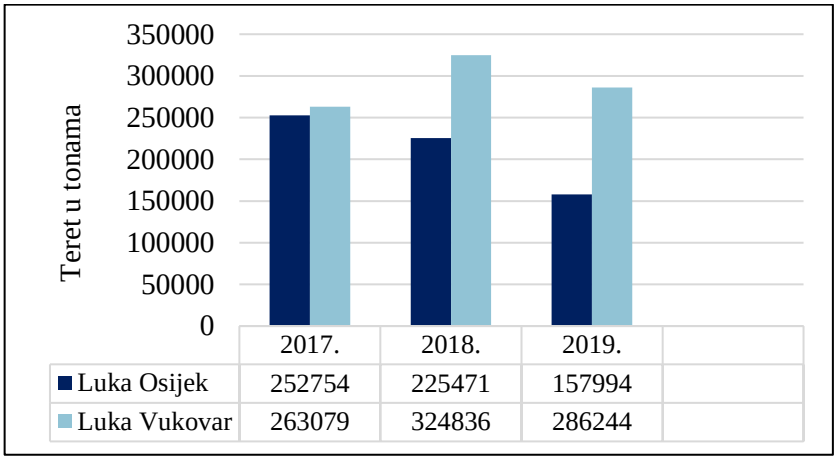
Sadašnje stanje obilježava neuravnotežena tržišna potražnja za transportom roba na Savi i Dunavu, uglavnom kao posljedica drugačijih navigacijskih uvjeta te tehnička i tehnološka zastarjelost i manjak kapaciteta (Hrvatski sabor, 2008.). Riječni promet se do sada pokazao kao najisplativija prometna grana uzimajući u obzir da se može prevesti najviše tereta sa znatno manjom potrošnjom energije. Važno je istaknuti potrebu za izgradnjom gospodarsko – poduzetničkih zona na području luka ili u njihovoj blizini kao i potrebu za modernizacijom riječnih luka u tehnološkom smislu što bi na kraju pridonijelo boljem pozicioniranju riječnog prometa i riječnih luka u Hrvatskoj.

Rijeke Dunav i Drava važne su zbog toga što omogućavaju razvoj luka kao i prijevoz tereta i putnika. Međutim, iste te rijeke mogu dovesti do potpunog zaustavljanja prometa. Naime, budući da Drava ima kraći i ravniji tok, njezine nabujale vode prve su stizale u obliku vodnog vala do ušća Dunava, čije je korito moglo primati tu količinu vode (Živaković Kerže, 2010.) Vodostaj Drave se često mijenja što utječe na poslovanje Luke Osijek. Nizak vodostaj uzrokuje velike gubitke, a često se događa da potraje čak mjesecima. Osim niskog vodostaja, postoji i problem neuređenog korita rijeke Drave kao i zaleđivanje rijeke Drave i Dunav u zimskim mjesecima. Luka Vukovar uspješnija je i zbog naklonjenosti prirode jer je rijeka Dunav plovna cijelom svojom dužinom i nema problema s učestalim niskim vodostajem kao rijeka Drava

Neosporna činjenica je da tehničko – tehnološke značajke kao i bolja opremljenost luke privlači veći broj partnera čime se ostvaruje veći godišnji promet. Za obje luke se svakih nekoliko godina donose strategije s mjerama za potencijalnu izgradnju, unaprijeđenje i modernizaciju lučkih prostora i objekata koje će se provoditi u određenom razdoblju, ali za to osim što je potrebna dobra financijska moć potrebna je i podrška vlasti. Luka Osijek kontuirano radi na izgradnji nove luke na novoj lokaciji što će u budućnosti omogućiti veći pretovar rasutog tereta s obzirom da je u ovaj plan uključen i novi terminal namijenjen rasutim teretima. Planirana je i obnova Južne obale u lučkom bazenu te zamjena postojeće infrastrukture i suprastrukture novom. Luka Vukovar također ulaže u svoj razvitak. Neprestano zamjenjuje dotrajalu infrastrukturu i suprastrukturu novom, a ujedno rade i na proširenju svog skladišnog kapaciteta kao i preostalog kapaciteta luke.

3.2. Analiza teretnog prometa Luke Osijek i Luke Vukovar

Luka Osijek i Luka Vukovar su uglavnom uvozne luke. Na području luke Osijek skoro 4 puta više se uveze nego izveze tereta, a nešto manji dio čini teret u tranzitu. Značajnija razlika u količini prevezenog tereta u Luci Osijek u uvozu, izvozu i tranzitu dogodila se 2018. godine kada se teret u tranzitu značajno povećao, ali se zato iste godine puno manje tereta uvezlo i izvezlo. S obzirom da se radi o riječnim lukama, teret koji se prekrcava u luci znatno se razlikuje od tereta u morskim lukama. Preusmjereni europski robni tokovi na riječne luke Republike Hrvatske najvećim dijelom se sastoje od prijevoza ruda, sirovih nemetalnih minerala, nafte i derivate te žitarica. (Dokonal i Dragičević, 2008.) U 2008. godini prevladavali su tereti kao što su rude, nemetalni minerali, nafta i njezini derivati, žitarice dok se danas u u luci Osijek i Vukovar uglavnom prekrcavaju rasuti teret poput pijeska, gnojiva, troske, ugljena, čelika, umjetnih gnojiva, soje i uljane repice.



Grafikon 1. Teretni promet u Luci Osijek i Luci Vukovar (2017.-2019. godina)

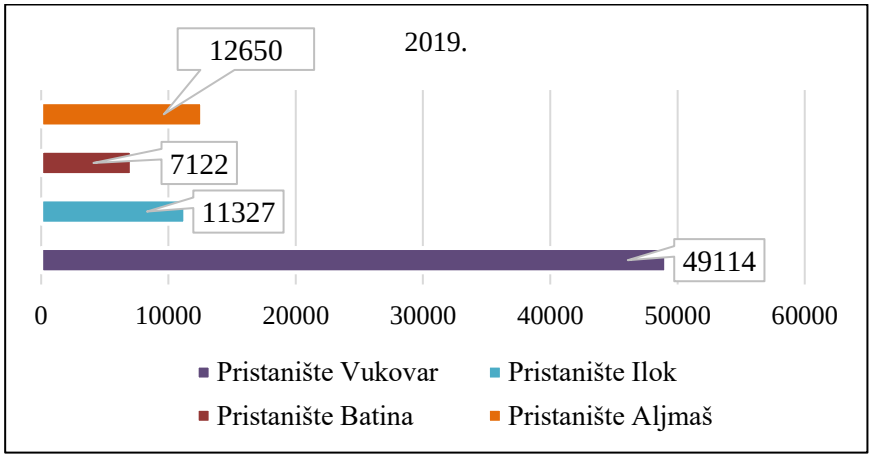
Izvor: Lučka uprava Osijek i Lučka uprava Vukovar

Grafikon 1 prikazuje ukupan promet ostvaren u 2017., 2018. i 2019. godini u lukama Osijek i Vukovar. Temeljem prikazanih podataka, može se zaključiti da je promet tereta u Luci Osijek kroz tri promatrane godine bio u silaznom trendu. Ovi podaci se u isto vrijeme mogu smatrati i pozitivnim trendom s obzirom da je na samim početcima Luka Osijek imala zabilježeno tek par stotina tona prekrcanog tereta. 2018. godine promet je smanjen za 11 %, a 2019. godine čak za 37%. U istom razdoblju u Luci Vukovar 2018. godine promet tereta je porastao za 23 %, ali je pao u 2019. godini pri čemu je i dalje ostao za 9 % viši u odnosu na 2017. godinu.

Prema zadnjim dostupnim podacima u lukama Osijek i Vukovar najviše se prekrcava suhi rasuti teret, zatim generalni, a najmanje tekući teret. U Luci Vukovar u 2019. godini nije se uopće prekrcavao tekući teret. Bez obzira na najveću zastupljenost suhog rasutog terete, važno je spomenuti kako su i kod tog tereta zabilježene znatne promjene iz godine u godinu dok primjerice generalni teret u Luci Vukovar konstantno bilježi porast. Događaji i promjene na tržištu indirektno utječu na potražnju za pojedinim vrstama tereta kao i na promjenu partnera s kojima luke surađaju. U zadnjih nekoliko godina luka najviše posluje sa Srbijom, Ukrajinom, Njemačkom, Rumunjskom, Austrijom, Bugarskom dok je teret nekada uglavnom dolazio iz zemalja na istoku Europe.

3.3. Analiza putničkog prometa Luke Osijek i Luke Vukovar

U svom djelokrugu Lučke uprave nadziru i poslovanje putničkih pristaništa. Luka Osijek upravlja jednim od najpoznatijim pristaništem pod imenom Galija koji se koristi za prihvat putničkih brodova. S druge strane, Lučka uprava Vukovar upravlja istoimenim pristaništem Vukovar koji bilježi puno veći broj zbog veće plovnosti rijeke Dunav. Luka Osijek također bilježi dobre rezultate prometa, iako je plovni put rijeke Drave zbog učestalih nanosa i smanjenja dubina često ograničavajući čimbenik koji bitno smanjuje efikasnost luke. (Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture Republike Hrvatske, 2008.) Osim pristaništa Galije i pristaništa Vukovar u upotrebi su i pristanište Ilok, Aljmaš i Batina, međutim iskorištenost tih pristaništa je puno manja što se može uočiti na grafikonu 2 prema podacima iz 2019. godine.



Grafikon 2. Ukupan broj putnika po pristaništima u 2019. godini

Izvor: Lučka Uprava Vukovar

Luka Osijek i Luka Vukovar svake godine analiziraju prikupljene podatke o broju pristajanja i broju putnika na svakom pristaništu što je vidljivo u tablicama gdje su podaci o broju pristajanja i broju putnika posebno sortirani.

Tablica 1. Broj pristajanja putničkih brodova u lukama Osijek i Vukovar u 2017. i 2018. godini

	2017.	**2018.**
Luka Osijek (pristanište Galija)	56	36
Luka Vukovar (pristanište Vukovar)	205	251

Izvor: Lučka uprava Osijek i Lučka uprava Vukovar

Prema podacima prikazanim u tablici 1 može se uočiti da je 2017. godine pristanište Galija zabilježilo 56 pristajanja dok je pristanište Vukovar zabilježilo približno četiri puta više, odnosno 205 pristajanja. U 2018. godini pristanište Galija bilježi pad broja pristajanja, točnije 36 % manje, a pristanište Vukovar bilježi 22 % više nego prethodne godine.

Tablica 2. Broj putnika u lukama Osijek I Vukovar u 2017. i 2018. godini

	2017.	**2018.**
Luka Osijek (pristanište Galija)	6 495	4 875
Luka Vukovar (pristanište Vukovar)	27 162	31 972

Izvor: Lučka uprava Osijek i Lučka uprava Vukovar

Tablica 2. prikazuje broj putnika u 2017. i 2018. godini. U 2017. godini u luku Osijek stiglo je 6 495 putnika, a 2018. godine znatno manje, čak 24%. Luka Vukovar kao i kod broja pristajanja bilježi porast od 17 % jer je 2017. godine u luku Vukovar stiglo 27 162 putnika, a u 2018. godini čak 31 972 putnika.

Veliki broj ostvarenih putovanja odnosi se na riječna krstarenja koja najčešće preferiraju umirovljenici, uglavnom putnici od 56 do 75 godina, no u posljednje vrijeme raste broj putnika koji već imaju 75 ili više godina. Jako mali udio u riječnim krstarenjima ostvaruje mlađa populacija i ljudi srednjih godina što se može povezati s manjkom vremena ili financijskim stanjem. U ljetnoj sezoni posebno se ističu putnici s područja Njemačke, Austrije i Švicarske dok u zimskoj sezoni u luku Osijek i Vukovar najčešće pristižu putnici iz SAD-a.

4. DISKUSIJA

Na temelju istraživanja te ujedno proučavanja rezultata drugih istraživanja može se utvrditi da je generalizaciju moguće primijeniti samo na činjeničnim tvrdnjama kao što su tehničko – tehnološke značajke riječnog prometa te nedostaci i prednosti. Postojeće stanje svake luke je specifično i mora se promatrati kao indivudalna stavka kao što je to slučaj sa Lukom Osijek i Lukom Vukovar.

Promatrajući rezultate istraživanja provedenog 2008. godine mogu se uočiti velike sličnosti s ovim istraživanjem. Naime, luke su i tada bilježile porast tereta uz povremene oscilacije te se posebno isticala Luka

Vukovar koja je povećala prekrcaj tereta za više od 50 % iako su se luke tek oporavljale od posljedica rata. Donosili su se brojni planovi za veća ulaganja u infrastrukturu i suprastrukturu u svrhu osuvremenjivanja luka te proširivanja lučkog područja dok se danas ti planovi zajedno s ostalim mjerama donose u obliku strategija namijenjenim periodu od nekoliko godina. Problem regulacije toka Drave koji se sve do danas nije riješio je upravo glavni razlog zbog kojega Luka Osijek ostvaruje manji promet u odnosu na Luku Vukovar, a pripisuje se nedostatku financijskih sredstava. U međuvremenu su relaizirane brojne poslovne suradnje, no Luka Osijek je i dalje kao ograničavajući čimbenik navodila plovnost rijeke Drave, a Luka Vukovar nije imala dovoljno skladišnog prostora. Problem skladišnih prostora se ubrzo riješio te je Luka Vukovar do danas značajno proširila svoje lučko područje.

U istraživanju iz 2014. godine, promatrano je razdoblje od 2001. do 2013. godine gdje je Luka Vukovar svake godine ostvarivala porast prekrcanog tereta. Najveći promet bilježi se od 2005. do 2008. godine što potvrđuje i prethodno istraživanje. Nakon toga je uslijedio pad prometa u odnosu na prethodne godine, ali promatrajući samo razdoblje od 2009. do 2013. godine i dalje je promet u porastu. Ovo istraživanje također pokazuje porast teretnog prometa Luke Vukovar dok na Luci Osijek ostaje da riješi problem plovnosti rijeke Drave. Ističe se kako bi izgradnjom višenamjenskog kanala Dunav – Sava najviše koristi imala upravo Luka Vukovar, no bez obzira na to, prognozira se kako će Luka Vukovar ostati vodeća riječna luka. Što se tiče Luke Osijek, još jedno istraživanje ističe plovnost rijeke Drave kao čimbenik koji najviše utječe na poslovanje Luke Osijek. Osim toga, smatra se kako bi izgradnja lučkog bazena i novog terminala za rasute terete koja je trenutno u tijeku omogućila potpuni procvat Luke Osijek.

Pristajanje putnika u sklopu luke Vukovar moguće je na četiri pristaništa dok je u luci Osijek to omogućeno samo na jednom pristaništu i isključivo manjem broju kruzera. Pristanište Galija je do nedavno bilo jedino rješenje za vezivanje kruzera, no u međuvremenu kao što je i bilo planirano još od 2018. godine, došlo je do otvorenja novog putničkog pristaništa na rijeci Dravi što se može pripisati kao veliki uspjeh koji je luka Osijek postigla u 2021. godini. Samim time u skorije vrijeme može se očekivati veći broj riječnih kruzera na ovom području bez obzira što putnici češće preferiraju riječna krstarenja Dunavom. Svake godine donjim tokom Dunava prođe 700 – tinjak brodova od kojih se polovica zaustavi u Hrvatskoj, u najvećem broju u Vukovaru, a potom slijede luke Batina, Osijek, Aljmaš i Ilok (https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/krstare-dunavom-i-dravom-ozivili-su-turisticku-ponudu-slavonije-a-obozavaju-ilok-zbog-harryja-i-meghan-foto-20180930 21. 04. 2020.).

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Zaključak ovog istraživanja skup je prikupljenih informacija, statističkih podataka i prijedloga koji mogu poslužiti za realizaciju budućih planova. Prvi značajniji korak koji se može učiniti treba biti orijentiran na riješavanje problema koje uzrokuju same rijeke, a na koje čovjek svojim djelovanjem može utjecati. Luka Osijek bi trebala riješiti problem neprohodnog korita rijeke Drave u svrhu ostvarivanja većeg teretnog i putničkog prometa, a kojim se dugi niz godina nitko nije bavio što potvrđuju i druga istraživanja. Zatim, promoviranjem novo izgrađenog putničkog pristaništa, grada Osijeka, ali i povezivanje riječnog prometa s pozitivnim ekološkim učincima privuklo bi veći broj posjetitelja. Osim toga, potrebno je nastaviti izgradnju nove luke i raditi na proširenju postojećih kapaciteta, ali u isto vrijeme pokušati ostvariti što veći broj suradnji u budućem razdoblju kako bi se pokazala isplativost nove investicije.

S druge strane Luka Vukovar, također svoje poslovanje treba usmjeriti u pravcu kontinuiranog unaprijeđenja svojih tehničko – tehnoloških značajki. Putnički promet koje je do sad bilježio izuzetno visoke brojke, dobro osmišljenim turističkim kampanjama i promocijama mogao bi Luku Vukovar i općenito riječna krstarenja Dunavom svrstati među najpoželjnijim kontinentalnim destinacijama. Kao prijedlog za daljnji uspjeh definitivno se može navesti uvođenje promjena ili noviteta na putničkim pristaništima, no posebnu pažnju potrebno je posvetiti dobnim skupinama i interesima posjetioca.

I Luka Osijek i Luka Vukovar doista imaju potencijala te dosadašnjim rezultatima obećavaju mnogo, samo je nužno neprestano ulagati u njihov razvoj kako bi i ostale države pored Republike Hrvatske uvidjele brojne koristi koje pružaju riječne Luke Osijek i Vukovar.

6. LITERATURA

Dokl, A., Dragičević, M. (2008.). Analiza riječnog prometa Republike Hrvatske i prognoza budućih kretanja, Pomorski zbornik, vol. 45, no. 1, p. 181-196

Hrvatski sabor, (2008.). Strategija razvitka riječnog prometa u Republici Hrvatskoj (2008. – 2018.), Narodne novine, Zagreb

Lučka uprava Osijek, http://port-osijek.hr/ (20.4.2020.)

Lučka uprava Vukovar, http://luv.hr/ (20.4.2020.)

Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture Republike Hrvatske, (2008.). Srednjoročni plan razvitka vodnih putova i luka unutarnjih voda Republike Hrvatske (za razdoblje od 2009.-2016. godine)

Stanišić S., (2020.). Komparativna analiza tehničko – tehnoloških značajki riječnih luka Osijek i Vukovar u funkciji ostvarivanja teretnog i putničkog prometa

Vojković, G. (2007.). Luke unutarnjih voda, Hrvatski hidrografski institut, Split

Živaković Kerže, Z., (2010.). Značenje plovne rijeke Drave u razvoju grada Osijeka, Zavod za znanstveni i umjetnički rad u Osijeku, Osijek, p. 75-88

https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/krstare-dunavom-i-dravom-ozivili-su-turisticku-ponudu-slavonije-a-obozavaju-ilok-zbog-harryja-i-meghan-foto-20180930 (21.04.2020.)

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

IMPACT OF NOISE OF TRANSFORMER STATIONS WITH TRAFFIC CORRIDORS ON THE ENVIRONMENT

UTICAJ BUKE TRAFOSTANICA UZ SAOBRAĆAJNE KORIDORE NA ŽIVOTNU SREDINU

Dragiša Đorđić[a], Slavko Đurić[b], Milan Milotić[b]

[a] *Independent University of Banja Luka, Faculty of Ecology, Veljka Mladjenovica 12e, Banja Luka 78000, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina, zastitad@gmail.com*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Misica 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, milan.milotic@sf.ues.rs.ba, slavko.djuric@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Noise is becoming an increasingly important factor endangering the environment, with the intensive construction of residential, industrial, power and other facilities, and the increase in the density and intensity of traffic flows. In this paper, the results of noise level measurements at the locations of substations along the traffic corridors of the Republika Srpska (R. Srpska), i.e. Bosnia and Herzegovina (BiH) are analyzed. Based on the measurement results and appropriate comparisons, a conclusion is given on the influence of substations on noise generation, in the living and working environment. Medium voltage substations (35/10 kV/kV) do not represent significant noise generators in the environment.*

Key words: *noise, substations, traffic, environmental protection*

Apstrakt: *Buka postaje sve značajniji činilac ugrožavanja životne sredine, sa intenzivnom izgradnjom stambenih, industrijskih, elektroenergetskih i drugih objekata, te povećanjem gustine i intenziteta saobraćajnih tokova. U ovom radu su analizirani rezultati mjerenja nivoa buke na lokacijama trafostanica uz saobraćajne koridore Republike Srpske (R. Srpske) odnosno Bosne i Hercegovine (BiH). Na osnovu rezultata mjerenja i odgovarajućih komparacija dat je zaključak o uticaju trafostanica na generisanje buke, u životnoj i radnoj sredini. Trafostanice srednjih naponskih nivoa (35/10 kV/kV) ne predstavljaju značajne generatore buke u životnoj sredini.*

Ključne reči: *buka, trafostanice, saobraćaj, zaštita životne sredine*

1. UVOD

Zvuk veoma često može svojim dejstvom da uznemirava čovjeka i ugrožava njegovo zdravlje. U takvim slučajevima zvuk se tretira kao buka.

Tehnološki razvoj društva rezultuje povećanjem nivoa energije zvuka koju generišu mašine, motorna vozila i mnogi drugi izvori, tako da su mnogi događaji u čovjekovom okruženju praćeni generisanjem zvukova, koji su neželjeni i neprijatni za okruženje i kao takvi predstavljaju buku (Praščević i dr., 2018).

Životna sredina je svakim danom sve zagađenija zbog brzog razvoja saobraćaja, industrije i drugih djelatnosti. Buka je naročito u poslednjih nekoliko decenija, jedan od osnovnih uzroka kompleksnog oštećenja zdravlja ljudi i to najviše u industrijski razvijenim zemljama.

Buka u životnoj sredini ima negativno dejstvo na stanovništvo, a njene posledice mogu imati različite efekte na zdravlje čovjeka, kao što su psihičke (zamor, unutrašnja napetost, neraspoloženje i sl.) i fiziološke promjene (povećanje pulsa, krvnog pritiska i sl.) (Jablanović i dr., 2003).

S obzirom da u današnjem savremenom društvu buka predstavlja jednu od najštetnijih fizičkih pojava u životnoj sredini, u okviru ovog rada prezentovani su rezultati mjerenja nivoa buke na lokacijama transformatorskih stanica, uz saobraćajne koridore i njihov uticaj na životnu sredinu.

Akustički komfor, građevinska akustika i uticaji buke u životnoj sredini su analizirani od strane različitih autora (Praščević i dr., 2018; Simonović i dr., 1982; Preradović i dr., 2012; Mijić, 2001; Long, 2014; EN 12354-1, 2000; Antunović i dr., 2011; Praščević i Cvetković, 2005), ali u literaturi nema dovoljno podataka o intenzitetu i uticaju buke transformatorskih stanica i drugih elektroenergetskih objekata, uz saobraćajne koridore,

na životnu sredinu. Imajući u vidu navedenu činjenicu, cilj istraživanja je bila analiza uticaja trafostanica srednjih naponskih nivoa, na životnu i radnu sredinu, sa aspekta generisanja buke i eventualno negativnog uticaja buke u neposrednoj blizini ovih objekata.

2. APARATURA I METODE

2.1. Aparatura

Prilikom mjerenja nivoa buke korišćen je prenosni uređaj bukomjer „Sound level meter“, tip PCE-322A, proizvođača „PCE group Germany“, sa neophodnim dodacima (slika 1 i tabela 1).



Slika 1. Uređaj za mjerenje buke (bukomjer)

U tabeli 1 su date osnovne karakteristike uređaja za mjerenje buke (zvuka).

Tabela 1. Osnovne karakteristike uređaja za mjerenje buke

Parametar uređaja	Vrijednost
Mjerni opseg [dB (A)]	30-130
Rezolucija [dB (A)]	0,1
Metoda mjerenja	Automatska detekcija

Mjerni uređaj je kalibrisan neposredno prije mjerenja prema uputstvu proizvođača, posle čega su na instrumentu podešeni parametri mjerenja inteziteta buke prema očekivanoj vrsti buke.

Uticaj buke na životnu sredinu se utvrđuje pomoću predmetne aparature, u skladu sa Zakonom (Zakon o zaštiti životne sredine, 2012; Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o zaštiti životne sredine, 2020) i Pravilnikom (Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma, 1989), prema izmjerenoj vrijednosti ekvivalentnog nivoa buke Leq [dB (A)], te su u radu prezentovani rezultati mjerenja nivoa buke izraženi preko ovih veličina.

U realnim uslovima čest je slučaj da je nivo zvuka (buke) promjenjiv sa vremenom (komunalna buka, saobraćajna buka i dr.). Da bi se procjenjivala štetnost takvog zvuka na čovjeka ili komparirala izmjerena vrijednost nivoa sa dozvoljenom, uveden je ekvivalentni nivo zvuka (buke). Ekvivalentni nivo buke predstavlja konstantni nivo buke, koji u određenom vremenskom intervalu ima istu zvučnu energiju kao posmatrana, vremenski promjenljiva buka (Preradović i dr., 2012).

Izražavanjem buke pomoću ekvivalentnog nivoa uspostavljena je veza sa vremenom kao parametrom koji izražava dužinu ekspozicije i frekvencijom korišćenjem A krive (Janjuš i dr., 2015).

Bukomjer, odnosno sistem za mjerenje podataka, korišćen je za mjerenje buke na odabranim mjernim mjestima. Navedeni uređaj omogućava automatski vremenski zapis ekvivalentnog nivoa buke.

2.2. Metode

Metodologija mjerenja je definisana prema odredbama Pravilnika o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma (Službeni list BiH, broj 46/89).

Mjerenje inteziteta ukupnog petnaestominutnog ekvivalentnog nivoa buke, izvršeno je na definisanim mjernim mjestima (lokacijama trafostanica), a normiranje je sprovedeno prema Pravilniku (Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma, 1989) i ISO preporukama.

Najviši dozvoljeni ekvivalentni nivoi vanjske buke određeni su prema namjeni područja i dati su u tabeli 2.

Tabela 2. Dozvoljeni nivoi vanjske buke u životnoj sredini (Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma, 1989)

Područje (zona)	Namjena područja	Najviši dozvoljeni nivoi vanjske buke Ekvivalentni nivoi Leq [dB (A)]	
		Dan	Noć
I	Bolničko	45	40
II	Turističko, rekreaciono	50	40
III	Stambeno, vaspitnoobrazovno, zelene površine	55	45
IV	Trgovačko, poslovno, stambeno i stambeno uz saobraćajne koridore	60	50
V	Poslovno, trgovačko, zanatsko, servisno	65	60
VI	Industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje bez stanova	70	70

S obzirom na to da se analizirani elektroenergetski objekti (trafostanice) nalaze u području objekata smještenih uz saobraćajne koridore, može se smatrati da oni spadaju u IV područje, označeno kao trgovačko, poslovno, stambeno i stambeno uz saobraćajne koridore.

Prema Pravilniku (Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma, 1989), ekvivalentni nivo vanjske buke u području IV ne smije prelaziti vrijednost od 60 dB (A) danju, odnosno 50 dB (A) noću. Pri tome dan podrazumijeva period od 6 do 22 časa, a noć od 22 do 6 časova.

Na granici zone IV buka ne smije prelaziti dozvoljene nivoe u zoni sa kojom graniči. Dozvoljeni nivoi buke se odnose na sva područja životne sredine, te za prostorije i boravak ljudi.

U skladu sa literaturom (Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma, 1989) mjerenje buke na otvorenom prostoru vrši se na propisanoj udaljenosti od prepreka koje reflektuju buku, te visini 1,70 m od nivoa terena. Mjerna mjesta su se nalazila na rastojanju 10 m od odgovarajuće strane objekta (trafostanice).

Mjerenje nivoa buke je izvršeno na lokacijama 6 trafostanica naponskog nivoa 35/10 kV/kV (slika 2.), koje se nalaze uz saobraćajne koridore, kako bi se procijenio uticaj rada objekta na životnu sredinu.



Slika 2. Fotografski prikaz trafostanice, naponskog nivoa 35/10 kV/kV

Datumi mjerenja, pojedinačno po elektrodistribucijama i trafostanicama, su bili: 24.12.2019. godine - Elektrodistribucija Vlasenica (1 trafostanica), 26.12.2019. godine - Elektrodistribucija Ugljevik (1 trafostanica) i 27.12.2019. godine - Elektrodistribucija Bijeljina (4 trafostanice).

Mjerenja nivoa buke su obavljena na po 2 mjerna mjesta, za svaku od 6 pripadajućih trafostanica, navedenog naponkog nivoa, na lokacijama 3 elektrodistribucije.

Buka je mjerena sa minimalnim vremenskim intervalom mjerenja od 15 minuta.

Rezultati mjerenja se mogu smatrati reprezentativnim za analizu buke u području objekata koji se nalaze uz saobraćajne koridore.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

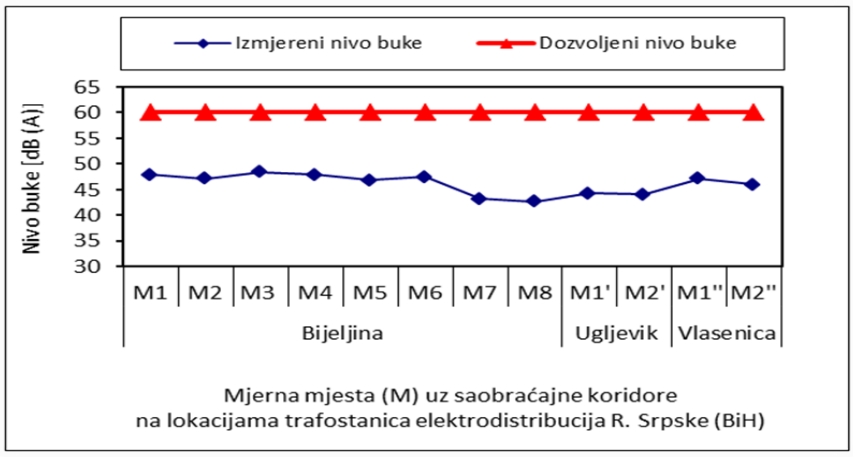
Rezultati mjerenja ekvivalentnog nivoa buke uz saobraćajne koridore, na lokacijama trafostanica elektrodistribucija R. Srpske (Tehnološki fakultet, 2019), prikazani su na slici 3.

Najmanja vrijednost izmjerenog nivoa buke je evidentirana na lokaciji trafostanice Ostojićevo (42,7 dB (A)), što je i logično, s obzirom da je navedena trafostanica locirana izvan urbanog područja Grada Bijeljina.

Najveća vrijednost izmjerenog nivoa buke je evidentirana na lokaciji trafostanice Bijeljina IV (48,4 dB (A)). Dominantna vrijednost nivoa buke na posmatranoj lokaciji je posledica složenog dejstva više izvora buke, a posebno saobraćajne buke, s obzirom na blizinu glavnih saobraćajnih tokova i značajnog intenziteta buke motornih vozila, koja prolaze u blizini trafostanice.

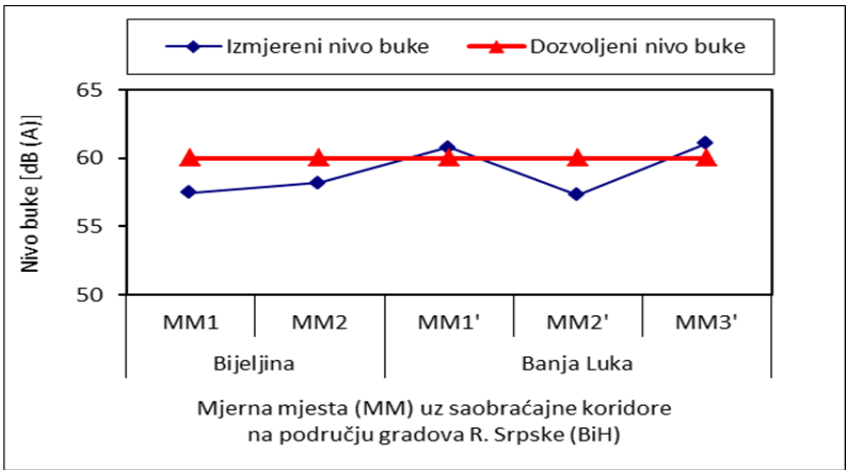
Srednja vijednost izmjerenog nivoa buke iznosi 46,11 dB (A), što je znatno ispod dopuštene vrijednosti buke od 60 dB (A).

Sve izmjerene vrijednosti dnevne buke su u granicama dozvoljene vrijednosti nivoa buke za stambena područja uz saobraćajne koridore.



Slika 3. Rezultati mjerenja nivoa buke uz saobraćajne koridore na lokacijama trafostanica

Na slici 4 prikazani su rezultati mjerenja ekvivalentnog nivoa buke, uz saobraćajne koridore, na području najvećih gradova R. Srpske (UNIS, 2021; Janjuš i dr., 2015).



Slika 4. Registrovane vrijednosti nivoa buke uz saobraćajne koridore na području gradova R. Srpske (BiH)

Najveće vrijednosti izmjerenog nivoa buke su evidentirane uz saobraćajne koridore Grada Banja Luka (61,1 dB (A) i 60,8 dB (A)). Navedene vrijednosti prelaze maksimalno dozvoljeni nivo vanjske buke za IV akustičnu zonu. Izmjerena buka prelazi dopuštenu vrijednost ekvivalentnog nivoa za 0,8-1,1 dB (A), za stambena područja, uz saobraćajne koridore danju. Maksimalne vrijednosti nivoa buke u najvećem gradu R. Srpske su logične, naročito kada se uzme u obzir intenzitet buke koju produkuju motorna vozila, sa velikim frekvencijama vozila, koja se kreću putanjama gradskih saobraćajnica.

Izmjerene dnevne vrijednosti buke u Gradu Bijeljina su u granicama dopuštene vrijednosti ekvivalentnog nivoa buke za stambena područja uz saobraćajne koridore.

Srednja vrijednost izmjerenog nivoa buke, u toku dana, u dva najveća grada R. Srpske iznosi 58,98 dB (A), što je blizu dozvoljene vrijednosti gradske buke.

Komparacijom registrovanih vrijednosti ekvivalentnog nivoa buke uz gradske saobraćajne koridore, sa slika 3. i 4. se uočava da su rezultati mjerenja nivoa buke, uz saobraćajne koridore na lokacijama trafostanica, znatno ispod dozvoljene vrijednosti nivoa buke za stambena područja.

4. ZAKLJUČAK

Mjerenja nivoa buke, koja su izvršena na lokacijama trafostanica uz saobraćajne koridore R. Srpske (BiH), su pokazala da vrijednost nivoa buke nije veća od dopuštene vrijednosti za stambena područja uz saobraćajne koridore.

Izvršena mjerenja nivoa buke uz saobraćajne koridore najvećih gradova R. Srpske (Banja Luka i Bijeljina) su pokazala da vrijednosti nivoa buke za dnevni mjerni interval u Banja Luci prelaze granični nivo za akustičnu zonu IV, a za Bijeljinu su ispod maksimalno dozvoljenog nivoa vanjske buke.

Analizom izvršenih mjerenja nivoa buke i sintezom više relevantnih podataka može se konstatovati da trafostanice srednjih naponskih nivoa (35/10 kV/kV) ne predstavljaju značajne generatore buke u životnoj sredini.

5. LITERATURA

Antunović, B., Janković, A., & Dekić, R. (2011). Ocjena uticaja buke u objektima Univerziteta u Banjoj Luci. Zbornik radova sa međunarodnog naučno-stručnog skupa: Arhitektura i Urbanizam, Građevinarstvo, Geodezija – Juče, Danas, Sutra, Univerziteta u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Banja Luka, 539–554.

EN 12354-1 (2000). Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Jablanović, M., Jakšić, P., & Kosanović, K. (2003). Uvod u ekotoksikologiju. Univerzitet u Prištini, Priština.

Janjuš, Z., Ćetojević, V., Pavlović, S., Čekrlija, S., & Ilić, P. (2015). Uticaj buke saobraćaja na životnu sredinu Grada Banja Luka. Procesing, 264-269.

Long, M. (2014). Architectural Acoustics, 2nd edition. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

Mijić, M. (2001). Građevinska akustika. Univerziteta u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd.

Praščević, M., & Cvetković, D. (2005). Buka u životnoj sredini. Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš.

Praščević, M., Cvetković, D., & Mihajlov, D. (2018). Buka u životnoj sredini. Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš.

Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma 46 (1989), Službeni list BiH, Sarajevo.

Preradović, Lj., Antunović, B., Simeunović, V., & Janković, A. (2012). Analiza akustičkog komfora zaposlenih na Banjalučkom Univerzitetu. Zbornik radova sa internacionalne konferencije, Tehnika i informatika u obrazovanju, Univerziteta u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka, Čačak, 567–573.

Simonović, M., Kalić, D., & Pravica, P. (1982). Buka, štetna dejstva, merenje i zaštita. Institut za dokumentaciju zaštite na radu, Prosveta, Niš.

Tehnološki fakultet (2019). Izvještaji o mjerenjima inteziteta buke. Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet, Zvornik.

UNIS (2021). Dokazi za izdavanje ekološke dozvole. Institut za ekologiju, zaštitu na radu i zaštitu od požara, Istočno Sarajevo.

Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o zaštiti životne sredine 70 (2020). Službeni glasnik Republike Srpske, Banja Luka.

Zakon o zaštiti životne sredine 71 (2012). Službeni glasnik Republike Srpske, Banja Luka.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ERLANG'S MULTI-CHANNEL MASS SERVICE SYSTEM MODEL WITH TWO TYPES OF CLIENTS

MODEL ERLANGOVOG VIŠEKANALNOG SISTEMA MASOVNOG OPSLUŽIVANJA SA DVA TIPA KLIJENATA

Vesna Mišić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, vesnamisic@yahoo.com*

Abstract: *In the classical literature in the field of queuing, systems with one type of client are considered. In this paper, the model of Erlang 's multichannel queuing system with two types of clients is considered, and the corresponding mathematical models are presented.*

Key words: *dispersion, probability, binomial distribution, mass service*

Apstrakt: *U klasičnoj literaturoj iz oblasti masovnog opsluživanja se razmatraju sistemi sa jednim tipom klijenata. U ovom radu je razmatran model Erlangovog višekanalnog sistema masovnog opsluživanja sa dva tipa klijenata, i prikazani su odgovarajući matematički modeli.*

Ključne riječi: *disperzija, verovatnoća, binomna raspodela, masovno opsluživanje*

1. UVOD

Teorija masovnog opsluživanja je naučna disciplina čiji je cilj da opiše matematičkim modelima redove čekanja klijenata u sistemima opsluživanja, kao i da analizom dobijenih modela omogući projektovanje optimalnih sistema opsluživanja. Rađanje teorije masovnog opsluživanja bio je odgovor nauke na probleme telefonskog saobraćaja u periodu njegove komercijalne ekspanzije u prve dvije decenije dvadesetog vijeka.

Kada je riječ o slučajnim pojavama jednog tipa klijenata, teorija masovnog opsluživanja dala je, do sada, veoma dobre rezultate. Erlangov (klasični) model, kao i modifikacije koje su iz njega proistekle, omogućuju utvrđivanje najznačajnijih karakteristika sistema masovnog opsluživanja [2,3]. Međutim, u praksi javljaju se i takvi slučajevi kod kojih ulazni protok čine više tipova klijenata, a ne samo jedan. Tako na primjer, na parking prostoru, gdje dužina zadržavanja vozila nije ograničena, javljaju se dva tipa vozila (klijenata): sa dugotrajnim i kratkotrajnim vremenom parkiranja.

U dosadašnjoj literaturi [2,3], pojava više tipova klijenata se tretira kao jedinstveni ulazni protok. Međutim, to podrazumijeva da pojedinačna matematička očekivanja nemaju veliku disperziju, kao i da su im jednaki zakoni raspodjele vjerovatnoća pojave istog tipa klijenata. Tako, u pomenutom primjeru parkiranja, čak i ako su im isti zakoni raspodjele vjerovatnoća, jer je srednja vrijednost dugotrajnog parkiranja 8h, a kratkotrajnog 30 minuta.

U ovom radu razmatra se modeliranje sistema masovnog opsluživanja (SMO) sa otkazima i dva tipa klijenata.

2. MODELIRANJE

Specifičnosti razmatranog SMO su:

- u sistemu se nalazi n kanala opsluživanja
- prevođenje sistema iz stanja X_k u X_{k+1} za $k = 1,2,3, \dots, n-1$ vrše dva protoka klijenata sa intenzitetima λ_1, λ_2 i vjerovatnoćama pojave q i $1-q$
- disciplina opsluživanja je FIFO (prvi došao prvi opslužen)
- ukoliko klijent naiđe kada su svi kanali zauzeti dobija otkaz.

Proizvoljno stanje sistema označeno je sa k_i gde i predstavlja broj klijenata sa jednim, a $k-i$ sa drugim obilježjem (tipom) klijenata. Vjerovatnoća pojave k klijenata u sistemu, bez obzira na obilježje koje ovi sobom nose, jednaka je

$$P_k = \sum_{i=0}^{k} P_{i,k-i}$$

Kao što se odmah može uočiti P_k je zbir vjerovatnoća $k+1$ kombinacije klijenata jednog i drugog obilježja, ali koje su međusobno vezane takođe vjerovatnoćama pojave tih obilježja u sistemu. Drugim riječima, vjerovatnoća pojave k klijenata od kojih ima jedno, a $k-1$ drugo obilježje, zavisi, kao i kod klasičnog SMO, od same veličine k, zatim λ i μ, ali i od odnosa jednih i drugih klijenata u toku. Ovi međusobni odnosi mogu da se iskažu binomnim obrascem:

$$P_{i,k-1} = \binom{k}{i} q^i (1-q)^{k-i} P_k \tag{1}$$

za koji je ispunjeno

$$\sum_{i=0}^{k} \binom{k}{i} q^i \, (1-q)^{k-i} = 1$$

gde je q vjerovatnoća pojave klijenata prvog, a $1-q$ (suprotna verovatnoća/, pojave klijenata drugog obilježja.

Postavimo sada sistem diferencijalnih jednačina za vjerovatnoće stanja sistema. Kako za stacionarni režim rada sistema diferencijalne jednačine postaju algebarske, to imamo:

- za stanje X_{00}

$$P_{00}(\lambda_1 + \lambda_2) + \mu_1 \cdot P_{10} + \mu_2 \cdot P_{01} = 0 \tag{2}$$

koristeći izraz (1) dobijamo:

$$P_{10} = qP_1 \qquad\qquad P_{01} = (1-q)P_1$$

i tada jednačina (2) postaje

$$P_{00}(\lambda_1 + \lambda_2) + [\mu_1 \cdot q + \mu_2 \cdot (1-q)]P_1 = 0$$

- za stanje X_{10} i X_{01} imamo

$$P_{10}(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) + \lambda_1 \cdot P_{00} + 2\mu_1 \cdot P_{20} + \mu_2 \cdot P_{11} = 0 \tag{3}$$

$$P_{01}(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2) + \lambda_2 \cdot P_{00} + 2\mu_2 \cdot P_{02} + \mu_1 \cdot P_{11} = 0 \tag{4}$$

Izvršimo zamjene koristeći izraz (1) i sabiranjem jednačina (3) i (4) imamo

$$-P_1(\lambda_2 + \lambda_1) - P_1[\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)] + P_0(\lambda_1 + \lambda_2) + 2P_2[\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)] = 0$$

Konačni izraz za dva klijenta u sistemu je:

$$-P_2(\lambda_1 + \lambda_2) - 2P_2[\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)] + P_1(\lambda_1 + \lambda_2) + 3P_3[\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)] = 0$$

i tako dalje.

$$-P_k(\lambda_1 + \lambda_2) - kP_k[\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)] + P_{k-1}(\lambda_1 + \lambda_2) + (k+1)P_{k+1}[\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)] = 0$$

$$-nP_n[\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)] + P_{k-1}(\lambda_1 + \lambda_2) = 0$$

Uvođenjem smjene U_k i sređivanjem gornjih izraza imamo:

$$U_k = -P_{k-1}(\lambda_1 + \lambda_2) + kP_k[\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)] = 0$$

za $k = 1,2,\dots,n-1$

odakle je

$$P_k = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)} \cdot \frac{P_{k-1}}{k} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)} \cdot \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)} \frac{P_{k-2}}{k(k-1)}$$

$$P_k = \left[\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)}\right]^k \cdot \frac{P_0}{K!}$$

Ako uvedemo smjenu

$$\rho = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\mu_1 \cdot q + \mu_2(1-q)}$$

i iskoristimo normirajući uslov imamo:

$$P_k = \frac{\frac{\rho^k}{K!}}{\sum_{k=0}^{n} \frac{\rho^k}{K!}} \cdot \frac{e^{-\rho}}{e^{-\rho}} = \frac{P_{k,\rho}}{R_{n,\rho}}$$

Zamjenom u /1/ imamo:

$$P_{i,k-i} = \binom{K}{i} q^i (1-q)^{k-i} \cdot \frac{P_{k,\rho}}{R_{n,\rho}}$$

za $i = 0,1,\dots,k; \qquad i \le k \ge n.$

Osnovna karakteristika rada sistema masovnog opsluživanja, vjerovatnoća opsluživanja i klijenata sa prvim obilježjem, je

$$P_{op}\ \overset{(i)}{S} = 1 - P_n = 1 - \frac{P_{i,n-1}}{\overset{n}{i}\ q^1 \cdot (1-q)^{n-1}}$$

Ostale karakteristike mogu se izračunati na isti način kao i kod klasičnog sistema masovnog opsluživanja.

3. POJEDNOSTAVLJENJE MODELA

Iz Moavr – Laplasove integralne teoreme [1] sledi:

- binomna raspodjela može da se zamijeni normalnom za $k \ge 50;\ 0,1 \le q \le 0,9$, pa jednačina (1) postaje

$$P_{i,k-i} = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(i-X)^2}{2\cdot\delta}} \cdot P_k$$

za

$$\delta = \sqrt{k \cdot q(1-q)}; \qquad X = k \cdot q$$

(za q blizu 0,5 binomna raspodjela raspodjela može da se aproksimira i za $n > 10$)

- u svim ostalim slučajevima binomna raspodjela se zamjenjuje Puasonovom, pa je:

$$P_{i,k-i} = \frac{X^i e^{-X}}{i!} \cdot P_k$$

za $X = k \cdot q$ gde je k broj kanala opsluživanja, a vjerovatnoća pojave klijenata s prvim obilježjem. Očigledno je da parametar X može imati jednu te istu vrijednost za različito k i q.

4. ZAKLJUČAK

Model masovnog opsluživanja sa otkazima i dva tipa klijenata obezbjeđuje sagledavanje uticaja svakog pojedinačnog tipa klijenata na ponašanje cjelokupnog sistema. Na taj način, određenim postupcima i mjerama moguće je uticati na promjene osnovnih karakteristika sistema, a time, često, i na njegovo racionalnije korišćenje.

5. LITERATURA

Aranđelović, I., Mitović, Z., Stojanović, V., Verovatnoća i statistika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 2011.

Gross, D., Harris, M. C., Fundamentals of queueing theory, John Wiley & Sons, New York, 1974.

Vukadinović, S., Masovno opsluživanje, Naučna knjiga, Beograd, 1988.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

CHALLENGES OF DEVELOPMENT AND BUSINESS STRATEGY IN THE CONDITIONS OF THE KOVID 19 PANDEMIC ON THE EXAMPLE - PE "SUBOTICATRANS" SUBOTICA AND AD "SEVERTRANS" SOMBOR

IZAZOVI RAZVOJA I STRATEGIJA POSLOVANJA U USLOVIMA PANDEMIJE KOVID 19 NA PRIMERU – JP "SUBOTICATRANS" SUBOTICA I AD "SEVERTRANS" SOMBOR

Dejan Gligović[a], Siniša Božičković[b], Slobodan Subotić[b], Duško Laković[c], Dragan Vukasović[a]

[a] *College of Business and Technical Education Doboj, Ozrenskih srpskih brigada 5A, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, gligovicdejan@gmail.com, dragan@gmail.com*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, sinisa.bozickovic@sf.ues.rs.ba, slobodan.subotic@sf.ues.rs.ba*

[c] *Independent University Banja Luka, Veljka Mladjenovica 12e, 71000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, duskolakovic@gmail.com*

Abstract: *Among the sectors most affected by the crisis due to the Covid 19 pandemic is passenger transport, which can be seen in the drastic decline in the number of passengers, especially in international traffic. The paper is dedicated to the negative consequences of the Coronavirus pandemic on the operations of the transport companies "Suboticatrans" and "Severtrans", the effects of state aid taken by the Government to overcome the negative consequences and the next steps that these companies must take to mitigate the negative effects. caused by the current pandemic. Crisis situations in the company's business affect changes in management style, since the crisis in the company necessarily imposes new challenges on top management of the company, because there are new challenges in business to which management must give an adequate, timely and market-balanced response.*

Key words: *passenger traffic, business, pandemic, financial result*

Apstrakt: *Među sektorima koji su najviše pogođeni krizom usled pandemije Covid 19 je i putnički prevoz, što se vidi i po drastičnom padu broja putnika, a pre svega u međunarodnom saobraćaju. Rad je posvećen sagledavanju negativnih posledica koje je na poslovanje saobraćajnih preduzeća „ Suboticatrans" i „Severtrans" ostavila pandemija korona virusa, zatim efektima državne pomoći koje je na prevazilaženje negativnih posledica preduzela Vlada i narednim koracima koje ova preduzeća moraju preduzeti kako bi ublažila negativne efekte koje je izazvala aktuelna pandemija. Krizne situacije u poslovanju preduzeća utiču na promene stila rukovođenja, budući da pojava krize u preduzeću nužno nameće nove izazove pred top menadžment preduzeća, jer se javljaju novi izazovi u poslovanju na koje menadžment mora dati adekvatan, blagovremen i tržišnoj situaciji balansiran odgovor.*

Ključne riječi: *putnički saobraćaj, poslovanje, pandemija, finansijski rezultat*

1. UVOD

Saobraćaj predstavlja izuzetno značajnu privrednu granu za opstanak i razvoj jedne privrede, pa tako i Republike Srbije. Ova privredna grana omogućuje podršku razvoju ostale privrede i bez razvoja saobraćaja nema kontinuiteta u razvoju privrednih aktivnosti, a samim tim bez dobro razvijene saobraćajne privrede i uopšte saobraćajne infrastrukture ne može se ostvariti nesmetani privredni razvoj i napredak privrednih aktivnosti jedne zemlje.

Danas jednu od značajnih komparativnih prednosti jedne zemlje predstavlja i razvoj saobraćajne infrastrukture i uopšte saobraćajne privrede jer saobraćaj predstavlja žilu kucavicu privrednih tokova i omogućava njihovo nesmetano odvijanje. Kada se posmatra putnički saobraćaj između dva međusobno povezana okruga Republike Srbije - Severnobačkog i Zapadnobačkog, svakako da dva preduzeća JP

"Suboticatrans" Subotica i "Severtrans" a.d. Sombor, čije će se poslovanje analizirati u ovom radu, predstavljaju osnovne transportne subjekte i nosioce saobraćajne privredne aktivnosti

Pojava virusa COVID 19, i uopšte razvoj ove pandemije, ostavio je nesagledive posledice na aktivnosti saobraćajne privrede, a svakako su se ti negativni efekti posebno reflektovali na saobraćajna preduzeća koja su usled obustave saobraćaja pretrpela velike negativne posledice i ogromne finansijske gubitke. Zahvljaujući državnoj pomoći uspele su se ublažiti ove negativne posledice, ali se one svakako u potpunosti ne mogu otkloniti. Istraživanjem u radu će se pokušati determinisati negativne posledice koje je za sobom ostavila pandemija korona virusa i determinisati benefite državne pomoći koja je usmerena ka sektoru transporta (putničkog i teretnog), te posebno ukazati na buduće korake koji se moraju preduzeti u pravcu očuvanja i jačanja ovog više nego pogođenog privrednog sektora.

2. EKONOMSKE POSLEDICE I IZAZOVI IZAZVANI PANDEMIJOM VIRUSA COVID 19

Početkom 2020. godine dolazi do velikog ekonomskog šoka izazvanog pojavom pandemije korona virusa koji je ostavio velike i nesagledive posledice na svetsku ekonomiju. Sama pojava pandemije kao eksternog ili egzogenog faktora je izazvala veliku ekonomsku recesiju, kako na makro nivou, tako i na mikro nivou. Usled velikih ekonomskih gubitaka teško je predvideti buduća ekonomska kretanja, ali sasvim je sigurno da će globalne ekonomske posledice biti više negativne i da se svetska ekonomija posle ove krize dugo godina neće oporaviti. Sadašnja ekonomska situacija ostavlja kreatorima ekonomske politike izuzetno težak zadatak vezan za sagledavanje posledica i predviđanja neophodnih ekonomskih mera u budućem periodu.

Već tokom 2019. godine predviđanja globalnih ekonomskih kretanja su ukazivala da se može očekivati usporavanje svetske ekonomije, odnosno usporavanje njenog rasta usled brojnih kretanja u globalnoj ekonomiji, poput sukoba vodećih svetskih ekonomskih sila, zatim usled ratnih sukoba u Ukrajini, kao i izlaska Velike Britanije iz Evropske unije, tzv. "Bregzit". Međutim, sva ova predviđanja globalnih ekonomskih kretanja u potpunosti je poremetio gore pomenuti smrtonosni virus SARS-CoV-2 koji je u potpunosti poremetio svetske ekonomske tokove.

Kako bi se sagledale globalne posledice, pre svega njihove negativne efekte izazvane pandemijom korona virusa, poslužiće tabela koja ukazuje na osnovne stope ekonomskog rasta posmatrano kroz dinamiku njihovog kretanja u periodu od 2018. do 2021. godine, kako na osnovu stvarnih empirijskih podataka, tako i na osnovu podatke o prejektovanom kretanju stopa ekonomskog rasta.

Table 1. Stope ekonomskog razvoja

Zemlje/Regional	2018	2019	2020 (Projekcije)	2021 (Projekcije)
Globalni atput	3.6	2.9	-3.0	5.8
Razvijene ekonomije	2.2	1.7	-6.1	4.5
SAD	2.9	2.3	-5.9	4.7
Evro zona	1.9	1.2	-7.5	4.7
Nemačka	1.5	0.6	-7.0	5.2
Francuska	1.7	1.3	-7.2	4.5
Italija	0.8	0.3	-9.1	4.8
Španija	2.4	2.0	-8.0	4.3
Japan	0.3	0.7	-5.2	3.0
UK	1.3	1.4	-6.5	4.0
Kanada	2.9	1.6	-6.2	4.2
Druge razvijene ekonomije	2.6	1.7	-4.6	4.5
Nedostajuća tržišta i ekonomije u razvoju	4.5	3.7	-1.0	6.6
Kina	6.7	6.1	1.2	9.3
Indija	6.1	4.2	1.9	7.4
Nastajuća i Evropa u razvoju	3.2	2.1	-5.2	4.2
Rusija	2.5	1.3	-5.5	3.5
Latinska Amerika i Karibi	1.1	0.1	-5.2	3.4
Brazil	1.3	1.1	-5.3	2.9
Meksiko	2.1	-0.1	-6.6	3.0

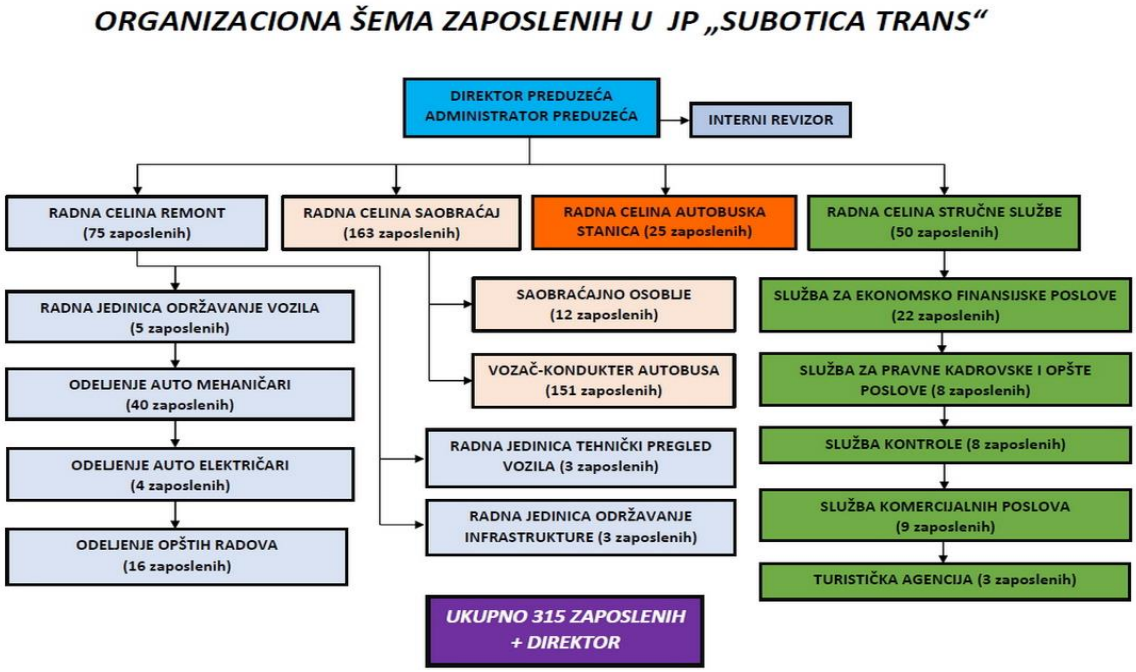
***Izvor**: Međunarodni monetarni fond, april 2020. godine*

Analizirajući prethodnu tabelu vidljivo da su u 2020. godini, u kojoj dolazi do razvoja pandemije korona virusa, sve zemlje ostvarile negativne stope ekonomskog rasta izuzev Kine i Indije koje su i pored štetnih posledica koje je prouzrokovala pandemija korona virusa uspele da očuvaju pozitivna ekonomska kretanja. Sve ostale zemlje su ostvarile negativne stope ekonomskog rasta, što je posebno vidljivo u zemljama koje su bile izuzetno pogođene virusom COVID-19, poput Španije gde se pad ekonmske aktivnosti kreće na nivou od 8 %, zatim Italija čija je ekonomija pretrpela ogromne štetne posledice i pad ekonomske aktivnosti na nivou od 9,1%, kao i Francuska i Nemačka čiji se pad ekonomske aktivnosti kreće na nivou od 7,2 %, odnosno 7%.

3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE JP "SUBOTICATRANS" SUBOTICA I "SEVERTRANS" A.D. SOMBOR

3.1. Osnovne karakteristike odabranih preduzeća

Radi lakšeg razumevanja funkcionisanja javnog preduzeća prikazana je organizaciona struktura ***JP "Subotica - trans" Subotica,*** a koja na najbolji način odslikava celokupnu delatnost javnog preduzeća:

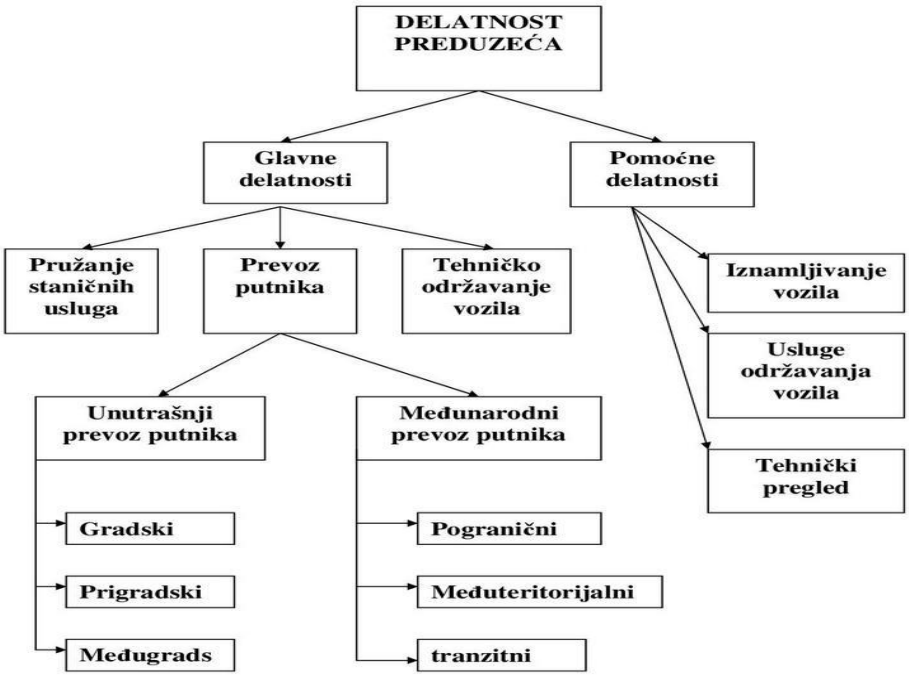


Slika 1. Organizaciona šema JP "Subotica - trans" Subotica

Izvor: *https://sutrans.rs/O-preduzece.html (datum pristupa: 21. februara 2021. godine)*

Analizirajući organizacionu strukturu javnog preduzeća, uočavamo da se u okviru preduzeća identifikuju sledeće organizacione celine i to: remont (održavanje vozila, auto mehaničari, auto električari i opšti poslovi), zatim radna celina saobraćaj (saobraćajno osoblje, vozači - kondukter autobusa, tehnički pregled i održavanje infrastukture), zatim radna celina autobuska stanica i radna celina koja obuhvata stručne službe (ekonomsko - finansijske poslove, pravne, kadrovske i opšte poslove, služba kontrole, komercijalnih poslova i turistička agencija). Analizrajući organizacionu strukturu javnog preduzeća je jasno uočljivo da ima ukupno 315 zaposlenih, pri čemu se može identifikovati da je najveći deo zaposlenih u radnoj celini saobraćaj, u kojoj se nalazi 163 zaposlena ili 52%, odnosno sami vozači - kondukteri autobusa pojedinačno obuhvataju najveći deo zaposlenih (oko 151 zaposlenih), a što je potpuno opravdano budući da oni čine srž, odnosno jezgro delatnosti javnog preduzeća.

Pretežna delatnost preduzeća ***"Severtans" a.d. Sombor*** je prevoz putnika u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju, kao i prevoz putnika u gradskom i prigradskom saobraćaju. Pored ove pretežne delatnosti preduzeće se bavi i prevozom putnika u gradskom i prigradskom saobraćaju. U okviru svoje delatnosti preduzeće se bavi i sledećim delatnostima: iznajmljivanjem vozila, zatim tehničkim pregledom vozila, kao i uslugama održavanja vozila. U cilju lakšeg sagledavanja delatnosti preduzeća, pregled delatnosti je prezentiran na sledećem grafikonu:



Slika 2. Pregled delatnosti preduzeća A.D. "Severtrans" Sombor

Izvor: http://www.severtrans.rs/page/onama.html (datum pristupa: 15.02.2021. godine)

Analizirajući delatnost privrednog društva "Severtrans" a.d. Sombor je jasno uočljivo da su glavne delatnosti privrednog društva pružanje staničnih usluga, prevoz putnika i tehničko održavanje vozila. Prevoz putnika obuhvata unutrašnji prevoz putnika (gradski, prigradski i međugradski) i međunarodni prevoz putnika (pogranični, međuteritorijalni i tranzitni). Privredno društvo u okviru svojih pomoćnih delatnosti obavlja sledeće poslove i to: iznajmljivanje vozila, usluge održavanja vozila i tehnički pregled.

3.2. Osnovni finansijski pokazatelji poslovanja odabranih preduzeća

U cilju sagledavanja poslovanje ova dva privredna društva (javna preduzeća) potrebno je sagledati osnovne finansijske pokazatelje poslovanja. U tabeli broj 2. su prezentirani osnovni finansijski pokazatelji preduzeća a.d. "Severtrans" Sombor u periodu od 2017. do 2019. godine:

Tabela broj 2. Pregled osnovnih finansijskih podataka preduzeća A.D. "Severtrans" Sombor

Godina	Poslovni prihodi/rashodi	Finansijski prihodi/rashodi	Ostali prihodi/rashodi	Neto dobitak
2017.	691.235.000/ 671.409.000	8.910.000/ 17.716.000	23.661.000/ 9.144.00	32.343.000
2018.	736.894.000/ 690.319.000	7.458.000/ 1.103.000	101.124.000/ 12.344.000	26.057.000
2019.	726.453.000/ 730.579.000	2.415.000/ 3.265.000	18.224.000/ 12.248.000	2.088.000

Izvor: www.apr.gov.rs (datum pristupa: 15.02.2021. godine)

Na osnovu pokazatelja iz tabele, vidljivo je da je preduzeće ostvarilo najbolji poslovni rezultat u 2017. godini što je iskazano kroz ostavrenu neto dobit, dok je najviše poslovne prihode ostvarilo u 2018. godini. Preduzeće je u 2018. godini ostvarilo i izuzetno visok nivo ostalih prihoda. Finansijski prihodi su ispoljili tendenciju pada od 2017. do 2019. godine. Rast poslovnih prihoda je pratio i rast poslovnih rashoda koji su u 2019. godini premašili iznos poslovnih prihoda. Finasijski prihodi su padali na godišnjem nivou od 2017. do 2019. godine, dok su ostali rashodi ispoljili tendenciju rasta. Preduzeće je zabilježilo i nagli pad neto dobitka u 2019. godinu za 92% u odnosu na prethodnu 2018. godinu. Posledica ovakvog stanja su rast rashoda (poslovnih, finansijskih i ostalih) u 2019. godini u odnosu na prethodnu 2018. godinu.

Tabela broj 3. prikazuje kretanje finansijskih pokazatelja javnog preduzeća "Suboticatrans" a.d Subotica u periodu od 2017. do 2019. godine.

Tabela broj 3. Pregled osnovnih finansijskih podataka preduzeća JP "Suboticatrans" Subotica

Godina	Poslovni prihodi/rashodi	Finansijski prihodi/rashodi	Ostali prihodi/rashodi	Neto dobitak
2017	775.758.000/ 720.895.000	3.194.000/ 256.000	9.352.000/ 29.924.000	11.774.000
2018	762.223.000/ 747.036.000	1.843.000/ 260.000	9.532.000/ 25.778.000	1.941.000
2019	801.701.000/ 804.058.000	2.072.000/ 773.000	9.833.000/ 7.775.000	404.000

Izvor: www.apr.gov.rs (datum pristupa: 15.02.2021. godine)

Preduzeće je iskazalo najviše poslovne prihode u 2019. godini, akoji su ispoljili tendenciju rasta od 2017. do 2019. godine. Rast poslovnih prihoda je pratio i ras finansijskih rashoda u sve tri poslovne godine. Najviši nivo finansijskih prihoda je zabeležen u 2017. godini, a finansijskih rashoda u 2019. godini. Ostali prihodi su uglavnom ostali nepromenjeni u sve tri godine, dok su ostali rashodi zabeležili nagli pad u 2019. godini. Preduzeće je ostvarilo najveći neto dobitak u 2017. godini, a najmanji neto dobitak u 2019. godini, koji je smanjen za 79% u odnosu na 2018. godinu. Razlog ovako slabog neto dobitka u 2019. godini je porast poslovnih rashoda u osnosu na poslovne prihode, kao i nagli rast finansijskih rashoda.

3.3. Poslovanje odabranih preduzeća kroz prizmu finansijske analize

Kako bi se sagledalo poslovanje odabranih transportnih preduzeća i ukazali na njegove specifičnosti je neophodno izvršiti anlizu finansijskih izveštaja kroz ključne pokazatelje poslovanja. Kroz naredne tabelarne prikaze ukazaćemo na ključne pokazatelje poslovanja JP "Suboticatrans" Subotica i "Severtrans" a.d. Sombor, a koji će nam ukazati na osnovne tendencije u poslovanju ova dva preduzeća.

Tabela broj 4. pokazuje osnovne finansijske pokazatelje poslovanja JP "Suboticatrans" Subotica, a koji ilustruju osnovne karakteristike njegovog poslovanja.

Tabela broj 4. Pregled finansijskih pokazatelja preduzeća JP "Suboticatrans" Subotica[5]

	2018.	2019.	2020. – realizacija	Plan 2021.
EBITDA	73.330,000	69.434,000	6.082,000	27.284,000
ROA	0,299	0,052	- 9,334	- 7,078
ROE	0,315	0,063	- 11,660	- 8,893
Operativni novčani tok	72.645,000	75.454,000	27.316,000	37.029,000
Dug/kapital	34,729	60,759	60,378	67,299
Likvidnost	112	130,143	110,991	114,938
% zarade u poslovnim prihodima	41,534	45,484	56,270	56,900

Izvor: Kalkulacija autora

Analizirajući podatke iz tabele broj 4., mogu se izvesti osnovni zaključci vezani za poslovanje JP "Subotica - trans" Subotica. Ukoliko se analizira kretanje zarade u ukupnim poslovnim prihodima, vidljivo je da se u periodu od 2018. godine do 2020. godine uočava procentualni rast zarada zaposlenih u poslovnim prihodima javnog preduzeća, budući da se 2018. godine zarada kretala na nivou od 41,534%, da bi u 2020. godini ovaj procenat dostigao 56,270%. Posmatrajući pokazatelje profitabilnosti (ROA i ROE), uočavamo da je u 2018. i 2019. godini preduzeće imalo rast pokazateljea ROA (stopa prinosa kapitala), dok je u 2020. godini i 2021. godini ostvarena negativna stopa ROA koja ukazuje na pad profitabilnosti. Pokazatelj ROE (stopa prinosa kapitala) takođe pokazuje tendenciju rasta u 2018. i 2019. godini, dok je u 2020. i 2021. godini ostvarena negativna stopa. Prezentirani podaci ukazuju na rast zaduženosti preduzeća, budući da se zaduženost preduzeća kretala sa učešćem duga u kapitalu od 34,729% u 2018. godini, dok je procena da će se zaduženost preduzeća u 2021. godini kretati na nivou od 67,299 %. Likvidnost se u posmatranom periodu kreće na relativno stabilnom nivou. To pokazuje da preduzeće ima dobru pokrivenost kratkročnog duga obrtnim sredstvima, odnosno da posjeduje kratkoročnu finansijsku ravnotežu.

Tabela broj 5. Pregled finansijskih pokazatelja preduzeća "Severtrans" a.d. Sombor

	2017	2018	2019
EBITDA	- 64.789.000,00	- 21.906.000,00	- 43.965.000,00
ROA	5,89	5,46	0,43
ROE	288,91	71,61	1,67
Operativni novčani tok	-123.117.123,00	33.260.000,00	44.902.000,00
Likvidnost	41,58	47,09	41,62

Izvor: Kalkulacija autora

Analizirajući prethodnu tabelu koja prati osnovne pokazatelje finansijskog poslovanja preduzeća "Severtrans" Sombor, može se uočiti da stopa prinosa na ukupna sredstva pokazuje značajan pad u 2019. godini i iznosi svega 0,43 u odnosu na 2017. godinu, kada je iznosila 5,89 i 2018. godinu kada je iznosila 5,46. Posebno značajan pad se identifikuje u praćenju

kretanja stope prinosa na sopstvena sredstva (kapital) koja je 2017. godine iznosila 288,91%, da bi u 2019. godini iznosila svega 1,67%. Likvidnost se kreće iznad 40%, tako da je u 2017. godini je iznosila 41,58%, u 2018. godini je iznosila 47,09%, a u 2019. godini je iznosila 41,62%. Operativni novčani tok koji pokazuje razliku između priliva i odliva gotovine iz poslovnih aktivnosti je ispoljio tendenciju porasta, budući da je u 2019. godini dosegao iznos od 44.902.000 dinara razlike u koristi priliva gotovine iz poslovnih aktivnosti. Ono što je zabrinjavajuće kada se posmatra poslovanje ovog preduzeća jeste kretanje EBITDA - e koja pokazuje permanentno negativan trend.

4. EFEKTI MERA DRŽAVE NA POSLOVANJE U FUNKCIJI TRŽIŠNOG OPSTANKA PREDUZEĆA

Republika Srbija je u uslovima pandemije preduzela značajne mere u pravcu prevazilaženja negativnih efekata izazvanih pojavom virusa "korona". Mere koje je Srbija preduzela obuhvataju paket u vrednosti od 5,1 milijardu evra ili oko 11% bruto - društvenog proizvoda. Program države Srbije koji je usmeren na prevazilaženje negativnih efekata prouzrokovanih pandemijom virusa "korona", pre svega je obuhvatio sledeće mere (https://www.propisi.net/program-mera-za-pomoc-privredi-srbije-pogodjenoj-posledicama epidemije-korona, datum pristupa: 20. februar 2021. godine):

1) odlaganje plaćanja poreza na zarade i doprinose za privatni sektor tokom trajanja vanrednog stanja uz kasniju otplatu nastale obaveze u ratama sa početkom najranije od 2021. godine,
2) odlaganje plaćanja akontacija poreza na dobit u drugom kvartalu i
3) oslobađanje davalaca donacija od obaveze plaćanja PDV - a.

U sklopu ekonomskih mera države je predviđena i direktna pomoć preduzetnicima, kao i mikro, malim i srednjim preduzećima u privatnom sektoru, uplatom pomoći u visini minimalca, kao i sa druge strane direktna pomoć velikim preduzećima kroz uplatu 50% minimalne zarade za vreme trajanja vanrednog stanja.

Pored toga država je u sklopu svojih mera, odnosno paketa pomoći privredi predvidela i mere za očuvanje likvidnosti u privatnom sektoru koje se odnose na (https://www.propisi.net/program-mera-za-pomoc-privredi-srbije-pogodjenoj-posledicama epidemije-korona, datum pristupa: 20. februar 2021. godine):

1) program finansijske podrške privredi u uslovima krize izazvane virusom KOVID 19 kroz Fond za razvoj Republike Srbije,
2) garantna šema za podršku privredi u uslovima KOVID 19 krize,
3) moratorijum na isplatu dividendi do kraja godine, osim u sluačaju javnih preduzeća,
4) fiskalni stimulans - direktna pomoć svim punoletnim građanima.

Procenjuje se da će direktna državna davanja privredi državu koštati oko 609 milijardi dinara. Osnovni cilj svih ovih mera jeste da se pomogne privredi u teškim uslovima poslovanja izazvanim virusom KOVID 19, a pre svega mere targetiraju pomoć preduzećima u očuvanju zaposlenosti.

Država je predvidela i izvesna ograničenja u primeni ovih mera, tj. ove mere ne mogu da koriste sledeći privredni subjekti:

1) privredni subjekti koji u toku vanrednog stanja umanje broj zaposlenih za više od 10 procenata uz isključenje zaposlenih na određeno vreme kojima ugovor ističe tokom vanrednog stanja i
2) privredni subjekti koji su prekinuli poslovanje pre proglašenja vanrednog stanja na prostoru Republike Srbije, tj. pre 15. marta 2020. godine.

U okviru predviđenih mera države za pomoć privrednim subjektima, posebno kao adekvatne mere treba istaći pogram koji se odnosi na dodelu kredita za očuvanje likvidnosti i nabavku obrtnih sredstava koji uključuju kako je već ranije istaknuto podršku preduzetnicima, mikro, malim i srednjim preduzećima, kao i poljoprivrednim gazdinstvima i zadrugama. Garantne šeme kao jedan od mehanizama pomoći privrednim subjektima se odnose na podršku kreditima koji se realizuju preko komercijalnih banaka koje posluju na području Republike Srbije, a za ovu meru je predviđeno oko 264 milijardi dinara.

Značajnu ulogu u očuvanju funkcionisanja finansijskog sistema Republike Srbije preduzela je i Narodna banka Srbije, koja je sprovela izvesne mere. Pre svega je došlo do zastoja u otplati rata kredita i finansijskih obaveza na osnovu finansijskog lizinga, a takođe posebnom odlukom Narodne banke Srbije je zabranjena naplata naknada i drugih troškova vezanih za uplate donacija radi ublažavanja negativnih efekata izazvanih virusom korona.

Posebno težak udar virusa su preživela transportna preduzeća (posebno u domenu putničkog saobraćaja), budući da je proglašenjem vanrednog stanja zabranjen gradski i prigradski prevoz, a usled zatvaranja graničnih prelaza u potpunosti je ugašen turistički promet, što se negativno odrazilo kako na sferu turističkih preduzeća, tako i na trasnportna preduzeća kojima će trebati značajna finansijska injekcija države da bi prevazišla udar koji sa sobom nosi virus i ekonomske posledice izazvane ovim virusom.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Analizirajući prethodna razmatranja jasno se može uočiti da je pojava virusa korona tokom 2020. godine na području Republike Srbije izazvala nesagledive ekonomske posledice na ukupnu privredu i funkcionisanje finansijsko - ekonomskog sistema u domicilnim poslovnim uslovima, što je (kada se sa ove vremenske distance posmatra) izazvalo pravi ekonomski šok.

U okviru prethodnih razmatranja je jasno uočljivo da je intencija seminarskog rada bila fokusirana na sagledavanja pre svega negativnih efekata koje je ekonomska kriza izazvana KOVID 19, ostavila na funkcionisanje domicilnog privredno - ekonomskog sistema, kao i globalne svetske privrede. Najbolja ilustracija teške ekonomske krize se ogledala u prikazanim stopama rasta privrede, naročito u 2021. godini gde se jasno može zaključiti da su posledice koje je kriza ostavila na funkcionisanje privrednog sistema više nego zastrašujuće.

Da bi se analiziralo stanje transportnih preduzeća u uslovima korona krize i sagledali efekte krize na poslovanje preduzeća, neophodno je bilo ukazati na karakteristike njihovog poslovanja pre početka krize. Analizirajući dva preduzeća iz sfere transportnog sektora JP "Subotica - trans" Subotica i a.d. "Severtrans" Sombor, ukazali smo na njihove krakteristike razvoja i istorijskog nastanka. U tu svrhu smo se poslužili pregledom osnovnih trendova finansijskog poslovanja ova dva preduzeća kroz sagledavanje njihovih poslovnih prihoda i rashoda, zatim finansijskih prihoda i rashoda, kao i ostalih prihoda i rashoda i naročito kretanje njihove neto dobiti. Kroz osnovne finansijske pokazatelje ilustrovani su poslovanje preduzeća u periodu od 2017. do 2019. godine, kao i projekcije poslovanja preduzeća u 2020. i 2021. godini.

U uslovima krize od preduzeća se zahteva fleksibilnije delovanje, tj. poslovanje, pa se zahteva razvoj jednog specifičnog menadžmenta - kriznog menadžmenta. Ukazali smo na osnovne karakteristike kriznog menadžmenta i potrebu njegove implementacije naročito u aktuelnim uslovima uzrokovani ekonomskom krizom - KOVID 19.

Centralna tema u analizi poslovanja posmatrana dva preduzeća jesu modaliteti finansijske pomoći koje je država stavila na raspolaganje privrednim subjektima kako bi im omogućila očuvanje kontinuiteta poslovanja u više nego složenim uslovima. Svakako da su transportna preduzeća bila izuzetno pogođena krizom, jer su se mere vanrednog stanja dirtektno odnosile na preduzeća iz ove sfere kroz zabranu bilo kojih vidova trasnporta.

Istraživanjima u radu se nastojalo ukazati na osnovne izazove sa kojima se suočavaju transportna preduzeća, konkretno u sferi autobuskog transporta u uslovima pandemije virusa "korona", te determinisati potencijalne mehanizme koji stoje na raspolaganju ovim preduzećima u prevazilaženju posledica ove nezapamćene ekonomske krize. Svakako da je ovaj rad samo jedan u nizu radova koji će se u narednom periodu baviti ovom složenom problematikom, pre svega kroz sagledavanje negativnih efekata na poslovanje preduzeća posmatrano sa mikro aspekta, a nadalje i na funkcionisanje celokupne privrede posmatrano sa makro aspekta. Sigurno da će ova kriza iznedriti neke od novih ekonomskih instrumenata koji stoje na raspolaganju privrednim subjektima u prevazilaženju posledica globalne ekonomske krize.

6. REFERENCES

Avakumović Č., Avakumović J., Milinković S. (2010). Krizni menadžment u poslovno

proizodnim sistemima. Međunarodna naučna konferencija "Menadžment 2010", Kruševac, 17 - 18. marta 2010. godine.

Gligović D., Novaković S. (2011). Kreativnost i inovacije u funkciji konkurentske prednosti. Časopis "Svarog", broj 3/2011. Banja Luka: Nezavisni univerzitet.

Zvanična internet prezentacija javnog preduzeća "Suboticatrans" Subotica: https://sutrans.rs.

Zvanična internet prezentacija preduzeća "Severtrans" a.d. Sombor: http://www.severtrans.rs.

Zvanična internet prezentacija magazina za bezbednost "SecuritySEE.com": https://www.securitysee.com.

Zvanična internet prezentacija Agencije za privredne registre: apr.gov.rs.

Zvanična internet prezentacija izdavačko - grafičkog društva: propisi.net.

Ljubojević, Č. (2004). Marketing usluga. Novi Sad: Fakultet za uslužni biznis.

Praščević A. (2020). Ekonomski šok pandemije COVID 19 - prekretnica u globalnim ekonomskim kretanjima. Časopis "Ekonomske ideje i praksa", broj 37. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet.

Todosijević R. (2004). Tehnologija i konkurencija kao izazovi razvoja. Časopis "Hemijska industrija", broj 58(4). Beograd: Savez hemijskih inženjera.

https://www.propisi.net/program-mera-za-pomoc-privredi-srbije-pogodjenoj-posledicama epidemije-korona, datum pristupa: 20. februar 2021. godine.

VIII International Symposium
NEW HORIZONS 2021
of transport and communications
26 - 27 November
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

TRAFFIC NETWORKS AS A FACTOR OF ECONOMIC DEVELOPMENT AND REGIONAL CONCENTRATION OF ECONOMIC ACTIVITIES

SAOBRAĆAJNE MREŽE KAO FAKTOR EKONOMSKOG RAZVOJA I REGIONALNE KONCENTRACIJE PRIVREDNIH DJELATNOSTI

Siniša Božičković[a], Cviko Jekić[b], Zumreta Galijašević[c], Milan Eremija[a], Saša Ostojić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, sinisa.bozickovic@sf.ues.rs.ba, milan.eremija@sf.ues.rs.ba, ostojicsasa310@gmail.com*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Economics, Studentska 11, 76100 Brcko, Bosnia and Herzegovina, cviko.jekic.efb@gmail.com*

[c] *Braće Pobric broj 36, 74270 Tesanj, Bosnia and Herzegovina, zumreta.galijasevic@gmail.com*

Abstrakt: *The paper presents research on the regional concentration of economic activity whose share in GDP is the largest in the Republic of Srpska and the density of the transport network as factors of economic development. The largest in achieving economic growth in Republika Srpska three economic activities are important: Agriculture, forestry and fishing (A), Manufacturing industry (C) and Wholesale and retail trade, repair of motor vehicles and motorcycles (G) These activities, according to data for 2019, have a significant share in the creation GDP (32.17%). The Herfindahl-Hirschman index is used as a measure of concentration concentration. The aim of the research is to prove whether the density of the traffic network affected concentration of economic activities, or activities have a certain dispersion towards competitive or comparative advantages of the regions of Republika Srpska. At the same time it will to investigate the density of the traffic network in economic regions. The research results are useful strategic management in creating strategies for the development of individual activities, as well as management that creates policies for economic development of Republika Srpska.*

Key words: *concentration, economic activity, traffic network*

Apstrakt: *U radu su predstavljena istraživanja regionalne koncentracije privrednih djelatnost čije je učešće u BDP najveće u Republici Srpskoj i gustine saobraćajne mreže kao faktora ekonomskog razvoja. U ostvarivanju privrednog rasta Republike Srpske najveći značaj imaju tri privredne djelatnosti: Poljoprivreda, šumarstvo i ribolov (A), Prerađivačka industrija (C) i Trgovina na veliko i malo, popravka motornih vozila i motocikala (G). Navedene djelatnosti, prema podacima za 2019. godinu, imaju značajno učešće u stvaranju BDP (32,17%). Kao mjera koncentracije koristi se Herfindahl-Hiršmanov indeks koncentracije. Cilj istraživanja je dokazivanje da li je gustina saobraćajne mreže uticala na koncentraciju privrednih djelatnosti, ili djelatnosti imaju određenu disperziju prema konkurentnim ili komparativnim prednostima regija Republike Srpske. Istovremeno će se istražiti i gustina saobraćajne mreže u privrednim regijama. Rezultati istraživanja su korisni strateškom menadžmentu kod kreiranja strategija razvoja pojedinih djelatnosti, kao i menadžmenta koji kreira politike ekonomskog razvoja Republike Srpske.*

Ključne riječi: *koncentracija, privredna djelatnosti, saobraćajne mreže.*

1. UVOD

Interesovanje za istraživanje prostornih dispariteta, koncentracija ili distribucija privrednih djelatnosti, počinje sa radovima iz osamnaestog vijeka Marshall (1890.), koji ističe osnovne principe ekonomije i uvodi pojam koncentracija industrije. Tokom prošlog vijeka razrađuju se teorije lokacijskih ekonomija Hoover (1936.), dok početkom ovog vijeka se razvijaju regionalne nauke i razrađuju urbane sredine gdje se geografski koncentrišu određene djelatnosti prema Deverux, Griffith i Simpsons (2004.).

Regionalnom koncentracijom u Evropskoj uniji, od 1980 do 1985. godine, bavio se Hallet (2000.), koji je koristio različite mjere za izračunavanje koncentracije, specijalizacije, klasterizacije, centralizacije i dohodka sektorske proizvodnje na nivou regija. Prema njemu, četiri mjere koncentracije su pokazale da poljoprivreda i

povezana prerada poljoprivrednih proizvoda, kao i svakodnevne usluge uveliko raspršene u prostoru, dok su prerađivačke industrije sa visokim ekonomijama obima koncentrisane u nekoliko lokacija. Traistaru, Nijkamp i Longhi (2002.) su istraživali obrazce koncentracije za pojedine zemlje istočne i srednje evrope koje su 2004. godine pristupile Evropskoj uniji. Prema ovim obrascima, visoko koncentrisane su one industrije sa velikim ekonomijama obima, sofisticiranim tehnologijama i većim platama. Kod većine industrija nije došlo do značajnih promjena u nivou koncentracije osim u Bugarskoj gdje se povećala. Traistar, Iara i Pauna(2002.) bavili su se porastom industrijske koncentracije za sedam od trinaest industrijskih grana u Rumuniji. Prema njima, zabilježena je veća koncentracija bruto društvenog proizvoda (BDP) u odnosu na regionalni BDP po glavi stanovnika, što implicira tendenciju veće polarizacije dohotka. Takođe, Goschin i ostali(2009.) zaključuju kako je došlo do porasta industrijske koncentracije u periodu 1995. do 2006. godine u Rumuniji. Aigingeri Davies (2004.) su devedesetih godina istraživali kretanje koncentracije i specijalizacije u Evropskoj uniji. Dokazali su da veća specijalizacija ne znači nužno i veća geografska koncentracija industrije, odnosno došlo je do povećanja specijalizacije zemalja ali i smanjenja industrijske koncentracije. Paralelno kretanje procesa koncentracije i specijalizacije moguće je samo ako su posmatrane zemlje i industrije jednakih veličina. Kineski naučnik Liu (2014) upoređuje globalnu i lokalnu ekonomiju, gdje vrši mjerenje geografske koncentracije industrije.

Najjači interes za ovu problematiku se javlja u poslednjoj deceniji prošlog vijeka kada se razvijaju različite varijante Ginijeva koeficijenta koncentracije, i to: lokacijski Ginijev koeficijent (Krugman, 1991), prostorni Ginijev koeficijent koncentracije (Sternbergi Litzenberger, 2004), indeks geografske koncentracije (Ellisoni Glaeser, 1997). Bikkeri Haaf (2002) u svom radu obrađuju devet mjera koncentracije, i to: koncentracijski odnos, Hefindal – Hiršmanov indeks, Hal – Tidemanov indeks, Rosenblutov indeks, sveobuhvatni indeks industrijske koncentracije, Hanah – Kajev indeks, U – indeks, Hausov indeks, mjera entropije, kao i druge.

Visok nivo razvijenosti konkurencije u svim tržišnim segmentima je važan preduslov efikasnog funkcionisanja ekonomskog sistema, zbog čega ekonomska politika svake zemlje treba da bude usmjerena prema njenoj zaštiti i jačanju (Barjaktarović, Paunović, 2012). Sa sagledavanjem stepena koncentracije a uz pomoć određenih regulatornih mjera, na vrijeme se pruža mogućnost za spriječavanje urušavanja tržišnih principa u svim privrednim granama. Kako proces procjene razvijenosti konkurencije na tržištu ne bi bio baziran samo na subjektivnim procjenama i analizama, uvedeni su određeni matematički modeli koji kvantifikuju stepen konkurencije na tržištu (Radivojević, 2013).

Koncentracija djelatnosti pokazuje u kojoj mjeri neko manje geografsko područje ima udjela u ekonomskoj djelatnosti nacionalne teritorije. Na primjer, analizom određene industrijske grane, geografskom koncentracijom se mjeri distribucija njenih regionalnih udjela. Visoka koncentracija industrije podrazumjeva i veliki dio industrijske proizvodnje koji je lociran u jednoj regiji ili nekoliko njih. U Republici Srpskoj, najveća koncentracija privrednih subjekata i privredne aktivnosti se dešava oko gradova, prvenstveno tamo gdje je razvijena saobraćajna infrastruktura. Veliki uticaj na ovakav privredni disparitet u Republici Srpskoj su imala privredna kretanja u svijetu, sa pojavom procesa globalizacije.

Privredna aktivnost u Republici Srpskoj nije ravnomjerno raspoređena. Pojedine privredne djelatnosti su izrazito prostorno raspoređene dok druge imaju disperziju, kao i u mnogim zemljama svijeta. Na teritorijalni raspored privrednih djelatnosti utiču brojni faktori koji su uzrokovani postojanjem centripetalnih i centrifugalnih sila (Krugman, 1999). Centripetalne sile djeluju na koncentraciju djelatnosti (lociranje poslovnih subjekata u blizini sirovina, izvora energije, potrošača i tamo gdje je gustina saobraćajne mreže veća), dok centrifugalne sile stvaraju distribuciju djelatnosti na čitavom nacionalnom prostoru, čime se vrši premještanje kapitala.

2. METODE

2.1. Herfindahl-Hiršmanov indeks koncentracije

U istraživanju će se primijeniti pogodna metoda proračuna prostorne koncentracije, kao što je Herfindahl-Hiršmanov indeks (HH_i). Analiza prostorne koncentracije vrši se za privredne djelatnosti: A, C, G, koje imaju relativno veliko učešće u BDP Republike Srpske, naspram privredne djelatnosti H - Saobraćaj i skladište. Prostorna koncentracija privredenih aktivnosti provedena je na disagregatnom nivou, što podrazumjeva izračunavanje relevantnih mjera prostorne koncentracije za 19. privrednih djelatnosti a prema standardizovanoj klasifikaciji djelatnosti (KD) u Republici Srpskoj. Prostorna koncentracija definisana je prema Spiezia (2002.):

$$HH_i = \sum_{j=1}^{N} y_i^2, \quad (1)$$

gdje je:

i– djelatnost/sektor;

j– region;

y_i– udio BDP ili zaposlenih u djelatnosti ili sektoru*i,* regiona *j* u ukupnom

nacionalnom BDP ili zaposlenim u djelatnostiili sektoru *i;*

N–predstavlja broj regiona u zemlji.

Indeks HH_i se kreće od 1/N gdje svi regioni imaju isto učešće u BDP ili zaposlenim odnosno nema koncentracije, te 1 gdje je sva proizvodnja koncentrisana u jednom regionu, odnosno maksimalna koncentracija. Regije imaju različita područja, tako da se ispravna mjera geografske koncentracije može upoređivati kao udio BDP-a svakog regiona u nacionalnom nivou. Prema tome, ako je HH_i jednako 1, to bi značilo ukupnu koncentraciju BDP-a ili zaposlenih, odnosno maksimalna koncentracija u jednoj regiji.

Ovaj autor uvodi normalizovani Herfindalov indeks u cilju kreiranja standardizovanog tumačenja, i definiše se kao:

$$H^* = \frac{(H-\frac{1}{N})}{1-\frac{1}{N}} = \frac{HN-1}{N-1}, \quad (2)$$

gdje je N broj regiona u zemlji, H vrijednost Herfindalovog indeksa. Vrijednost normalizovane verzije se kreće se od 0 (bez koncentracije) do 1 (maksimalna koncentracija).

2.2. Prostorna i demografska gustoća saobraćajne mreže

Pokazatelj razvijenosti saobraćajne mreže predstvalja odnos između dužine mreže (D) i površine teritorija (P), (km mreže / 100 km^2). U literaturi se spominje kao prostorna gustoća saobraćajne mreže (Rodrigue, 2007).

$$G_p = \frac{D \cdot 100}{P} \quad (3)$$

Demografska gustoća – relativni pokazatelj razvijenosti saobraćajne mreže koji posmatra odnos između dužine mreže (D) i broja stanovnika (km mreže / 10 000 stanovnika)

$$G_d = \frac{D \cdot 10000}{S} \quad (4)$$

Prostorna i demografska gustoća često ne daje dobre pokazatelje. Zbog toga se koristi opšti ili sintetički pokazatelj razvijenosti saobraćajne mreže pod nazivom Engeleov koeficijent. On se dobije množenjem prostorne i demografske gustoće.

$$E = \sqrt{\frac{D \cdot 100}{P}} \cdot \sqrt{\frac{D \cdot 10000}{S}} = \frac{D \cdot 1000}{\sqrt{P \cdot S}} \quad (5)$$

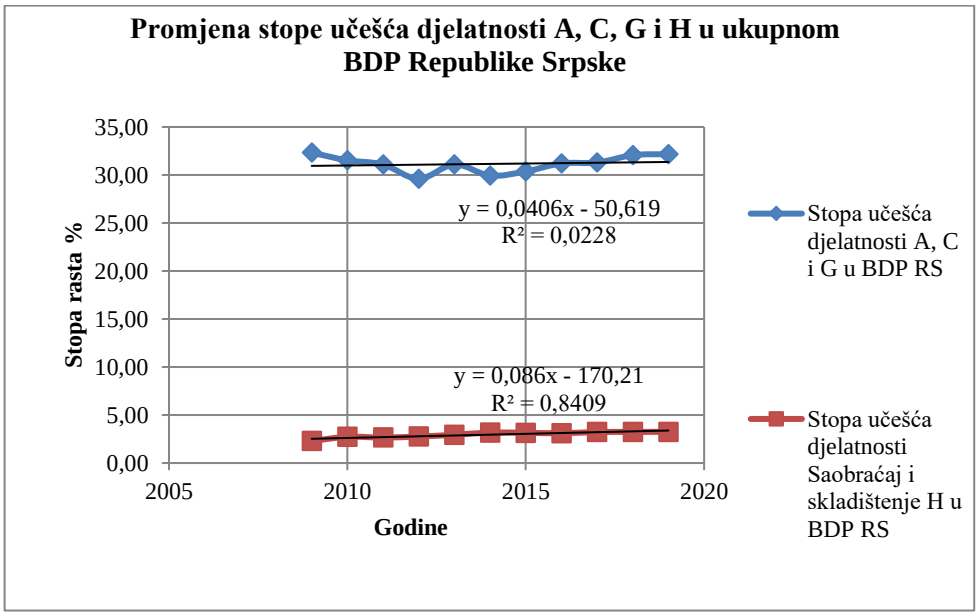
Istraživanje je izvršeno na području privrednih komora Republike Srpske za period 2015. do 2019. godina. Privredne regije je razvrstala Republička privredna komora i to: Banja Luka, Doboj, Bijeljina, Istočno Sarajevo i Trebinje. Podaci su prikupljeni iz sekundarnih izvora podataka, odnosno izdanja koje objavljuje Statistički zavod Republike Srpske.

3. REZULTATI

U ovom istraživanju posmatraju se četiri varijable: BDP Republike Srpske, Poljoprivreda, šumarstvo i ribolov (A), Prerađivačka industrija (C), Trgovina na veliko i malo, popravka motornih vozila i motocikala (G), te djelatnost H - Saobraćaj i skladištenje. Istraživanja se odnose na kretanja ukupnog učešća djelatnosti A, C i G, te djelatnost H u ukupnom BDP za period od 2009. do 2019. godine. Provedena istraživanja pokazuju da je njihova stopa rasta varirala, odnosno učešće u svim djelatnostima je opadao i rastao tokom posmatranog vremena, naročito ako se posmatraja stopa učešća djelatnosti A,C i G. Pomoću multiple regresije biće prognozirana uloga saobraćaja za budući razvoj privrednih aktivnosti u Republici Srpskoj. Ocjena će se vršiti na osnovu zavisne varijable BDP, a ostale četiri nezavisne.

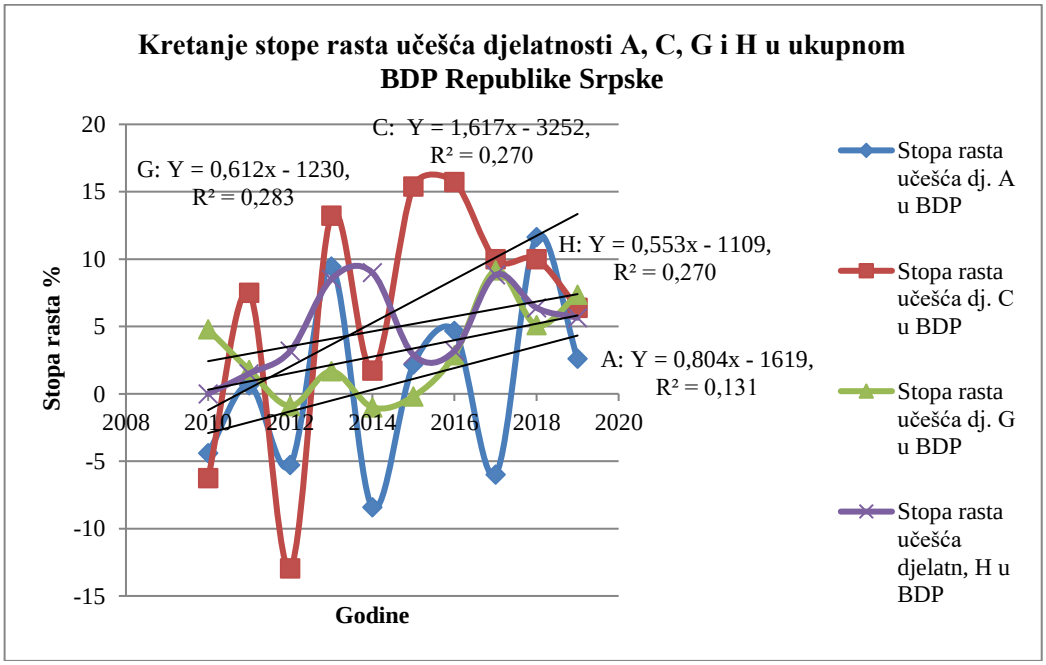
Na početku posmatranog perioda, 2009. do 2019. godina, učešće djelatnosti A,C i G u BDP Republike Srpske iznosio je 32,33% i ima evidentan pad do 2012. godine, kada je imao učešće od 29,6%. U 2013. godini doživljava rast na 31,10%, pa zatim pad u 2014. godini (29,60%), zbog već poznatih elementarnih nepogoda (poplave) koje su zadesile Republiku Srpsku. Od 2014. pa do 2018. godine ova učešća doživljavaju rast, tako da u 2019. godini ona iznose 32,17%. Znači, da se ekonomska aktivnost u ovim djelatnostima povećava. Primjećuje se da je najveće učešće ovih djelatnosti u ukupnom BDP bilo 2009. godine i da je u 2019. godini postiglo učešće od 32,17%, Slika 1.

Pod pretpostavkom da ostale privredne djelatnosti nemaju uticaja na stopu rasta BDP, tada će se prosječna stopa rasta BDP RS povećavati za 0,04% za jedinicu promjene učešća BDP za djelatnosti A, C, G i H u ukupnom BDP RS, dok je za djelattnost Saobraćaja i skladištenja H 0,086% godišnje. Koeficijenti determinacije pokazuju velike oscilacije stope rasta učešća djelatnost A, C i G (R^2=0,022) u odnosu na djelatnost H (R^2=0,840). To ipak znači da su neke posmatrane privredne djelatnosti imale velike oscilacije u stopi promjene učešća u ukupnom BDP Republike Srpske.



Slika 1: Stopa učešća djelatnosti A+ C+ G i H u ukupnom BDP Republike Srpske (Autor, na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske)

Najveći doprinos učešća prosječne stope rasta BDP ima Prerađivačka industrija C - (1,6%), zatim djelatnost A - Poljoprivreda, šumarstvo i ribolov (0,80%), Trgovina na veliko i malo, popravka motornih vozila i motocikala - G (0,61%) i na kraju djelatnost Saobraćaja i skladištenja H - (0,55%), Slika 2. Ovdje se primjećuje da su najveće oscilacije stope rasta kod djelatnosta A (R^2=0,13) a najmanje kod djelatnosti G (R^2=0,28%).



Slika 2: Stopa učešća djelatnosti A, C, G i H u ukupnom BDP Republike Srpske (Autor, na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske)

Uspostavljena regresija BDP u funkciji djelatnosti A, C, G, i H, izražena u 000 hiljada KM, predstavljena je sljedećom regresionom jednačinom:

$$BDP = 2494813 + 0{,}59\ A + 1{,}70\ C + 2{,}85\ G + 5{,}76\ H$$

Osnovni regresioni podaci dati su u Tabeli 1:

Table 1. Osnovni regresioni podaci prediktora

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	2494813	925767	2,69	0,036	
A	0,592	1,115	0,53	0,615	2,3
C	1,7009	0,4528	3,76	0,009	10,9
G	2,8543	0,9311	3,07	0,022	9,1
H	5,764	1,853	3,11	0,021	10,2

```
S = 100070   R-Sq = 99,4%   R-Sq(adj) = 99,0%

PRESS = 198907459277   R-Sq(pred) = 97,95%
```

Možemo zaključiti da svako povećenje BDP u djelatnostima za 000 KM utiče na povećanje BDP na nivou Republike Srpske. Najveći doprinos u povećanju BDP imaju ulaganja u djelatnost H - Saobraćaj i skladištenje (5,76), a najmanji doprinos se ostvaruje u djelatnosti Poljoprivrede, šumarstva i ribolova - A (0,59. Pored toga, primjećuje se veoma visok koeficjent determinacije koji iznosi R-Sq = 99,4%. On pokazuje da je ovim istraživanjem objašnjeno 99,4% varijabli, za ostalih 0,6% utiču nama nepoznati faktori. R-Sq(adj) pokazuje da je 99,0% objašnjena varijansa a ostatak je neobjašnjeni dio varijanse. R-Sq(pred) = 97,95% je blizu vrijednosti R-Sq i R-Sq(adj), čime možemo zaključiti da regresioni model ima odgovarajuće sposobnosti predviđanja. Model je značajan (p=0,036), a visoku signitifikantnost su dali prediktori C, G, H, dok prediktor A nije signtifikantan (p=0,615, što je veći od p= 0,05).

Faktor inflacije varijance (VIF) mjeri koliko se povećava varijansa procijenjenog koeficijenta regresije ako su prediktori povezani. Tako na primjer: ako je VIF = 1 ukazuje na to da nema veze između prediktora; VIF > 1 označava da su prediktori povezani; VIF > 5 - 10 ukazuje na to da su regresijski koeficijenti loše povezani. Ako je VIF < 1, nema multikolinearnosti. Na osnovu ove notacije, naši faktori su povezani, stim što jačina povezanosti pada ako VIF raste preko 5, a unašem slučaju su djelatnosti C, G i H.

U istraživanju je testirano da li postoji značajna razlika u dvije varijanse, zavisne i nezavisnih varijabli. Dobili smo da F test dvije varijanse iznosi 240,71 što je manje od tabličnog. Očigledno je da izračunata vrijednost (F=240,71) obilježja ne premašuje kritičnu vrijednost, zbog čega prihvatamo nultu hipotezu, uz tvrdnju da nema značajne razlike u odstupanjima varijanse zavisne i nezavisnih varijabla. Testiranjem varijanse možemo zaključiti da je nulta hipoteza prihvaćena, jer je p < 0,05 (p = 0,00). Vidimo da je ispunjen uslov da je najmanje jedna nezavisna varijabla (A, C, G i H) u linearnom odnosu sa BDP (zavisnom varijablom). Osnovni podaci analize varijanse dati su u nastavku.

```
Analysis of Variance

Source          DF           SS           MS       F      P
Regression       4  9,64209E+12  2,41052E+12  240,71  0,000
Residual Error   6  60084421974  10014070329
Total           10  9,70218E+12

Durbin-Watson statistic = 2,33432
```

Durbin-Watson statistika prikazuje sličnost uzmeđu dva niza. DW statistika otkriva autokorelaciju u podacima, tako ako je: DW = 0-2 - pozitivna autokorelacija DW =2 - nema autokorelacije i DW > 2-4 - negativna autokorelacija.

Putna mreža u Republici Srpskoj se u poslednjoj deceniji, naročito ako su u pitanju savremeni putevi, razvija i povećava. Kada se posmatra izgradnja savremene mreže puteva u drumskom saobraćaju (posmatrana dužina puta u km) u odnosu na 2009. godinu, tada je: regija Banja Luka imala povećanje za 14%, regija Doboj za 7%, regija Bijeljina i Istočno Sarajevo po 11% i regija Trebinje za 8%. Primjećujemo da je najviše savremene putne mreže izgrađeno u privrednoj regiji Banja Luka a najmanje u privrednoj regiji Doboj. Ukupno povećanje savremene putne mreže u Republici Srpskoj iznosi 11%. Na osnovu podataka Republičkog statističkog zavoda dolazi se do zaključka da je u posmatranom periodu od 2009. do 2019. godine prevoz putnika i roba u drumskom i željezničkom transportu se smanjuje. Tako na primjer: prosječna stopa smanjenja transporta putnika u drumskom saobraćaju je 3%, dok je smanjenje transporta roba u prosjeku 4% godišnje. Prosječna stopa smanjenja transporta putnika u željezničkom saobraćaju je 1%, dok je smanjenje transporta roba u prosjeku 2%.

godišnje. Jedini napredak ima vazdušni saobraćaj: broj letova povećava se sa prosječnom godišnjom stopom rasta od 27%, dok prevoz putnika raste sa stopom od 95% godišnje.

Kada se posmatra N broj privrednih regija, gdje je u našem slučaju N=5, indeks se kreće između 0,25 i 1. Što je indeks bliži vrijednosti 1/N posmatrane djelatnosti su ravnomjernije raspoređene po regijama. Što više teži jedinici, posmatrana djelatnost više se koncentriše u pojedine regije.

Rang koncentracije djelatnosti A, C, G i H po regijama za 2019. godinu prikazan je u Tabeli 2:

Tabela 2: Rang koncentracije privrednih djelatnosti po privrednim regijama Republike Srpske

Rang koncentracije	Privredne djelatnosti: A, C, G i H			
	A	C	G	H
1	BL	BL	BL	BL
2	IS	DO	BIJ	DO
3	BIJ	BIJ	DO	BIJ
4	DO	IS	IS	IS
5	TR	TR	TR	TR

Primjećuje se da su sve četiri posmatrane privredne djelatnosti koncentrisane u privrednoj regiji Banja Luka.

Tabela 3: Uporedni pregled ranga HHi za 2015 i 2019. godinu

RANG	KD	HHi 2015	KD	HHi 2018
1	L	0,64	L	0,72
2	K	0,49	K	0,51
3	J	0,48	J	0,51
4	M	0,43	M	0,49
5	S	0,34	N	0,40
6	C	0,34	S	0,38
7	G	0,34	C	0,37
8	N	0,33	G	0,36
9	Q	0,32	B	0,35
10	R	0,32	Q	0,35
11	B	0,32	R	0,35
12	A	0,31	O	0,34
13	F	0,31	H	0,33
14	O	0,31	F	0,33
15	I	0,31	I	0,32
16	H	0,30	P	0,32
17	P	0,29	A	0,30
18	E	0,26	E	0,27
19	D	0,23	D	0,23

Izvor: Autor, na osnovu podataka Republičkog statističkog zavoda RS

Uporedni prikaz promjene ranga HHi koncentracije djelatnosti A, C, G i H u okviru ostalih privrednih djelatnosti u Republici Srpskoj prikazana je u Tabeli 3. Uočavamo da je došlo do smanjenja ranga za djelatnosti C sa 6. na 7., a djelatnost G sa 7. na 8., dok djelatnost A je smanjila svoj rang sa 12. na 17. Djelatnost H je povećala svoj rang, sa 16. na 13. Inače, djelatnost H je druga u rangu koncentracije djelatnosti u regiji Banja Luke. Može se konstatovati da su navedene djelatnosti zadržale visok nivo koncentracije, jer je HHi> 0,18. Uporedni pregled ranga privrednih djelatnosti HHi za 2015. i 2019. godinu prikazani su u Tabeli 3.

Razvijenost saobraćajne mreže jedan je od faktora opredeljenja izbora lokacije mnogih fabrika. S druge strane, regije u kojima postoje prirodna bogatstva i razvijene privredne zone, saobraćajna mreža se brže uspostavlja. Indikator razvijenosti saobraćajne mreže po privrednim regijama, izražen kao prostorna razvijenost G_p, demografska gustina mreže D_d i Engelov koeficijent koji predstavlja proizvod G_p i G_d, prikazan je u tabeli 3.

Tabela 3: Indikatori razvijenosti saobraćajne mreže

REGIJE	***Prostorna razvijenost (G_p)*** km mreže / 100 km^2	***Demografska gustina mreže (G_d)*** *km mreže / 10 000 stanovnika*	***Engeleov koeficijent (G_p xG_d)***
BANJA LUKA	38,34	66,74	50,58
DOBOJ	40,52	67,76	52,40
BIJELJINA	50,77	70,30	59,62
ISTOČNO SARAJEVO	50,70	176,07	94,50
TREBINJE	30,38	219,17	81,60
Ukupno RS	40,40	87,59	59,49

Prostorna razvijenost ili gustoća saobraćajne mreže najveća je u regiji Bijeljina. U ovoj regiji na svakih 100 kvadratnih kilometara površine regije pripada 50,77 km putne mreže. Najmanja razvijenost je u regiji Trebinje (30,38). Kada je u pitanju demografska gustina mreže tada se uočava nenaseljenost regije Istočno Sarajevo. Na svakih 10.000 stanovnika pripada 219,17 km putne mreže, dok je za regiju Banja luka 66,74. Dakle, Engelov koeficijent je pokazao da je razvijenost saobraćajne mreže za regiju Banja Luka najmanja, obzirom na njenu najveću površinu, broj stanovnika i dužinu putne mreže. Ovom je doprinijela u prosjeku duplo veća površina regije i broj stanovnika u odnosu na ostale regije.

4. DISKUSIJA

Na osnovu iznesenog, provedena istraživanja razvrstana su u tri dijela: a) istraživanja multivarijantnog regresionog modela, koji objašnjava regresionu vezu između BDP Republike Srpske, kao zavisne varijable, i sa druge strane, visine učešća BDP privrednih djelatnosti A, C, G i H u ukupnom BDP, kao nezavisne varijable. Saobraćajne mreže, kao faktor ekonomskog razvoja posmtran je kroz prizmu privredne djelatnosti H. Time se istražuje koliku unosnost imaju navedene privredne djelatnosti u rastu ukupnog BDP Republike Srpske, obzirom da prve tri navedene djelatnosti imaju 32,17% ukupnog BDP. Time su navedene djelatnosti postale značajne u analizi uticaja faktora na ekonomski razvoj Republike Srpske; b) istraživanje koncentracije privrednih djelatnosti po privrednim regijama kao primarnog cilja, a kao sekundarni, dokazivanje da je visok indeks koncentracije i djelatnosti H u regijama gdje se koncentriše privredna djelatnost; c) komparativno poređenje dužine saobraćajne mreže, broja prevoza putnika i tereta po privrednim regijama Republike Srpske; d) istraživanje prostorne razvijenosti i demografske gustine saobraćajne mreže gustine koja treba da ukaže na potrebu bržeg razvoja saobraćajne mreže regije.

Dokazano je da istraženi multivariacioni regresioni model ima odgovarajuće sposobnosti za predviđanja, obzirom da je R-Sq(pred) = 97,95% blizu koeficijenta determinacije R-Sq = 99,4% i velikim dijelom pokriven objašnjenom varijansom R-Sq(adj) = 99,0%. Pored toga, svi koeficijenti uz nezavisne varijable su nenegativni i utiču na rast BDP Republike Srpske. Najveću unosnost ima djelatnost H (5,67) a najmanju privredna djelatnost A (0,59). Dakle, rast BDP raste i učešće BDP posmatranih privrednh djelatnost u ukupnom BDP Republike Srpske.

Istraživanje koncentracije privrednih djelatnosti po privrednim regijama pomoću Herfindahl-Hiršmanovog indeksa koncentracije pokazala su da posmatrane privredne djelatnosti, kao i veći broj drugih djelatnosti koncentrisano u privrednu regiju Banja Luka. Pored toga, komparativnom analizom ovog indeksa za 2015. godinu uočavamo da se rang posmatranih djelatnost u 2019. godini promijenuo, Tabela 3. Zaključujemo da je djelatnost H povećala svoj rang za razliku od djelatnosti A, C i G, koje su imale pad. Najveći pad ima djelatnost A. Privredna djelatnosti H koncentrisana je u regiju Banja Luka. Međutim, istraživanja koncentracije djelatnosti u okviru ove regije pokazuje da se najveća koncentracija dešava za privrednu djelatnost L, i to u lokalnoj zajednici grada Banja Luka.

Komparativno poređenje dužine saobraćajne mreže, broja prevoza putnika i tereta po privrednim regijama Republike Srpske su pokazala: prosječna stopa smanjenja transporta putnika u drumskom saobraćaju je 3%, dok je smanjenje transporta roba u prosjeku 4% godišnje. Slično tome je i prevoz u željezničkom saobraćaju, osim avio saobraćaja koji doživljava veliku ekspanziju. Dužina izgradnje savremene putne mreže je naveća u regiji Banja Luka (14%), dok je najmanja u regiji Doboj (/%) u odnosu na 2009. godinu.

Engelov koeficijent, kao indikator razvijenosti saobraćajne mreže po privrednim regijama, uzima u obzir površinu regije, broj stanovnika u regiji i dužinu saobraćajne mreže. Pokazuje namanju vrijednost za regiju Banja Luka (50,58), što ovu regiju svrstava u manje razvijenu saobraćajnu mrežu u odnosu na ostale privredne regije.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Istraživanja su pokazala kompleksnost veza između stope rasta BDP Republike Srpske u funkciji učešća prediktora BDP djelatnost A, C, G, a koji imaju visoko učešće u BDP Republike Srpske. Djelatnost H je analizirana upravo zbog uzročnosti koncentracije privrednih djelatnosti i razvijenosti saobraćajne mreže. Koncentracija privrednih djelatnosti povlači sa sobom razvoj saobraćajne mreže, što se kroz ova istraživanja i dokazuje. Regresioni multivariacioni model će služiti da se na osnovu promjene ulaganja u neke od četiri varijable prognozira rast BDP na nivou Republike Srpske.

Herfindahl-Hiršmanov indeks koncentracije privrednih djelatnosti A, C i G pokazuje da su ove djelatnosti koncentrisane u regiji Banja Luka, a da je za uzvrat tome u regiji Banja Luka krenulo intezivnije razvijanje djelatnosti H, Tabela 3. Ovome ide u prilog i analiza indikatora saobraćajne mreže, gdje je Engelov koeficijent u regiji Banja Luka najniži.

Istraživanja su pokazala tendencije razvoja privrednih regija i koncentraciju privrednih djelatnosti. Ovim se potvrđuju tvrdnje mnogih istraživača i ekonomista da se ekonomske aktivnosti sele u mega centre i regije sa bogatim prirodnim resursima. Takve sredine su primorane na ubrzani razvoj saobraćajne mreže i njene infrastrukture.

Buduća istraživanja će biti usmjerena na sveaobuhvatnu analizu koncentracije svih privrednih djelatnosti i privrednih regija u kojima se vrši koncentracija. Usmjerena dislokacija privrednih djelatnosti u konkurentne i komparativne prednosti regija dovest će do ravnomjernog ekonomskog razvoja privrednih regija Republike Srpske. Pored toga, buduća istraživanja treba usmjeriti na iznalaženje uzročno-posljednjičkih veza u razvoju privrednih djelatnosti i djelatnosti H - saobraćaj i skladištenje.

6. LITERATURA

Babić, M. (1997). Makroekonomski modeli, Mate, Zagreb, str.57.

Đerić, B. (1997). Teorija i politika privrednog razvoja, Savremena administracija, Beograd, str.39.

Devereux, M. P., & Griffith, R., & Simpson, H. (2004). The geographic distribution of production activity in the UK, Regional Science and Urban Economics.

Hallet, M. (2000). Regional specialisation and concentration in the EU, Economic Papers,141, European Commission, Brussels.

Hoover, E. M. (1948). The Location of Economic Activity, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London.

Kejnz J., M. (1998). Opća teorija zaposlenosti, kamate i novca, Mate, Zagreb.

Liu, Z. (2014). Global and Local: Measuring Geographical Concentration of China's Manufacturing Industries, The Professional Geographer.

Marshall, A. (1890). Principles of Economics (8th ed.), MacMillan, London,

Rodrigue, J-P., & Comtois, C., & Slack, B. (2007). The geography of transport systems, Routledge, New York.

Spiezia, V. (2002). Geographic Concentration of Production and Unemployment in OECD

Sternberg, R., Litzenberger, T., (2004). Regional Clusters in Germany – their Geography and their Relevance for Entrepreneurial Activities, European Planning Studies12 (6), 767-791.

Traistaru, I., Iara, A. i Pauna, C. (2002). Regional structural change and growth in Romania,rad prezentovan na 42. kongresu Evropske regionalne naučne asocijacije, Dortmund.

Traistaru, I., Nijkamp, P i Longhi, S. (2002). Regional Specialization and Concentration ofIndustrial Activity in Accession Countries, ZEI Working Paper, B16.

Zelenika, R. (2001). Prometni sustavi. Tehnologija – organizacija – ekonomika – logistika – menadžemnt, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka 2001. (str. 39-54; 107- 170; 255-348).

Radivojević, V. (2013). Mjerenje koncentracije i tržišne moći privrednih subjekata u funkciji unapređenja politike zaštite konkurencije. Niš:Univerzitetu Nišu - Ekonomski fakultet. Doktorska disertacija.

www. komorars.ba (dostupna https://komorars.ba/podrucne-privredne-komore).