

YUNEX TRAFFIC

Uniting
what's next
in traffic.



Zbornik radova XIV konferencije
sa međunarodnim učesćem

tesi 2024

tes*i* 2024

Zbornik radova XIV konferencije
sa međunarodnim učesćem

Ulaganje u budućnost

Konferencija o TEhnikama Saobraćajnog Inženjerstva



Univerzitet u Beogradu
Saobraćajni fakultet

Hotel Mona, Zlatibor,
10. i 11. Okt. 2024.

Od "Beograda na vodi"...



Sistem adaptibilnog upravljanja saobraćajem

Posvećenost posebnim zahtevima svakog klijenta

Praćenje dinamike saobraćaja, ublažavanje zagušenja, očuvanje urbane mobilnosti

Visoka pouzdanost sistema osigurana daljinskim nadzorom nad njegovom ispravnošću i efikasnošću rada u realnom vremenu

Efeti upravljanja se neprekidno vrednuju i o tome izveštava na jednostavan i brz način

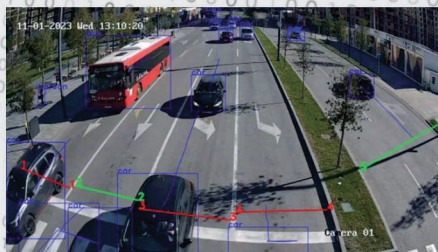


... do Kotora "na vodi"

VIDEO analiza saobraćajnog zahteva



AI alat



Namenski snimljen materijal ili drugi video zapisi saobraćajnog procesa raskrsnice, kružnog toka ili drugog saobraćajnog objekta obrađuju se pomoću AI* alata u VTC softveru i, u zdatom formatu, klijentu isporučuju baza detaljnog brojanja saobraćaja, struktura tokova, I-C matrice i drugi rezultati specifikirane analize videa

ELCOM BGD

Neka bude svetlost, ali pametna

* AI (Artificial Intelligence)

KONFERENCIJA SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM



XIV konferencija o TEhnikama Saobraćajnog Inženjerstva

ZBORNİK RADOVA

ORGANIZATOR:

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Generalni sponzor:
YUNEX traffic

UZ PODRŠKU:

Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija i
Inženjerske komore Srbije

ZLATIBOR, 10 - 12. OKTOBAR 2024.



YUNEX
TRAFFIC



ZBORNİK RADOVA: XIV KONFERENCIJA O TEHNIKAMA SAOBRAĆAJNOG INŽENJERSTVA

UREDNIK:	dr Nikola Čelar
ZA IZDAVAČA:	dekan, dr Milorad Kilibarda
GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK:	dr Mirjana Bugarinović
IZDAVAČ:	Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, http://www.sf.bg.ac.rs telefon: 3976 017; fax: 3096 704
PRIPREMA:	Vladimir Đorić, Dragana Petrović i Izdavačka delatnost Saobraćajnog fakulteta; idsf@sf.bg.ac.rs ; telefon: 3091 344; (skriptarnica) sfknjige@sf.bg.ac.rs ;
ŠTAMPA:	DONAT GRAF DOO BEOGRAD, Vučka Milićevića, 29, 11306 Grocka; telefon: 011 29 28 265; www.donatgraf.com
TIRAŽ:	250
ISBN 978-86-7395-487-5	
DOI	https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954875/TESi.2024.DR
GODINA IZDAVANJA:	2024.

CIP - Каталогизacija у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

656.1(082)
625.7(082)

KONFERENCIJA o tehnikama saobraćajnog inženjerstva (14 ; 2024 ; Златибор)

Konferencija sa međunarodnim učešćem TESI : zbornik radova / XIV konferencija o tehnikama saobraćajnog inženjerstva, Zlatibor, 10 - 12. oktobar 2024. ; organizator Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet ; [urednik Nikola Čelar]. - Beograd : Univerzitet, Saobraćajni fakultet, 2024 (Beograd : Donat graf). - 471 str. : ilustr. ; 24 cm

Tekst ćir. i lat. - Tiraž 250. - Napomene uz radove. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7395-487-5

a) Друмски саобраћај -- Зборници б) Путеви – Зборници

COBISS.SR-ID 152727049

Svi radovi u zborniku su kategorisani kao naučno-stručni osim naučnih radova na stranama: 35, 58, 205 i 336

PRESEDAVAJUĆI KONFERENCIJE

Prof. dr Nikola Čelar, dis

REDAKCIONI I PROGRAMSKI ODBOR

Prof. dr Nikola Čelar, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija, Predsednik
Doc. dr Jelena Kajalić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Doc. dr Stamenka Stanković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Prof. dr Vladimir Đorić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Prof. dr Ivan Ivanović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Prof. dr Dragana Petrović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Prof. dr Vladan Tubić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Prof. dr Draženko Glavić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Prof. dr Marijo Vidas, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Prof. dr Ana Trpković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Doc. dr Marina Milenković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Doc. dr Nemanja Stepanović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Prof. dr Jelena Simičević, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Doc. dr Vladimir Čuljković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Doc. dr Sanja Fric, Građevinski fakultet Beograd, Srbija
Prof. dr Vuk Bogdanović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Prof. dr Valentina Mirović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Prof. dr Marko Subotić, Saobraćajni fakultet Doboj, Bosna i Hercegovina
Prof. dr Luka Novačko, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
Prof. dr Jasmina Bunevska Talevska, Tehnički fakultet Bitola, Severna Makedonija
Prof. dr Osman Lindov, Fakultet za saobraćaj i komunikacije u Sarajevu, BiH
Prof. dr Mustafa Mehanović, Fakultet za saobraćaj i komunikacije u Sarajevu, BiH

ORGANIZACIONI ODBOR

Prof. dr Vladimir Đorić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija, Predsednik
Prof. dr Ivan Ivanović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Doc. dr Jelena Kajalić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Doc. dr Stamenka Stanković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Prof. dr Dragana Petrović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija
Sreten Jevremović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

SADRŽAJ

Plenarna sesija 1

UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM I NOVE TEHNOLOGIJE

Upravljanje saobraćajem na kružnim raskrscima – iznuđeno rešenje <i>Nikola Čelar, Jelena Kajalić, Stamenka Stanković</i>	13
Optimizacija saobraćajnog procesa na kružnim raskrscima implementacijom adaptibilnog sistema upravljanja saobraćajem – primeri dve kružne raskrsnice u Budvi <i>Anđela Lazarević, Margareta Ilić, Aleksandra Kovač</i>	22
Analiza uslova odvijanja saobraćaja nakon rekonstrukcije raskrsnice Bulevar Nemanjića i ulice Vojvode Mišića u Nišu <i>Stefan Mihajlović, Nenad Ruškić, Jovan Mišić</i>	29
Istraživanje prihvatljivog intervala sleđenja na nesignalisanim raskrscima (naučni rad) <i>Tijana Nikolić, Milica Memarović, Stamenka Stanković, Vladan Tubić</i>	35
Izmena režima saobraćaja na Kamenom mostu iz motorizovanog u pešački u naselju Ivanjica <i>Predrag Samardžija, M. Počuč, M. Ilić Tomić, G. Kalamanda, N. Stošić</i>	43
Analiza uslova odvijanja saobraćaja na četvorokrakoj raskrsnici državnog puta IB-22 sa ulicom Branka Ćopića u Novom Pazaru nakon optimizacije saobraćajnog toka <i>Milana Šarenac, Aleksandar Petrić</i>	50
Metodologija vrednovanja kvaliteta upravljanja saobraćajnim tokovima primenom Normalne (Gausove) raspodele (naučni rad) <i>Margareta Ilić, Anđela Lazarević, Aleksandra Kovač</i>	58
Adaptibilno upravljanje saobraćajem u Ugrinovačkoj ulici <i>Vukašin Terzić</i>	65
Komponente sistema za upravljanje svetlosnim signalima <i>Marijana Mladenović, Miloš Mladenović</i>	72
Primena IT i neuronskih mreža za efikasno obezbeđenje kvalitetnih podataka o saobraćajnom zahtevu <i>Aleksandra Kovač</i>	79
Digitalization of road infrastructure – V2X communication <i>Stefan Milivojević, Marijana Mladenović, Milan Radivojević,</i>	85
Обновљиви извори енергије у служби техничког регулисања саобраћаја (светлосна саобраћајна сигнализација – семафори на соларно напајање) <i>Миладин Милошевић, Весна Павловић-Космић</i>	93
The Process of Identifying Road Sections and Locations for Installing Advisory Speed Signs <i>Dragoslav Kukić, Đorđe Stanisavljević, Miloš Tučić, Ognjen Čuljković</i>	100

Plenarna sesija 2

SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE - izazovi i iskustva

Преглед и примена српских стандарда из области саобраћајног инжењерства и усаглашеност са регулативом	109
<i>Јелена Кртенић, Јелена Скоковић, Ана Трпковић</i>	
Nedostaci srpskih standarda za putokaznu signalizaciju	118
<i>Dragan Nićiforović</i>	
Одређивање прегледности за безбедно претицање као предуслов за пројектовање разделне линије	125
<i>Марија Живадиновић, Боривоје Алексић, Л. Савковић, К. Радуловић</i>	
Стање и перспектива за коришћење возила за микромобилност у Републици Србији	133
<i>Ана Трпковић, Сретен Јевремовић, Бранимир Станић</i>	
Stavovi i preferencije starijih osoba u Srbiji prema biciklističkoj infrastrukturi	139
<i>Sreten Jevremović, Ana Trpković, Marjana Čubranić Dobrodolac</i>	
Десет најчешћих грешака у саобраћајним пројектима привремене саобраћајне сигнализације – искуства града Београда	146
<i>Љиљана Кузмановић</i>	
Упутство за одређивање минималних ширина заузећа приликом извођења радова на тротоару	151
<i>Љиљана Кузмановић</i>	
Idejno rešenje za redizajniranje klasične raskrsnice u kružnu – primer raskrsnice u Aleksandrovcu	156
<i>Svetlana Živadinović</i>	
Istraživanje efekata vibracionih traka na smanjenje brzine kretanja vozila u zoni pješačkih prelaza	162
<i>Milan Andrijašević, V. Ilić, B. Matović, V. Bogdanović, R. Vujadinović</i>	
Primena aktivnih tehničkih mera zaštite od buke u procesu projektovanja puteva	170
<i>Sanja Fric, D. Gavran, V. Ilić, F. Trpčevski, S. Vranjevac, M. Lukić, N. Milovanović</i>	
Типични примери недостатака пута на којима су идентификована опасна места – „crne tačke“	179
<i>Dragoslav Kukić, Miloš Tučić, Đorđe Stanisavljević, Ognjen Čuljković</i>	
Испитивање квалитета саобраћајне сигнализације на подручју основних школа у Чачку	188
<i>Невена Маринковић, Ана Трпковић, Сретен Јевремовић, А. Новаковић</i>	
Утицај категорије саобраћајнице на квалитет вертикалне саобраћајне сигнализације-пример зоне у Београду	197
<i>Марина Николић</i>	

Plenarna sesija 3

EFIKASNOST PUTNOG SAOBRAĆAJA

Uticao komercijalnih vozila na saobraćajni tok vangradskih puteva – studija slučaja Republike Srpske (naučni rad)	205
<i>Marko Subotić, Vladan Tubić, Željko Stević</i>	
Методологија за димензионисање станице за наплату путарине – пример наплатне станице „Камрга“	217
<i>Марина Миленковић, Немања Степановић, Драженко Главић</i>	
Uticao primene kombinovane razdelne linije na nivo usluge dvotračnih puteva	226
<i>Nenad Zagrađanin, Nemanja Garunović, Vuk Bogdanović</i>	
Analiza potreba za izgradnjom obilaznice u naselju Odžaci	234
<i>Nikolina Stošić, Valentina Mirović, M. Počuč, I. Vukobratović, G. Kalamanda</i>	
Analiza dostignutih saobraćajnih efekata na auto-putu „Miloš Veliki“	241
<i>Miodrag Poledica, Ivana Subotić, Jovan Drobnjak, N. Kecović, L. Zečević</i>	
Утицај изградње аутопута А2 „Милош Велики“ од Београда до Прелјине на величину и расподелу саобраћајних токова у утицајном подручју	248
<i>Лазар Стојановић, Милош Тубић, Немања Степановић</i>	
Preraspodela saobraćajnih tokova na potezu državnog puta IB-22 od Dića do Nevada nakon izgradnje poteza autoputa IA-A2 od Beograda do Preljine	256
<i>Miroslav Jovanović, Petar Đapić</i>	
Analiza dostignutih saobraćajnih efekata na obilaznici Beograda nakon godinu dana eksploatacije u profilu auto-puta	262
<i>Miodrag Poledica, Ivana Subotić, Stefan Jakšić, Jovan Drobnjak</i>	
Analiza merenja osovinskog opterećenja teških teretnih vozila B-WIM uređajem na mreži državnih puteva	268
<i>Ivana Andrijanić, Marko Bajić, Ivana Kuljanin, Jelena Dogandžić</i>	
Анализа утицаја кишних падавина на брзину саобраћајног тока на деоници Баточина – Крагујевац	274
<i>Ивона Јашић, Драган Пантелић</i>	
Modifikovana australijska metodologija za analizu troškova eksploatacije motornih vozila	281
<i>Marijo Vidas, Vladan Tubić, Nemanja Stepanović</i>	
Методe вредновања пешачких простора, пример Трга републике	288
<i>Владимир Ристановић</i>	
Postpandemijski uticao COVID-19 na promene u saobraćajnim tokovima, uz dodatno razmatranje efekata krize u Ukrajini	295
<i>Ana Tomić, Katarina Bošković</i>	
Uspostavljanje baze podataka o prolascima državnih puteva kroz naselja	304
<i>Marija Dotto, Ana Lukić, Katarina Borović, Zorana Zorić, Ivana Ilić</i>	

Plenarna sesija 4

UPRAVLJANJE PARKIRANJEM

Upravljanje parkiranjem u funkciji održive urbane mobilnosti: neiskorišćeni potencijal u našim gradovima <i>Jelena Simićević</i>	315
Analiza parkiranja vozila u centralnoj zoni Beograda – opština Stari grad i delovi opština Savski venac, Vračar, Zvezdara i Palilula <i>Predrag Krstić, Marija Kosović, Danica Munižaba, Igor Teofilović, Nikola Urošević</i>	321
Upravljanje parkiranjem u turističkim mestima <i>Vladimir Čuljković</i>	329
Uticaj cene parkiranja na korisnike različitih socio-ekonomskih karakteristika (naučni rad) <i>Jelica Komarica, Jelena Simićević, Marina Milenković, Draženko Glavić</i>	336
Analiza karakteristika parkiranja povlašćenih kategorija korisnika i njihovog uticaja na stanje parkiranja – studija slučaja <i>Nataša Vidović, Tijana Nikolić</i>	344
Efekti uvođenja sistema kontrole i naplate parkiranja putem mobilnog video nadzora - grad Niš <i>Marjana Radosavljević, Dušan Radosavljević</i>	351
Utvrđivanje karakteristika funkcionisanja parkiranja na uličnom frontu u ulici Pariske Komune u Nišu <i>Aleksandar Spasić, Jovan Mišić, Stefan Mihajlović</i>	358
Problemi parkiranja KEP dostavnih vozila u urbanim gradskim sredinama <i>Nataša Čačić, Dragana Šarac, Mladenka Blagojević</i>	364

Plenarna sesija 5

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA

Моделовање и избор алтернативне трасе за анализиране деонице државних путева IA реда	375
<i>Иван Ивановић, Драгана Петровић, Владимир Ђорић</i>	
Izazovi u procesu formiranja transportnih modela – studija slučaja Tetovo-Gostivar (Koridor VIII)	385
<i>Milica Tubić, Miloš Micković, Danijela Rotula, Marija Stojanović, Ana Rusić,</i>	
Umjetna inteligencija i budućnost saobraćajnog inženjersva	393
<i>Osman Lindov, Adnan Omerhodžić</i>	
Utvrđivanje elemenata kritične saobraćajne infrastrukture	402
<i>Anđela Čolić, Dragana Petrović, Vladimir Đorić, Ivan Ivanović</i>	
PTV „cloud-based“ programi	408
<i>Zoran Rubinjoni, Goran Zimonjić</i>	
Planiranje održive urbane mobilnosti u Beogradu	416
<i>Snežana Dimitrijević, Zoran Rubinjoni, Goran Zimonjić</i>	
Metamorfoza gradskog centra – od saobraćajnih gužvi do pešačkih oaza – aspekt urbanističkog planiranja	424
<i>Ranka Gajić, Svetlana Batarilo</i>	
Implementacija sistema pametnih gradova u Srbiji – osvrt na ulogu saobraćajne struke	431
<i>Biljana Ranković Plazinić</i>	
Poboljšanje kvaliteta javnog gradskog prevoza u Kantonu Sarajevo: Razvoj metodologije i implementacija standarda	437
<i>Mustafa Mehanović, Drago Ezgeta, Amel Kosovac, Adnan Tatarević</i>	
Metro bus sistem i mogućnosti uspostavljanja u Beogradu	445
<i>Snežana Dimitrijević</i>	
Odnos planiranja i projektovanja u izradi PGR železničke pruge od Zemunskog polja do Nacionalnog stadiona	454
<i>Marija Lalošević, Milica Hadži Arsenović, Igor Teofilović</i>	
Методологија оцене квалитета урбане бициклистичке мреже	460
<i>Владимир Ђорић, Иван Ивановић, Драгана Петровић</i>	
Registar ORCID brojeva autora	470

Plenarna sesija 1

UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM I NOVE TEHNOLOGIJE

Upravljanje saobraćajem na kružnim raskrscima – iznuđeno rešenje

Nikola Čelar, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.celar@sf.bg.ac.rs

Jelena Kajalić, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.kajalic@sf.bg.ac.rs

Stamenka Stanković, Saobraćajni fakultet, Beograd, s.stankovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Raskrsnice predstavljaju kritične elemente saobraćajne mreže, u kojima dolazi do ukrštanja saobraćajnih tokova. U urbanim sredinama, kružne raskrsnice su često favorizovane zbog percepcije da pružaju veću bezbednost i kapacitet u odnosu na direktne raskrsnice. Ovaj rad analizira navedene stavove kroz komparaciju semaforisanih i kružnih raskrsnica, sa aspekta kapaciteta, nivoa bezbednosti i efikasnosti u različitim saobraćajnim uslovima. Rezultati ukazuju da kružne raskrsnice ne predstavljaju univerzalni tip ukrštanja, posebno u uslovima visokog stepena zasićenja, u kojima semaforisane raskrsnice zbog prirode procesa opsluživanja i fleksibilnosti načina upravljanja mogu obezbediti veću efikasnost saobraćajnog procesa. Rad, dodatno, istražuje mogućnosti primene svetlosnih signala na kružnim raskrscima kao rešenje u uslovima visokog saobraćajnog opterećenja. Konačno, cilj rada je da ukaže da izbor između kružnih i semaforisanih raskrsnica zavisi od funkcije elemenata mreže i zahteva pažljivu analizu ciljeva upravljanja, karakteristika saobraćajnih tokova i specifičnih uslova saobraćaja i okruženja.

Ključne reči: kružna raskrsnica, semaforisana kružna raskrsnica, kapacitet raskrsnice

1 UVODNA RAZMATRANJA

Raskrsnica, kao kritičan element saobraćajne mreže, predstavlja mesto ukrštanja ili spajanja javnih puteva na kome dolazi do presecanja, ulivanja, izlivanja i preplitanja saobraćajnih tokova. Zadatak regulisanja i upravljanja saobraćajem na raskrscima je obezbeđivanje efikasnog i bezbednog transfera svih kategorija korisnika uz minimalan broj konflikata i minimalne vremenske gubitke, odnosno maksimalan kapacitet, zavisno od uspostavljenog cilja upravljanja. Na urbanoj mreži, ukrštanja su dominantno izvedena u istom nivou, tako da svi saobraćajni tokovi koriste jedinstvenu saobraćajnu površinu. Površinske raskrsnice se prema načinu kretanja vozila kroz raskrsnicu mogu podeliti na direktne i indirektno (kružne). Kružna raskrsnica je površinska raskrsnica sa jednosmernim kružnim kretanjem oko centralnog ostrva na kojoj je preraspodela prioriteta regulisana na način da vozila koja se kreću kružnim delom raskrsnice imaju prednost u odnosu na tokove sa prilaza. Režim saobraćaja na kružnim raskrscima je baziran na ravnopravnom tretmanu svih saobraćajnica koje čine raskrsnicu. Međusobni odnosi tokova su svedeni na konflikte usled manevra ulivanja, izlivanja i preplitanja.

Kao ključne prednosti kružnih raskrsnica u literaturi se navode veća bezbednost i veći kapacitet u odnosu na ekvivalentne direktne raskrsnice. Veća bezbednost, odnosno smanjeni rizik od nastanka saobraćajne nezgode, obrazlaže se kroz dalje navedene razloge: redukcije brzine kretanja na prilazima i unutar raskrsnice i manjeg broja konfliktnih tačaka

i prisustva lakših tipova konflikata u odnosu na direktne površinske raskrsnice. Veći kapacitet kružne raskrsnice rezultat je efikasnijeg iskorišćenja konfliktne površine raskrsnice u datom periodu vremena, imajući u vidu da je prihvatljiv interval sleđenja za manevar ulivanja niži u odnosu na prihvatljiv interval sleđenja za manevar presecanja na direktnim nesemaforisanim raskrsnicama. S druge strane, kao razlog ostvarivanja većeg kapaciteta u odnosu na direktne semaforisane raskrsnice obično se navodi da, na kružnim raskrsnicama ne postoje periodi vremena u kome ni jedan saobraćajni tok nema pravo korišćenja raskrsnice, kao i da u nezasićenim stanjima određeni deo zelenog vremena ne biva iskorišćen zbog nepostojanja saobraćajnog zahteva na nekom od prilaza koji pripadaju aktivnom signalnom stanju. Upravo iz navedenih razloga u stručnoj javnosti, ali i u inženjersku praksu u projektima novogradnje, kao i projektima rekonstrukcije, favorizuje se primena indirektnih raskrsnica, često i neselektivno, nezavisno od primenjenog načina upravljanja u uticajnoj zoni raskrsnice, ranga i funkcije puteva ili ulica koje se ukrštaju i karakteristika saobraćajnih tokova na konkretnoj lokaciji. U praksi su česti slučajevi da se u urbanim sredinama postojeće direktne raskrsnice upravljane svetlosnim signalima, apriori transformišu u višetračne kružne raskrsnice. U tom smislu otvara se dilema po pitanju efikasnosti primene kružnih u odnosu na ekvivalentne semaforisane raskrsnice.

Koncept indirektnih raskrsnica i njihova primena započela je početkom 20. veka, neretko kao posledica rešavanja problema neadekvatnih ukrasnih uglova ili većeg broja saobraćajnica (više od četiri) koje formiraju raskrsnicu. Prvobitni način regulisanja saobraćaja je bio formiran tako da su pravo prvenstva prolaza imala vozila koja se ulivaju u kružnu raskrsnicu. Geometrijske karakteristike prvobitnih kružnih raskrsnica bile su koncipirane tako da obezbede ulivanje tokova relativno visokim brzinama i bez zaustavljanja. Porast saobraćajnog zahteva i povećanje broja nezgoda na kružnim raskrsnicama uslovlilo je promenu koncepta prioriteta raskrsnicama, te je usvojeno pravilo po kome vozila u kružnom toku imaju prioritet u opsluživanju. Jasnim definisanjem osnovnih principa formiranja kružnih raskrsnica i njihovih projektnih elemenata nastale su moderne tj. savremene kružne raskrsnice. Iako su kružne raskrsnice, izvorno i po pravilu, regulisane saobraćajnim znakovima, u određenim okolnostima neophodna je primena svetlosnih signala (semafora). Generalno, svetlosni signali se primenjuju na kružnim raskrsnicama u situacijama kada regulativne i građevinske mere ne mogu dovesti do povećanja nivoa usluge, odnosno ukupnog kapaciteta raskrsnice. U tom smislu, uvođenje svetlosnih signala razmatra se kao poslednja opcija u životnom ciklusu kružne raskrsnice, pre razmatranja mogućnosti transformacije u standardnu četvorokraku raskrsnicu. Otuda je u ovom radu dat pregled mogućnosti upravljanja kružnim raskrsnicama primenom svetlosnih signala.

Cilj rada je da se sagleda aspekt efikasnosti i bezbednosti semaforisanih raskrsnica u poređenju sa kružnim raskrsnicama u urbanim sredinama, sa fokusom na identifikaciju situacija u kojima kružne raskrsnice pokazuju inferiornost u odnosu na ekvivalentne direktne raskrsnice. Rad se bavi sagledavanjem svih aspekata funkcionisanja navedenih konkurentskih tipova raskrsnica, kapaciteta, rizika od saobraćajnih nezgoda, vremenskih gubitaka, uzimajući u obzir sve kategorije učesnika u saobraćaju, sa ciljem da se pokaže da kružne raskrsnice ne predstavljaju uvek optimalno rešenje u odnosu na semaforisane raskrsnice, posebno u složenim gradskim sistemima i uslovima visokog stepena zasićenja.

2 „PREDNOSTI“ KRUŽNIH RASKRSNICA

Široko rasprostranjen stav da kružna raskrsnica ima manji broj konfliktnih tačaka od ekvivalentne direktne se može prihvatiti samo ukoliko se porede nesemaforisana direktna raskrsnica sa punim režimom saobraćaja i jednostručna kružna raskrsnica, što se najčešće i koristi kao ilustracija odnosa broja konflikata [1]. Međutim, stvari postaju dijametralno suprotne ukoliko se, na primer, porede višetračna četvorokraka semaforisana raskrsnica sa zaštićenim levim skretanjima (ukupno 4 konfliktna tačke) i ekvivalentna višetračna kružna raskrsnica, sa uslovno beskonačnim brojem konfliktnih tačaka u kružnom delu kolovoza, kao posledica postojanja manevra preplitanja. U prilog navedenom govori i činjenica da se u cilju eliminacije konflikata u manevrima preplitanja savremene višetračne kružne raskrsnice sve češće zamenjuju turbo kružnim raskrsnicama.

S druge strane, forsula da kružne raskrsnice imaju veći kapacitet od ekvivalentne, optimalno upravljane semaforisane raskrsnice, nema nikakvog naučnog, a ni stručnog utemeljenja [2]. Činjenica da zbog nepostojanja prekida u opsluživanju tokova kružnom raskrsnicom može proći veći broj vozila tokom određenog perioda važi samo ukoliko su intenziteti tokova na prilazima, odnosno u kružnom delu kolovoza, takvi da postoje konstantne realizacije prihvatljivih intervala sleđenja za realizaciju manevra ulivanja. Dodatno, u uslovima realizacije visokih vrednosti stepena zasićenja, vidno se pokazuju epiteti „neupravljivosti“ kružnih raskrsnica kroz manifestacije ometanja ili potpunog odsustva neometanog procesa pražnjenja, za razliku od semaforisane raskrsnice, koja je značajno otpornija na realizaciju saobraćajnog procesa u uslovima visokih vrednosti stepena zasićenja. U prilog navedenom je i činjenica da se u uslovima nedostatka kapaciteta na standardnim kružnim raskrsnicama primenuju svetlosni signali.

3 SEMAFORISANJE KRUŽNIH RASKRSNICA

Kao najčešći razlozi regulisanja saobraćaja semaforima na kružnim raskrsnicama navode se:

- nedovoljan kapacitet raskrsnice,
- intenzivni tokovi u levom skretanju, i
- veliki vremenski gubici i/ili dužina reda na jednom ili više prilaza.

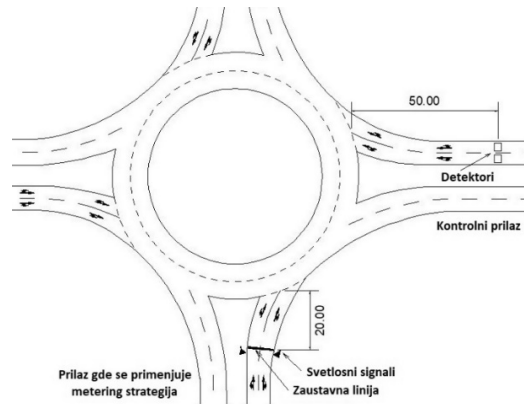
U upravljačkom smislu, u zavisnosti od saobraćajnih karakteristika i specifičnosti problema, primenjuju se dva koncepta upravljanja kružnom raskrsnicom primenom svetlosnih signala i to:

- delimično upravljanje svetlosnim signalima, odnosno primena metering strategije (strategija kontrole pristupa na pojedinačnom prilazu), i
- potpuno upravljanje svetlosnim signalima.

3.1 Metering strategija upravljanja

Osnovna ideja metering strategije upravljanja kružnom raskrsnicom je eliminacija neprihvatljivo visokih vrednosti vremenskih gubitaka i dužine reda na pojedinačnom, kritičnom prilazu kružne raskrsnice. Navedena situacija je po pravilu posledica visoke vrednosti konfliktnog toka i konstantnog nepostojanja prihvatljivog intervala sleđenja za realizaciju manevra ulivanja tokom određenog perioda funkcionisanja raskrsnice.

Metering strategija najčešće se primenjuje tokom vršnog časa, kao i u okolnostima izražene neravnomernosti odnosa intenziteta saobraćajnih tokova na raskrsnici. Suština logike rada zasniva se na prekidanju toka visokog intenziteta (kontrolisani prilaz, prilaz gde se primenjuje metering) u svrhu obezbeđivanja praznjenja reda sa kritičnog prilaza (tzv. kontrolni prilaz). Ograničavajuća okolnost za primenu ovog koncepta upravljanja je postojanje određene „rezerve“ kapaciteta na kontrolisanom prilazu u periodu primene metering strategije [3].

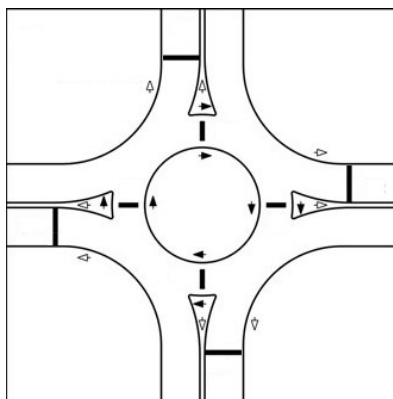


Slika 1: Dispozicija signala kod metering strategije upravljanja kružom raskrsnicom

U okviru ove strategije predmetni saobraćajni tokovi se opslužuju u dve faze, a parametri rada signala se utvrđuju na osnovu aktuelnih saobraćajnih podataka. Trajanje faze u kojoj se opslužuju tokovi sa kontrolisanog prilaza definisano je vrednostima minimalnog i maksimalnog zelenog vremena za posmatrani prilaz. Nakon isteka minimalnog zelenog predmetne faze ista se može produžavati do maksimalnog, ukoliko je vrednost intervala sleđenja manja od unapred definisane kritične vrednosti. U suprotnom, ukoliko se pojave veći intervali sleđenja od kritičnog, uz uslov da je došlo i do detekcije odgovarajuće dužine reda na kontrolnom prilazu, dolazi do promene faze. Vreme trajanja faze u kojoj se opslužuju tokovi na kontrolnom prilazu, definisano je na osnovu vremena potrebnog za praznjenje reda i ovo vreme, takođe, može biti produženo do definisane maksimalne vrednosti trajanja faze.

3.2 Potpuno upravljanje svetlosnim signalima

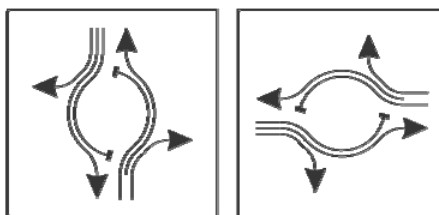
Potpuno upravljanje saobraćajnim tokovima na kružnoj raskrsnici podrazumeva primenu svetlosnih signala na svim prilazima raskrsnici kao i u kružnom delu kolovoza ispred svakog prilaza (Slika 2).



Slika 2: Dispozicija signala kod potpunog upravljanja svetlosnim signalima na kružoj raskrsnici

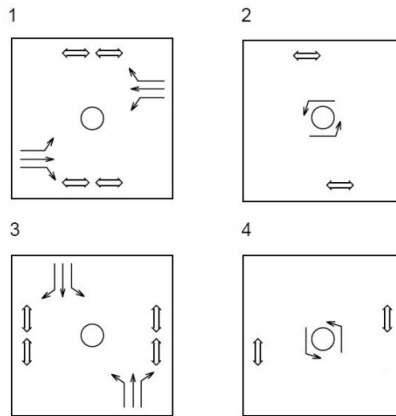
Strategijom potpune semaforizacije kružne raskrsnice ostvaruje se mogućnost optimalne vremenske raspodele korišćenja kružne raskrsnice. Na ostvarenu vrednost kapaciteta pored dužine ciklusa, značajno utiču i geometrijske karakteristike raskrsnice, poput raspoloživog prostora za smeštaj vozila u levom skretanju u kružnom toku, prečnika centralnog ostrva i broja saobraćajnih traka. U osnovnom konceptu ove strategije rad svetlosnih signala je baziran na primeni fiksnih signalnih programa [4].

Opsluživanje saobraćajnih tokova na raskrsnici se u osnovnom konceptu realizuje u dve faze, po pravcima. Tokovi pravo i desno se opslužuju bez zaustavljanja u kružnom toku, dok se tokovi u levom skretanju prekidaju u kružnom toku. U tom smislu, neophodno je obezbediti dovoljno prostora za formiranje reda vozila u levom skretanju. U okolnostima postojanja velikih zahteva za levim skretanjem primenjeni plan faza može biti neadekvatan, odnosno može uzrokovati blokadu raskrsnice.



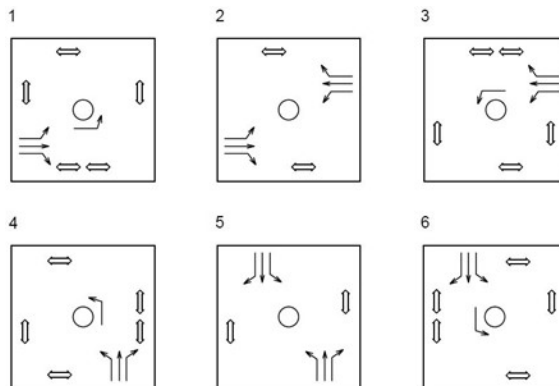
Slika 3: Plan faza osnovnog koncepta semaforizacije kružne raskrsnice

Pored dvofaznog, na kružnim raskrsnicama se primenjuje i složeniji koncept, odnosno četvorofazni plan opsluživanja tokova, naročito u konceptu upravljanja u realnom vremenu. Razlika u odnosu na dvofazni plan faza je što se vozila koja su zaustavljena u kružnom toku opslužuju u okviru posebnih, prelaznih faza koje su namenjene pražnjenju konfliktne površine raskrsnice. Primena ovakvog plana faza je podesna na kružnim raskrsnicama velikog prečnika sa intenzivnim tokovima u levom skretanju.



Slika 4: Plan faza složenog koncepta semaforizacije kružne raskrsnice

Iako retko, na raskrsnicama na kojima postoji dominantan, intenzivan zahtev za levim skretanjem, plan opsluživanja tokova se može formirati u šest faza. Ovakav plan faza kapacitativno favorizuje leva skretanja sa svih prilaza, a na uštrb svih ostalih tokova na raskrsnici. Potrebno je napomenuti da se primenom ovakvog plana faza, značajno skraćuje dužina trajanja pojedinačnih faza, obzirom na sistemski ograničenu dužinu ciklusa, što posledično dovodi do povećanja vremenskih gubitaka.

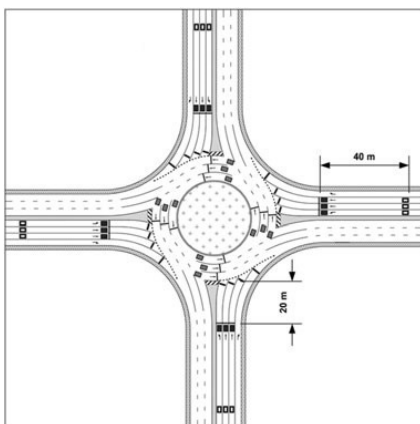


Slika 5: Plan faza u slučaju favorizovanja levih skretanja

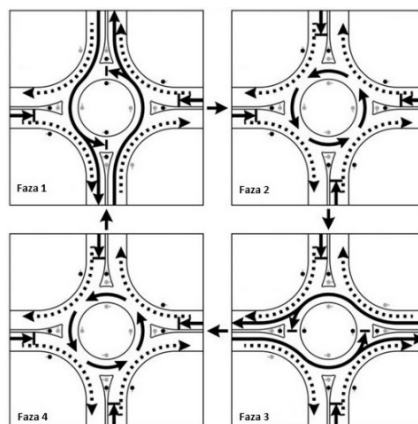
Pored režima rada sa fiksnim parametrima rada signala u praksi je prisutan i koncept rada signala u realnom vremenu, u zavisnosti od aktualnih saobraćajnih parametara. Osnovna ideja „hibridnog“ regulisanja saobraćaja na kružnoj raskrsnici je da se tokom vanvršnog perioda raskrsnica reguliše na klasičan način (saobraćajnim znakovima), a da se tokom vršnih perioda upravlja pomoću svetlosnih signala.

U režimu klasičnog regulisanja saobraćaja svi svetlosni signali na raskrsnici se nalaze u statusu trepćućeg žutog signalnog pojma. Na raskrsnici se vrši konstantno praćenje vrednosti intervala sleđenja i vremena zauzetosti svih detektora. Detektori su pozicionirani u svim saobraćajnim trakama na linijama zaustavljanja i na prilazima raskrsnici, kao i u svim trakama u zonama svetlosnih signala u kružnom toku (Slika 6).

Ukoliko je jednovremeno na najmanje jednom detektoru na liniji zaustavljanja na najmanje tri prilaza ili na najmanje tri detektora u kružnom toku vreme zauzetosti detektora veće od unapred definisane granične vrednosti, dolazi do promene režima regulisanja, odnosno do „aktiviranja” svetlosnih signala. Svetlosni signali rade u četiri definisane faze (složeni koncept upravljanja) sa fiksnim redosledom faza, ali sa promenljivim parametrima rada, zavisno od aktuelnih vrednosti saobraćajnih pokazatelja (Slika 7).



Slika 6: Pozicije detektora za upravljanje u realnom vremenu



Slika 7: Plan faza za upravljanje u realnom vremenu

Generalno posmatrano, plan faza je suštinski koncipiran sa dve faze u kojima se opslužuju tokovi duž pravaca (faza 1 i 3), odnosno faze opsluživanja ulaznih tokova. Između ovih osnovnih faza se nalaze faze namenjene pražnjenju raskrsnice, tokom kojih se opslužuju svi tokovi unutar kružne raskrsnice (faza 2 i 4), tzv. faze opsluživanja tokova unutar kružne raskrsnice.

Nakon isteka minimalnog vremena, do dostizanja maksimalnog zelenog vremena za faze u kojima se opslužuju tokovi duž pravaca utvrđuju se naredni parametri, odnosno ispituju se uslovi koji se odnose na odgovarajuće kombinacije narednih parametara:

- intervali sleđenja na svim detektorima na linijama zaustavljanja i na prilazima za pravac koji ima pravo prolaska raskrsnicom,
- vremena zauzetosti detektora na prilazima koji u aktuelnoj fazi nemaju pravo prolaska raskrsnicom, i
- vremena zauzetosti detektora koji se nalaze u kružnom toku.

Za faze u kojima se opslužuju svi tokovi unutar kružne raskrsnice, nakon isteka minimalnog zelenog vremena, ispituju se uslovi koji se odnose na odgovarajuće kombinacije narednih parametara:

- intervali sleđenja na svim detektorima unutar kružne raskrsnice, i
- vremena zauzetosti detektora na linijama zaustavljanja i na prilazima.

4 DISKUSIJA

Evolucija upravljanja saobraćajem dovela je do određenih apsurdnih situacija i značajnih rasprava o efikasnosti kružnih raskrsnica u poređenju sa semaforisanim raskrsnicama. Na početku, kružne raskrsnice su bezrezervno hvaljene zbog svoje sposobnosti da efikasno opsluže saobraćajne tokove, naročito u uslovima niskog stepena zasićenja, kada je omogućavaju realizacije većih vrednosti protoka i smanjuju vremenske gubitke u poređenju sa direktnim signalisanim raskrsnicama.

Međutim, trend pretvaranja semaforisanih raskrsnica u kružne ne daje uvek pozitivne rezultate. Ova transformacija može biti štetna, posebno u urbanim sredinama u uslovima velikog intenziteta tokova sa izraženim neravnomernostima. Kao jedno od rešenja, trend se nastavio uvođenjem turbo kružnih raskrsnica, koje su projektovane na način da omoguće realizaciju većeg intenziteta saobraćaja eliminacijom manevara preplitanja. Međutim, i ovaj koncept nije odgovorio na izazove u uslovima velikog saobraćajnog opterećenja, što je dovelo do razmatranja primene svetlosnih signala i na ovom tipu raskrsnica. Na ovaj način dolazi do degradiranja pozitivnih efekata, naročito kapaciteta kružnih raskrsnica, koji su bili i motiv za njihovo prethodno uvođenje.

Potrebno je uvek imati u vidu činjenicu da kapacitet kružne raskrsnice direktno zavisi od intenziteta konfliktnih tokova, odnosno protoka i njegove distribucije. Sa druge strane, kapacitet semaforisanih raskrsnica ne zavisi od navedenih veličina, i karakteriše ih fleksibilnost u pogledu preraspodele ukupnog kapaciteta raskrsnice po signalnim grupama. Ova zavisnost kod kružnih raskrsnica postaje još izraženija prisustvom pešaka i biciklista, koji dodatno utiču na njihovo kapacitet i efikasnost.

Svakako, kružne raskrsnice imaju svoju ulogu u sistemu upravljanja saobraćajem, naročito u funkciji smirivanja saobraćaja, u zonama 30, na urbanoj mreži nižeg ranga, na mestima kontakta vangradske i gradske mreža i sl. Takođe, njihova primena je opravdana na vangradskoj mreži na ukrštanjima državnih puteva istog ili sličnog ranga, kao sekundarni autoputski čvorovi i sl.

Kružne raskrsnice mogu biti efikasno primenjene kao pojedinačni, izolovani elementi u određenim saobraćajnim uslovima, ali njihova upotreba na primarnoj mreži treba da bude pažljivo analizirana, kako se ne bi narušila heterogenost upravljanja na koridorima ili u zonama. Naime, iako kružne raskrsnice mogu pružiti prednosti u specifičnim situacijama, njihov koncept samoupravljalivosti gubi na značaju sa povećanjem protoka saobraćaja. Kada se protok znatno poveća, kružne raskrsnice često ne mogu održati efikasnost i nivo usluge koje pružaju semaforisane raskrsnice, naročito one sa upravljanjem u realnom vremenu. Stoga, iako kružne raskrsnice imaju svoje mesto u saobraćajnom sistemu, njihova primena na ključnim gradskim koridorima mora biti pažljivo evaluirana u kontekstu sveobuhvatnog sistema upravljanja saobraćajem u gradovima.

Nijedan tip raskrsnice nije apriori bolji ili lošiji od drugih, svaki ima svoje specifične prednosti i nedostatke, te svoje mesto primene u zavisnosti od saobraćajnih uslova i zahteva. Kružne raskrsnice, sa svojom sposobnošću da povećaju kapacitet u uslovima niskog saobraćajnog zasićenja, efikasno funkcionišu u određenim kontekstima, kao što su lokalna mreža ili zone smirenog saobraćaja. S druge strane, semaforisane raskrsnice mogu pružiti bolju kontrolu i kapacitet u uslovima visokog saobraćajnog opterećenja. Ključ uspešnog upravljanja saobraćajem leži u pažljivom odabiru odgovarajućeg tipa raskrsnice na osnovu jasnih kriterijuma primene i specifičnih potreba saobraćajnog sistema.

LITERATURA

- [1] Čelar, Nikola., Kajalić, Jelena., Stanković, Stamenka. 2021. Regulisanje saobraćajnih tokova. Beograd: Saobraćajni Fakultet
- [2] Tan, J. Comparison of capacity between roundabout design and signalised junction design, 1 st Swiss Transport Research Conference Monte Verità / Ascona, March 1.-3. 2001
- [3] Murat, Y. S., and Guo, R. (2021). Signalized Roundabouts. In International Encyclopedia of Transportation(pp. 227–237). Elsevier.
- [4] H. Xu, K. Zhang, and D. Zhang, “Multi-level traffic control at large four-leg roundabouts,” J. Adv. Transp., vol. 50, no. 6, pp. 988–1007, Oct. 2016

SUMMARY

Traffic Management at Roundabouts - A Compelled Solution

Abstract: Intersections represent critical elements of the traffic network, where various traffic flows intersect and merge. In urban areas, roundabouts are often favored due to the perception that they offer greater safety and capacity compared to direct, especially signalized, intersections. This paper analyzes these views through a detailed comparison of signalized and roundabout intersections, focusing on their capacity, safety levels, and efficiency in different traffic conditions. The results indicate that roundabouts are not always superior, especially in saturated traffic conditions, where signalized intersections can provide better control and efficiency. Therefore, the paper explores the potential application of traffic signals at roundabouts as a solution in conditions of high traffic volume. The aim of the paper is to show that the choice between roundabouts and signalized intersections is situation-dependent and requires careful analysis of specific traffic conditions.

Key words: roundabout, signalized roundabout, intersection capacity

Optimizacija saobraćajnog procesa na kružnim raskrsnicama implementacijom adaptibilnog sistema upravljanja saobraćajem – primeri dve kružne raskrsnice u Budvi

Anđela Lazarević, ElcomBgd d.o.o, Beograd, andjela.lazarevic@elcombgd.rs

Margareta Ilić, ElcomBgd d.o.o, Beograd, margareta.ilic@elcombgd.rs

Aleksandra Kovač, ElcomBgd d.o.o, Beograd, aleksandra.kovac@elcombgd.rs

Rezime: Dugi niz godina širom sveta prisutan je trend izgradnje kružnih raskrsnica, kao i preoblikovanje klasičnih raskrsnica u moderne kružne raskrsnice. Primena kružnih raskrsnica u odnosu na konvencionalne raskrsnice može imati niz prednosti, uključujući smanjenje rizika, efikasnije iskorišćenje postojećih kapaciteta, smanjenje broja zaustavljanja itd., ali njihova efikasnost u velikoj meri zavisi od efikasnog upravljanja saobraćajem. Tradicionalni pristupi upravljanja saobraćajem može biti nedovoljno fleksibilno da efikasno reaguju na netipične uslove u saobraćajnom toku, pa semaforizovane kružne raskrsnice pronalaze sve veću primenu u mnogim zemljama, međutim nisu toliko česti primeri primene adaptibilnih sistema upravljanja na kružnim objektima. Simulacije kao alat adaptibilnog upravljanja koriste se za testiranje različitih scenarija i vizuelnu interpretaciju uslova u saobraćaju. U ovom radu je prikazana primena adaptibilnih sistema na kružnim raskrsnicama uz korišćenje simulacionog modela kao ključnog alata za prikaz različitih upravljačkih rešenja. Fokus je bio na analizi efikasnosti različitih varijanti u upravljanju saobraćajem na dve kružne raskrsnice u Budvi. Ove raskrsnice karakteriše različita geometrija, saobraćajano opterećenje po prilazima i potpuno različita problematika u opsluživanju saobraćajnih tokova i rad istražuje primenu adaptibilnih sistema na njima, a kroz simulacije prikazana je efikasnost ovih sistema u rešavanju specifičnih izazova svake od ovih raskrsnica. Rad pruža dublji uvid u potencijal primene adaptibilnih sistema na kružnim raskrsnicama i njihov doprinos efikasnijem upravljanju saobraćaja, koristeći simulacije kao alat za analizu i evaluaciju različitih upravljačkih varijanti.

Ključne reči: kružna raskrsnica, semaforizacija, adaptibilno upravljanje, simulacija

1 UVOD

Urbana saobraćajna zagušenja najčešće se javljaju oko raskrsnica, posebno tokom vršnih perioda dana. U poslednje vreme značajna pažnja posvećena je razvoju različitih teorija i modela sa ciljem minimiziranja problema saobraćajnih gužvi.

Savremene kružne raskrsnice sve više se prepoznaju kao alternativno rešenje za kontrolu saobraćaja, jer mogu poboljšati bezbednost i operativnu efikasnost u poređenju sa tradicionalnim metodama kontrole, kao što su konvencionalne raskrsnice. Međutim, iako kružne raskrsnice mogu biti izuzetno efikasne u mnogim situacijama, one nisu uvek optimalno rešenje, naročito kada se suočavaju sa velikim intenzitetom saobraćaja ili

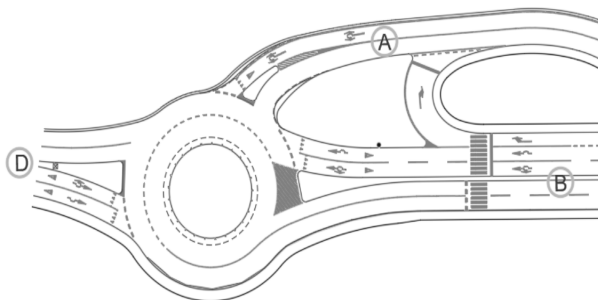
intenzivnim pešačkim tokovima [1]. U ovim složenim uslovima, kada dolazi do čestih dinamičkih promena u uslovima saobraćajnog toka, čak ni tradicionalne metode upravljanja, poput semaforizacije, ne mogu u potpunosti da iskoriste kapacitete kružne raskrsnice. U tom kontekstu, adaptibilno upravljanje saobraćajem se ističe kao napredni pristup koji može značajno poboljšati efikasnost kružnih raskrsnica.

Adaptibilni sistem upravljanja saobraćajem koristi naprednu tehnologiju za prilagođavanje u realnom vremenu, što omogućava bolje iskorišćavanje postojećih kapaciteta i odgovor na netipične promene u saobraćajnim uslovima. Ovakav sistem upravljanja se zasniva na algoritmima za predviđanje i detekciju prognoziranog saobraćajnog zahteva u realnom vremenu i uz pomoć simulacionih modela vrši generisanje optimalnih signalnih planova. [2]

U gradovima, kao što je Budva, saobraćajni uslovi se drastično razlikuju u van turističkoj i turističkoj sezoni. U sezoni u Budvi se javlja povećan broj vozila i pešaka, dok su van sezone uslovi znatno mirniji. Dve kružne raskrsnice u Budvi, Zavala i Lugovi, predstavljaju primere kako različiti uslovi u toku, u zavisnosti od sezone, mogu značajno uticati na stvaranje saobraćajnih zagušenja. Ovakve sezonske fluktuacije u intenzitetu saobraćaja iskazuju potrebu za adaptibilnim sistemima upravljanja, koji bi omogućili dinamičko prilagođavanje saobraćajnih tokova i optimizaciju saobraćajnog procesa tokom različitih perioda godine.

2 SAOBRAĆAJNA PROBLEMATIKA KRUŽNIH RASKRSNICA ZAVALA I LUGOVI

Kružna raskrsnica Zavala je strateška tačka na mreži koja povezuje tri važna pravca - Budvu (*krak D*), Petrovac (*krak B*) i Cetinje (*krak A*).. U toku turističke sezone (jun-avgust) Zavalu karakteriše izuzetno veliki intenzitet saobraćaja koji funkcioniše nekontrolisano i koji karakterišu stalna presecanja saobraćajnih tokova i veliki broj konfliktnih tačaka, dok van letnje sezone je znatno manji obim saobraćaja koji se opslužuje bez zadržavanja ispred same raskrsnice. Zbog nestandardne geometrije raskrsnice, vozači koji dolaze iz smera Cetinja nemaju dobru preglednost, a veliki intenzitet saobraćaja duž magistralnog puta i prednost vozila u raskrsnici dovode do forimiranja nepreglednih kolona vozila na kraku A u pojedinim periodima.

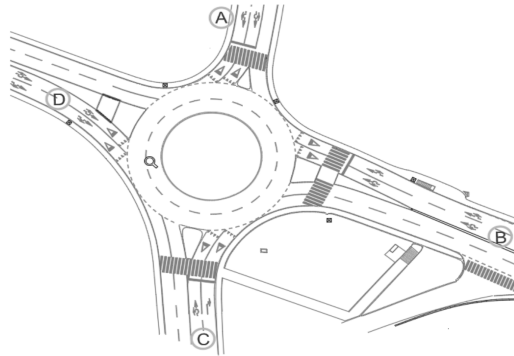


Slika 1. Kružna raskrsnica Zavala

Kružna raskrsnica Lugovi je čvorište magistralnog put (*krak B – ka Petrovcu i krak D – ka Budvi*) i gradske saobraćajnice (*krakovi A i C*).

Tokom turističke sezone, glavni problem predstavlja nekontrolisano prelaženje pešaka preko svih pešačkih prelaza, što dovodi do učestalog prekida i usporavanja toka vozila. Ovaj problem rezultira saobraćajnim zagušenjima i dugim redovima vozila pred kružnim tokom. Najveći problem je na pešačkom prelazu na kraku D, gde intenzivni pešački tokovi presecaju prioritetni tok vozila.

Van letnje sezone obim saobraćaja znatno je smanjen, što omogućava neometano kretanje bez čestih zaustavljanja i velikih vremenskih gubitaka.



Slika 2. Kružna raskrsnica Lugovi

3 PREDLOZI REŠENJA

U odnosu na utvrđene problematike na dve kružne raskrsnice razmatrana su različita upravljačka rešenja.

3.1 Kružna raskrsnica Zavala

Na Zavali izazov predstavlja značajan intenzitet saobraćaja duž magistralnog puta, naročito iz Petrovca, a vozila koja su već unutar raskrsnice imaju prednost u odnosu na vozila sa prilaza. Ovo dovodi do stvaranja velikih kolona vozila iz pravca Cetinja.

S obzirom da je saobraćaj na raskrsnici bio regulisan saobraćajnim znakovima, predlog rešenja za navedeni problem podrazumevao je semaforizaciju kraka magistralnog puta iz pravca Petrovca, i to samo saobraćajnih traka koje vode ka kružnoj raskrsnici. Na taj način bi vozila koja nailaze na raskrsnicu sa kraka B bila zaustavljana u slučaju formiranja kolone iz pravca Cetinja, koje bi bile detektovane na osnovu induktivne petlje koja je instalirana na 40 metara od ulaska u kružnu raskrsnicu, dok bi u suprotnom ovaj tok imao slobodan prolaz kroz raskrsnicu.

Ipak, razmatrane su 2 opcije semaforizacije: prva opcija je podrazumevala postavljanje semaforske lanterne sa tri osnovna signala – crveni, žuti i zeleni, dok je druga podrazumevala samo crveni i žuti trepćući signal. Iz bezbednosnih razloga je usvojeno drugo rešenje.

3.1.1 Izrada VISSIM modela

PTV VISSIM je najčešće korišćeni softver sa mikrosimulaciju saobraćaja koji opisuje sistemske entitete (vozila, vozači, pešaci...) i njihove interakcije sa velikim nivoom detalja.

Ključni element koji je zahtevan pri implementaciji adaptibilnih sistema za upravljanje saobraćajem jeste instalacija detektorskih resursa koji su neophodni za prikupljanje podataka o saobraćajnom protoku. Na kružnoj raskrsnici Zavala instalirana je induktivna petlja na kraku A na 40 metara od zaustavne linije, koja je okarakterisana kao okupaciona petlja, dok su na kraku B, u obe saobraćajne trake, instalirane petlje na udaljenosti od 25 metara od zaustavne linije. Za predmetnu raskrsnicu je urađen saobraćajni model u VISSIM softveru za čiju izradu su korišćeni podaci o saobraćajnom opterećenju koji su dobijeni na osnovu snimanja saobraćaja u jutarnjem i popodnevnom vršnom periodu.

Strategija upravljanja na Zavali se zasniva na “ramp metering” upravljanju, gde je cilj bio sprečiti zagušenje na ulivnom kraku iz pravca Cetinja u periodima najintenzivnijih tokova. Zagušenje je, osim intenziteta, rezultat i kontinualnog prolaska vozila iz smera Petrovca kroz raskrsnicu, koja imaju prednost u odnosu na vozila sa Cetinjskog puta. Primenjen je koncept povremenog kratkotrajnog zaustavljanja tokova iz Petrovca, u situaciji kada je na Cetinjskom putu detektovano zasićenje. Ovom akcijom se, za izvestan period, oslobađa konfliktna zona za slobodan ulazak vozila iz pravca Cetinja, uz odgovarajuću nužnu redukciju kapaciteta smera od Petrovca.

3.1.2 Rezultati simulacije

Za uneto saobraćajno opterećenje testiran je veći broj različitih upravljačkih varijanti, tako što su vršene simulacije za različite težinske faktore koji su dodeljeni signalnoj grupi (SG10) iz pravca Petrovca i virtualnoj signalnoj grupi iz pravca Cetinja (SG20), kao i za različita definisana minimalna i maksimalna trajanja zelenog signala pomenutih signalnih grupa. Upravljačke varijante su vrednovane na osnovu nivoa usluge na kraku A i kraku B.

Tabela 1. Rezultati iz simulacije za različita upravljačka rešenja na Zavali

	Tež. faktor SG10	Tež. faktor SG20	Min/maks. trajanje zelenog signala SG10 (s)	Min/maks. trajanje zelenog signala SG20 (s)	NU – krak A (iz pravca Cetinja)	NU – krak B (iz pravca Petrovca)
Bez semafora	/	/	/	/	F	C
Varijanta 1	10	5	40/beskonačno	25/50	D	E
Varijanta 2	50	20	60/beskonačno	25/beskonačno	F	D
Varijanta 3	500	10	60/beskonačno	10/15	D	B

Za saobraćajno opterećenje koje je uneto u model vršena je i simulacija za slučaj kada raskrsnica nije opremljena semaforima. Rezultati simulacije pokazali su da nivo usluge na prilaznom kraku raskrsnici iz pravca Cetinja F, dok je na kraku iz pravca Petrovca C. Cilj uvođenja adaptibilnog sistema na ovoj raskrsnici bio je pronaći optimalno upravljačko rešenje koje bi dovelo do povećanja nivoa usluge na oba kraka. U tabeli 1 su prikazani dobijeni nivou usluge za različite varijante, a kao najoptimalnija je odabrana varijanta 3 koja je rezultirala poboljšanjem nivoa usluge sa F na D za jedan krak i sa C na B za drugi krak.

3.2 Kružna raskrsnica Lugovi

Kao što je ranije pomenuto, jedan od ključnih problema na raskrsnici Lugovi je prisustvo intenzivnih pešačkih tokova, naročito tokom letnje sezone. Preko tri kraka ove

raskrsnice su obeleženi pešački prelazi koji omogućavaju prelazak pešaka. Usled čestih presecanja saobraćajnog toka, pri prelazu pešaka, vozila moraju da uspore ili da se potpuno zaustave kako bi propustila pešake. U letnjem periodu, kada je broj pešaka najveći, problem se dodatno pogoršava, što dovodi do preopterećenja i umanjenja efikasnosti raskrsnice. Pored navedenog problema sa pešačkim saobraćajem, takođe uočeno je da na presecanje saobraćajnog toka na glavnom pravcu (krak B) veliki uticaj imaju vozila sa bočnog prilaza (krak A).

Budući da je saobraćaj na ovoj raskrsnici regulisan horizontalnom i vertikalnom signalizacijom, jedna od mogućih strategija za rešavanje problema može da bude semaforizacija dva kraka raskrsnice, kraka A i kraka B, koja su u najvećem međusobnom konfliktu i koji imaju najveći konflikt sa pešacima, kao i pešačkih prelaza preko ova dva kraka raskrsnice.

3.2.1 VISSIM model i simulacija

Kao i za prethodno pomenutu raskrsnicu, i za kružnu raskrsnicu Lugovi je takođe izrađen VISSIM model radi simuliranja uočenih saobraćajnih problema i pronalaska najprihvatljivijeg upravljačkog rešenja.

Naime, neophodno je da upravljač puta već prilikom modelovanja ima jasan upravljački cilj. Zamišljena upravljačka strategija za ovu raskrsnicu podrazumeva da se obezbedi prednost prioritetnom pravcu što je u ovom slučaju magistralni put M1 uz prihvatljivo vreme čekanja za pešake koji presecaju glavni pravac i vozila na bočnom pravcu, odnosno na kraku A.

To je moguće obezbediti primenom odgovarajućih parametara relativne značajnosti konkurentnih saobraćajnih tokova, kao i definisanjem minimalnih trajanja zelenog signala svake faze. Vozački i pešački tokovi bi se opsluživali u dve faze, i to u beskonačnoj fazi bi se opsluživao vozački tok iz pravca Petrovca (SG20), pešački tok preko obilaznice (b) i uslovno desno skretanje za vozački tok sa obilaznice, dok bi se u drugoj fazi opslužuje vozački tok sa obilaznice (SG10), prešači tok preko magistralnog puta (a) i uslovno desno skretanje za vozački tok iz pravca Petrovca.

3.2.2 Vrednovanje upravljačkih rešenja

Simulacija je omogućila detaljno testiranje različitih težinskih faktora signalnih grupa kao i različite varijante u trajanju minimalnih i maksimalnih zelenih vremena.

Rezultati simulacije, prikazani u tabeli ispod, ilustruju tri različite varijante upravljačkih strategija. Svaka varijanta definiše različite težinske faktore za vozačke grupe, kao i različita minimalna i maksimalna trajanja zelenog signala po grupama. U tabeli se mogu videti i dobijeni nivoi usluge na kraku raskrsnice iz pravca Cetinja, sa obilaznice, kao i nivo usluge na celoj raskrsnici.

Treća varijanta se pokazala kao najbolje rešenje, jer se njom ostvaruje željeni cilj najvećeg poboljšanja nivoa usluge na prioritetnom pravcu iz Cetinja, pri čemu je takođe i nivo usluge na obilaznici takođe poboljšan u odnosu na prvu varijantu.

U nastavku su prikazane varijante koje su testirane u okviru simulacije.

Tabela 2. Testirane upravljačke varijante za kružnu raskrnicu Lugovi

Varijanta 1				
Signalna grupa	SG10	SG20	a	b
Težinski faktori	10	10	5	5
Minimalno trajanje zelenog signala	14	28	26	17
Maksimalno trajanje zelenog signala	neograničeno	neograničeno	neograničeno	neograničeno
Nivo uluge	C	E	NU_rask = D	
Varijanta 2				
Signalna grupa	SG10	SG20	a	b
Težinski faktori	10	15	5	5
Minimalno trajanje zelenog signala	14	38	36	17
Maksimalno trajanje zelenog signala	24	neograničeno	neograničeno	21
Nivo uluge	D	D	NU_rask = D	
Varijanta 3				
Signalna grupa	SG10	SG20	a	b
Težinski faktori	10	20	5	5
Minimalno trajanje zelenog signala	18	48	46	21
Maksimalno trajanje zelenog signala	24	neograničeno	neograničeno	27
Nivo usluge	D	C	NU_rask = D	

4 ZAKLJUČAK

Primena adaptibilnih sistema upravljanja saobraćajem na kružnim raskrnicama, kao što su ove dve raskrsnice u Budvi, pokazuje značajan potencijal za unapređenje efikasnosti saobraćaja i smanjenje problema sa zagušenjima koja su posledica dinamičkih promena uslova u saobraćajnom toku. Simulacije su demonstrirale da pravilno primenjen adaptibilni sistem može pružiti rešenja za kompleksne izazove, poboljšavajući nivo usluge na kritičnim krakovima raskrsnica omogućavajući bolje korišćenje postojećih kapaciteta.

Adaptibilni sistemi nude fleksibilnost i prilagodljivost koja je prepoznata kao nužno potrebna za rešavanje problema na Zavali i Lugovima, koji su prvenstveno posledica različitih opterećenja na mreži tokom zimske i letnje sezone.

Rezultati simulacija, prikazani u ovom radu, potvrđuju da adaptibilni sistemi imaju značajan potencijal za unapređenje efikasnosti saobraćajnih tokova na kružnim raskrnicama, naročito u urbanim sredinama sa visokim intenzitetom saobraćaja i nepredvidim promenama.

LITERATURA

- [1] Yetis Sazi Murat, Rui-jun Guo, *Signalized Roundabouts*
- [2] DANILO N. RADIVOJEVIĆ., STAMENKA R. STANKOVIĆ, NIKOLA Đ. ČELAR, SMILJAN M. VUKANOVIĆ, *Sistemi za adaptibilno upravljanje saobraćajem na gradskoj mreži*

Optimization of traffic processes at roundabouts through the implementation of an adaptive traffic management system – examples of two roundabouts in Budva

Abstract: The application of roundabouts compared to conventional intersections can offer several well known advantages. However, the traditional roundabouts regulation is not flexible enough to respond effectively to periodically atypical conditions in traffic flow, which is why signalized roundabouts are increasingly used in many countries. Nevertheless, there are fewer examples of the application of adaptive management systems at roundabouts. Simulations, as a tool for adaptive management, are used to test various scenarios and visually interpret traffic conditions. This paper demonstrates the application of adaptive systems at roundabouts, using simulation models as a key tool for presenting different management solutions. The focus is on analyzing the effectiveness of various traffic management variants at two roundabouts in Budva. These roundabouts are characterized by different geometries, traffic loads on approaches, and entirely different issues in managing traffic flows. The research explores the application of adaptive systems at these roundabouts, and simulations are used to show the effectiveness of these systems in addressing the specific challenges of each roundabout. The paper provides deeper insights into the potential application of adaptive systems at roundabouts and their contribution to more efficient traffic management, using simulations as a tool for analyzing and evaluating different management variants.

Key words: roundabout, signalization, adaptive management, simulation

Analiza uslova odvijanja saobraćaja nakon rekonstrukcije raskrsnice Bulevar Nemanjića i ulice Vojvode Mišića u Nišu

*Stefan Mihajlović, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš,
stefan.mihajlovic@akademijanis.edu.rs*

Nenad Rušić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, nruskic@uns.ac.rs

*Jovan Mišić, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš,
jovan.misic@akademijanis.edu.rs*

Rezime: Kružne raskrsnice koje spadaju u površinske raskrsnice, predstavljaju sve učestalije rešenje za smanjenje saobraćajnih gužvi u gradu. U radu je analizirano stanje pre i nakon rekonstrukcije semaforisane raskrsnice Bulevara Nemanjića i ulice Vojvode Mišića u Nišu. U radu su uzeti u obzir pešački tokovi koji mogu dodatno otežati uslove odvijanja saobraćaja na kružnim raskrsnicama i dati su vremenski gubici, kao i nivo usluge na oba tipa ukrštanja.

Ključne reči: kružna raskrsnica, semaforisana raskrsnica, vremenski gubici, nivo usluge

1 UVOD

Tendencija zamene signalisanih raskrsnica kružnim, sve je učestalija u današnje vreme iz nekoliko razloga. Neki od razloga su manji broj konfliktnih tačaka, sam tim i veća bezbednost u saobraćaju, manje posledice pri saobraćajnih nezgoda, manji troškovi održavanja raskrsnice, brži prolazak kroz samu raskrsnicu i dr. Ta zamena se nije pokazala uvek opravdanim, jel se obično „favorizuju,, prednosti kružnih raskrsnica i zaboravlja na loše strane tih raskrsnica, kao i uslovi koji bi se trebali ispuniti.

Grad Niš polako, ali sigurno postaje vodeći grad na jugu Srbije koji primenjuje tendenciju zamene signalisanih raskrsnica kružnim ili izgradnju novih kružnih raskrsnica u gradu. Sve kružne raskrsnice su izgrađene sa po dve trake u kruženju i po dve trake na svakom prilazu. Većina kružnih raskrsnica u Nišu su opravdale njihovu izgradnju i funkcionišu na prihvatljivom nivou, i uglavnom se radi o trokrakim kružnim raskrsnicama ili manjim četvorokrakim raskrsnicama. Jedna od kružnih raskrsnica u gradu koja nije opravdala očekivanja izgradnjom (zamenom), jeste četvorokraka kružna raskrsnica Bulevar Nemanjića i ulice Vojvode Mišićam iz razloga nastanka velikih saobraćajnih gužvi u vršnom periodu dana, samim tim i velikih vremenskih gubitaka i lošeg nivou usluge na raskrsnici.

Problemi prilikom projektovanja i izgradnje kružne raskrsnice su u tome što projektanti često ne uzimaju u obzir objektivni kapacitet kružne raskrsnice i ukrštanje kolskih i pešačkih tokova koji itekako utiču i na vremenske gubitke i na nivo usluge raskrsnice.

U okviru ovog rada je izvršena analiza saobraćajnog toka na kružnoj raskrsnici Bulevara Nemanjića i ulice Vojvode Mišića, kao i uporedna analiza sadašnjeg stanja sa stanjem kad je na tom mestu bila semaforisana raskrsnica. Uz pomoć softverskog paketa Synhro 12, određeni su vremenski gubici vozila u oba slučaja, kao i nivo usluge na analiziranoj raskrsnici.

2 KARAKTERISTIKE ANALIZIRANE RASKRSNICE

Analizirana raskrsnica nalazi se na području grada Niša, u široj centralnoj zoni grada i mesto je ukrštanja Bulevara Nemanjića i ulice Vojvode Mišića (slika 1). Raskrsnica je udaljena oko 1,2 km od centra grada vazdušnom linijom. Ova raskrsnica predstavlja frekventniju raskrsnicu u gradu s obzirom da se nalaze na lokaciji koja povezuje atraktivne zone grada.



Slika 1: Izgled analizirane raskrsnice

U neposrednoj blizini raskrsnice nalaze se stambeni višespratni blokovi, veliki tržni centar „Delta Planet“, Dom zdravlja, zgrada Vatrogasnog doma i Saobraćajne policije, obdanište za decu, benzinska pumpa, kao i reka Nišava.

Radi lakše analize i razumevanja opisa pojedinačnih prilaza, prilazi raskrsnice su definisani i obeleženi prema „stranama sveta“.

- Južni prilaz - ulica Vojvode Mišića (iz pravca Doma Zdravlja prema „Delta Planetu“);
- Zapadni prilaz - Bulevar Nemanjića (iz pravca dečijeg obdaništa prema „Delta Planetu“);
- Severni prilaz - ulica Vojvode Mišića (iz pravca „Delta Planeta“ prema Domu Zdravlja);
- Istočni prilaz – (iz pravca „Delta Planeta“ prema dečijem obdaništu).

Ukrštanje bulevara Nemanjića i ulice Vojvode Mišića u nivou obrazuje četvorokraku kružnu raskrsnicu sa dve trake u kruženju i na prilazima, izuzev južnog i severnog prilaza koji se sastoji iz tri traka, gde desna ivična ima ulogu „by-pass trake“ na mestu ukrštanja.

Satelitski snimak analizirane kružne raskrsnice prikazan je na slici 2.



Slika 2: Satelitski snimak analizirane raskrsnice sa obeleženim prilazima

3 ANALIZA USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA

Zbog velike atraktivnosti područja u kome se nalazi raskrsnica, učešća velikog broja motorizovanog i nemotorizovanog saobraćaja stvara se zagušenje u saobraćaju koje prouzokuje vremenske gubitke na raskrsnici. Na severoistoku raskrsnice nalazi se tržni centar „Delta Planet” koji predstavlja jednu od glavnijih atrakcija u području. Na jugozapadu raskrsnice nalazi se dečije obdanište, ispred kog se stvara zastoj u prepodnevnom i popodnevnom časovima iz razloga dolaska i odlaska dece iz obdaništa koje se obavlja u ulozu pešaka. Na južnom delu raskrsnice se nalazi Dom zdravlja, u kome ljudi uglavnom dolaze kolima i svoja vozila parkiraju u neposrednoj blizini, u nekom od stambenih blokova. U neposrednoj blizini svih prilaza raskrsnice nalaze se stambeni višespratni blokovi, čime se stvara dodatna gužva oko uključivanja i isključivanja iz saobraćaja.

Analizirana kružna raskrsnica je snimljena iz vazduha uz pomoć bespilotnih letelica (dronova). Za snimanje raskrsnice korišćena su dve bespilotne letelice DJI Mavic 3 i DJI 2 mini.

Ranijim posmatranjem i praćenjem saobraćajnog opterećenja utvrđen je vršni period dana na analiziranoj raskrsnici i to je vremenski period od 16-18 časova, kada je snimanje i obavljeno. Nakon završetka snimanja, izbrojane su sve kategorije vozila koje su se u tom periodu saobraćale analiziranom raskrsnicom.

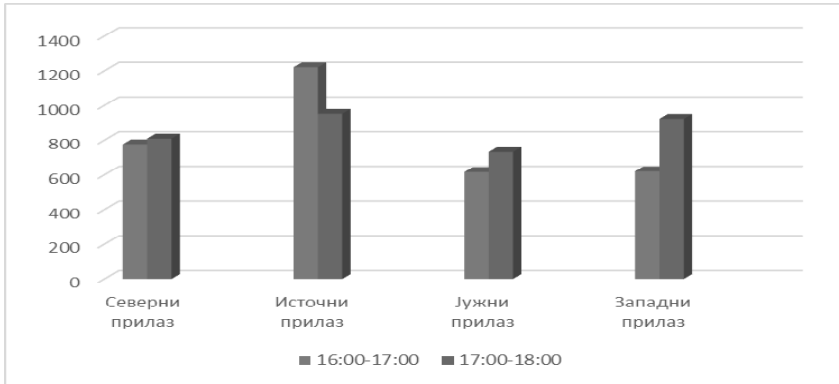
Podaci prikupljeni tokom brojanja na posmatranoj raskrsnici su prikazani tabelarno i grafički u intervalima od jednog časa. U tabeli 1 je označen sat u kome je zabeležen najveći protok.

Od ukupnog protoka po prilazima, uočava se da južni prilaz ima najmanji protok, zatim zapadni prilaz i severni prilaz, dok je na istočnom prilazu protok najveći. Ukupno saobraćajno opterećenje, za 2 sata snimanja i kasnije brojanja iznosi 8795 vozila.

Svi podaci o broju i strukturi saobraćajnog toka, obrađeni su i prikazani grafički. Časovna distribucija sa brojem vozila data je na slici 3.

Tabela 1: Časovna distribucija protoka po ulivnim grlima za kružnu raskrslu

Време	Северни прилаз		Источни прилаз		Јужни прилаз		Западни прилаз		Укупно	
	ВОЗ	ПАЈ	ВОЗ	ПАЈ	ВОЗ	ПАЈ	ВОЗ	ПАЈ	ВОЗ	ПАЈ
16:00-17:00	776	925	1220	2061	616	803	620	966	3232	4755
17:00-18:00	809	868	952	1286	731	716	923	1170	3415	4040
Укупно	1585	1793	2172	3347	1347	1519	1543	2136	6647	8795



Slika 3: Časovna distribucija protoka na kružnoj raskrslu izražena u vozilima

Pre izgradnje kružne raskrsnice, na tom mestu se nalazila semaforisana raskrsnica, koja je funkcionisala relativno dobro, sa ne preterano velikim vremenskim gubicima. To je bilo pre izgradnje tržnog centra „Delta Planet“. Semaforisana raskrsnica je radila u režimu „zelenog talasa“ u kome su bile povezane prethodna i naredna semaforisana raskrsnica na bulevaru Nemanjića.

Uz pomoć softverskog paketa Synhro 12 izvršili smo rekonstrukciju prethodnog izgleda raskrsnice, kada je bila semaforisana.

Rekonstruisana raskrsnica Bulevara Nemanjića i ulice Vojvode Mišića predstavljala je četvorokraku raskrsnicu u nivou regulisanu svetlosnom saobraćajnom signalizacijom i znacima prioriteta. Zapadni i Istočni prilaz, odnosno Bulevar Nemanjića predstavljao je prioritetni putni pravac što je bilo određeno saobraćajnim znakom „put sa prvenstvom prolaza“ (III-3). Ostala dva prilaza, ulica Vojvode Mišića bi bila obeležena saobraćajnim znakovima „ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza“ (II-1).

4 REZULTATI

U tabeli 2 je prikazano saobraćajno opterećenje, vremenski gubici i nivo usluge za postojeću kružnu raskrslu dobijeni pomoću softverskog paketa Synhro 12.

Tabela 2: Saobraćajno opterećenje, vremenski gubici i nivo usluge na kružnoj raskrsnici u postojećem stanju

Intersection										
Intersection Delay, s/veh	93.2									
Intersection LOS	F									
Approach	EB		WB		NB		SB			
Entry Lanes	2		2		2		2			
Conflicting Circle Lanes	2		2		2		2			
Adj Approach Flow, veh/h	950		1296		646		907			
Demand Flow Rate, veh/h	993		1335		664		936			
Vehicles Circulating, veh/h	1226		476		1193		946			
Vehicles Exiting, veh/h	504		1032		1026		865			
Ped Vol Crossing Leg, #/h	665		782		564		757			
Ped Cap Adj	0.787		0.706		0.834		0.729			
Approach Delay, s/veh	203.2		72.8		34.8		48.9			
Approach LOS	F		F		D		E			
Lane	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Bypass	Left	Right	Bypass
Designated Moves	LT	TR	LT	TR	LT	TR	R	LT	TR	R
Assumed Moves	LT	TR	LT	TR	LT	TR	R	L	TR	R
RT Channelized							Yield	Yield		
Lane Util	0.470	0.530	0.470	0.530	0.470	0.530		0.514	0.486	
Follow-Up Headway, s	2.667	2.535	2.667	2.535	2.667	2.535		2.667	2.535	
Critical Headway, s	4.645	4.328	4.645	4.328	4.645	4.328	349	4.645	4.328	152
Entry Flow, veh/h	467	526	627	708	148	167	482	403	381	825
Cap Entry Lane, veh/h	437	501	871	948	450	515	0.980	565	635	0.980
Entry HV Adj Factor	0.957	0.958	0.972	0.970	0.967	0.966	342	0.980	0.952	149
Flow Entry, veh/h	447	504	609	687	143	161	394	395	363	590
Cap Entry, veh/h	329	378	597	649	363	415	0.869	404	441	0.253
V/C Ratio	1.357	1.334	1.020	1.059	0.394	0.389	50.6	0.978	0.823	9.4
Control Delay, s/veh	211.0	196.3	68.2	76.8	18.2	16.0	F	71.7	40.3	A
LOS	F	F	F	F	C	C	9	F	E	1
95th %ile Queue, veh	22	24	16	19	2	2		12	8	

U tabeli 3 je prikazano saobraćajno opterećenje, vremenski gubici i nivo usluge na raskrsnici sa semaforom dobijeni pomoću softverskog paketa Synchro 12.

Tabela 3: Saobraćajno opterećenje, vremenski gubici i nivo usluge na raskrsnici sa semaforom

Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	↔	↕	↔	↔	↕	↔	↔	↕	↔	↔	↕	↔
Traffic Volume (veh/h)	145	546	183	398	385	409	59	221	315	363	334	137
Future Volume (veh/h)	145	546	183	398	385	409	59	221	315	363	334	137
Initial Q (Qb), veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ped-Bike Adj(A, pbT)	0.90	0	1.00	0.94	1.00	0.86	1.00	0.86	1.00	0.81	1.00	1.00
Parking Bus, Adj	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Work Zone On Approach	No											
Adj Sat Flow, veh/h/ln	1870	1811	1870	1870	1826	1870	1870	1841	1870	1870	1826	1870
Adj Flow Rate, veh/h	158	593	0	433	418	0	64	240	0	395	363	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Percent Heavy Veh, %	2	6	2	2	5	2	2	4	2	2	5	2
Cap, veh/h	393	1426		328	1437		350	1249		390	1239	
Arrive On Green	0.41	0.41	0.00	0.41	0.41	0.00	0.36	0.36	0.00	0.36	0.36	0.00
Sat Flow, veh/h	868	3441	1585	771	3469	1585	875	3497	1585	928	3469	1585
Grp Volume(v), veh/h	158	593	0	433	418	0	64	240	0	395	363	0
Grp Sat Flow(s), veh/h/ln	868	1721	1585	771	1735	1585	875	1749	1585	928	1735	1585
Q Serve(g, s), s	10.4	8.5	0.0	20.5	5.6	0.0	4.0	3.3	0.0	21.7	5.3	0.0
Cycle Q Clear(g_c), s	16.0	8.5	0.0	29.0	5.6	0.0	9.2	3.3	0.0	25.0	5.3	0.0
Prop In Lane	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lane Grp Cap(c), veh/h	393	1426		328	1437		350	1249		390	1239	
V/C Ratio(X)	0.40	0.42		1.32	0.29		0.18	0.19		1.01	0.29	
Avail Cap(c_a), veh/h	393	1426		328	1437		350	1249		390	1239	
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Upstream Filter(l)	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00
Uniform Delay (d), s/veh	19.0	14.5	0.0	28.0	13.7	0.0	19.5	15.5	0.0	27.0	16.2	0.0
Incr Delay (d2), s/veh	3.1	0.9	0.0	163.6	0.5	0.0	1.1	0.3	0.0	48.6	0.6	0.0
Initial Q Delay(d3), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
%ile BackOfQ(50%), veh/ln	0.8	0.5	0.0	16.7	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	7.2	0.5	0.0
Unsig. Movement Delay, s/veh												
LnGrp Delay(d), s/veh	22.0	15.4	0.0	191.5	14.2	0.0	20.6	15.9	0.0	75.6	16.8	0.0
Approach Vol, veh/h	751		A		851		A		304		A	
Approach Delay, s/veh	16.8				104.4				16.9		47.4	
Approach LOS	B				F				B		D	
Timer - Assigned Phs	2		4		6		8					
Phs Duration (G+Y+Rc), s	33.0		37.0		33.0		37.0					
Change Period (Y+Rc), s	8.0		8.0		8.0		8.0					
Max Green Setting (Gmax), s	25.0		29.0		25.0		29.0					
Max Q Clear Time (g_c+11), s	11.2		18.0		27.0		31.0					
Green Ext Time (p_c), s	1.8		4.4		0.0		0.0					
Intersection Summary												
HCM 6th Ctrl Delay	53.5											
HCM 6th LOS	D											

5 ZAKLJUČAK

Rekonstrukcije raskrsnica u cilju poboljšanja nivoa usluge su sve češće na našim prostorima. Predloženo rešenje je često kružna raskrsnica, koja ima ograničen kapacitet, bez obzira na broj traka na prilazima i u kruženju. U okviru ovog rada izvršena je analiza stanja pre i nakon rekonstrukcije semaforisane raskrsnice u kružnu. Rezultati su pokazali da su vremenski gubici na kružnoj raskrsnici veći, a nivo usluge lošiji (93,2s, nivo usluge F) nego na semaforisanoj raskrsnici pre rekonstrukcije (53,5s, nivo usluge D). Vremenski gubici su skoro duplo manji kod semaforisane raskrsnice iz razloga razdvajanja kolskih i pešačkih tokova po fazama na prilazu, što u mnogome smanjuje zadržavanje vozila u raskrsnici.

Bez obzira u mnogobrojne prednosti kružnih raskrsnica, na datoj raskrsnici se pokazalo da je pre rekonstrukcije (dok je raskrsnica bila semaforisana) nivo usluge bio bolji, a vremenski gubici manji nego nakon rekonstrukcije u kružni tok.

LITERATURA

- [1] Kuzović, Lj., Bogdanović, V. (2010). Teorija saobraćajnog toka. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.
- [2] Gracanin, D., Ruškić, N., Pavlica, T., Marić, M., Ćirić Lazić, D. (2023). SIMULATION MODELLING OF PEDESTRIANS INFLUENCE ON THE ROUNDABOUT CAPACITY. International Journal of Simulation Modelling 22(3): 474-484
- [3] Ruškić, N. (2013). Model proračuna kapaciteta nestandardnih nesignalisanih raskrsnica. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [4] Mihajlović, S. (2022). Vrednovanje predloga rešenja za poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja na raskrsnici Bulevar Nemanjića i ulice Vojvode Mišića u Nišu. Master rad, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [5] <https://www.cubic.com/transportation/synchro-studio>

SUMMARY

Analysis of traffic conditions after the reconstruction of the intersection of Bulevar Nemanjića Street and Street Vojvode Mišića in Niš

Abstract: Roundabouts, which belong to surface intersections, are an increasingly common solution for reducing traffic congestion in the city. The paper analyzes the condition before and after the reconstruction of the traffic lighted intersection of Bulevar Nemanjić Street and Vojvoda Mišić Street in Niš. The paper takes into account pedestrian flows, which can further complicate traffic conditions at roundabouts, and time losses are given, as well as the level of service at both types of intersections.

Key words: roundabout, traffic lighted intersection, time losses, level of service

Istraživanje prihvatljivog intervala sleđenja na nesignalisanim raskrsnicama

Tijana Nikolić, Saobraćajni fakultet, Beograd, tijananicolic0206@gmail.com

Milica Memarović, Saobraćajni fakultet, Beograd, milicamemarovic1999@gmail.com

Stamenka Stanković, Saobraćajni fakultet, Beograd, s.stankovic@sf.bg.ac.rs

Vladan Tubić, Saobraćajni fakultet, Beograd, vladan@sf.bg.ac.rs

Rezime: Na nesignalisanim raskrsnicama, tokovi sa nižim prioritetom opsluge u obavezi su da ustupe prvenstvo prolaska hijerarhijski prioritenijim tokovima. Analitički modeli prihvatljivog intervala sleđenja, govoreći o nesignalisanim raskrsnicama, opisuju ponašanje vozača i koriste se za određivanje kapaciteta neprioritetnih tokova. U tom kontekstu, prihvatanje intervala sleđenja za manevar presecanja na raskrsnici direktno je uslovljeno intervalima sleđenja vozila u prioritetnom toku. Pomenuta zavisnost može biti u funkciji brzine vozila konfliktnog toka, psiho-fizičkih karakteristika vozača, statičkih i vozno-dinamičkih karakteristika motornih vozila, specifičnih uslova lokacije, geometrije raskrsnice i sl. Vremenski gubici neprioritetnih tokova su osnovni pokazatelj Nivoa Usluge na nesignalisanim raskrsnicama, a njihov kapacitet ima neposredan uticaj na pomenute vrednosti. Predmetni rad se bazira na utvrđivanju kritične vrednosti prihvatljivog intervala sleđenja tokova u levom i desnom skretanju sa sporednog prilaza. Terensko istraživanje je sprovedeno u gradu Beogradu, na dve raskrsnice bez uticaja susednih svetlosnih signala. Za dobijanje rezultata korišćene su Siegloch i Raff metoda, kao i HCM (2000).

Ključne reči: prihvatljiv interval sleđenja, nesignalisana raskrsnica

1 UVOD

Na nesignalisanim raskrsnicama, tokovi sa nižim prioritetom opsluge u obavezi su da ustupe prvenstvo prolaska hijerarhijski prioritenijim tokovima. Stoga, na primer, tokovi u skretanju sa sporednog prilaza moraju čekati na prihvatljiv interval sleđenja između dolazećih vozila sa prioritetom opsluge kako bi efikasno i bezbedno izvršili manevar skretanja [1]. Prihvatanje intervala sleđenja je proces u kome vozilo koje ustupa pravo prolaska raskrsnicom konfliktnom toku prihvata raspoloživ interval sleđenja u konfliktnoj površini kako bi izvršilo nameravani manevar [2].

Kritičan prihvatljiv interval sleđenja je minimalni vremenski interval između vozila u toku koji je prihvatljiv za vozača da izvrši konfliktni manevar [2]. Nije ga moguće direktno izmeriti na terenu i u literaturi su dostupne različite metode za njegovo utvrđivanje. Nalazi se između najvećeg odbijenog i najmanjeg prihvaćenog intervala [1]. Generalno, pretpostavka je da vozači prihvataju sve intervale veće od kritičnog, a odbijaju manje. Navedena pretpostavka važi ukoliko su vozači u toku homogeni (modeliranje na deterministički način, zasnovano na empirijskim podacima). Heterogenost karakteristika vozača poput starosti, pola, iskustva i ponašanja u vožnji, vremena percepcije-reakcije i slično rezultira dinamičnom prirodom prihvaćenih intervala gde određeni deo vozača prihvata

intervale manje od kritičnog. Procena kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja je dosta složenija u heterogenim saobraćajnim uslovima. Analitički modeli (probabilistički pristup) rešavaju neke od elemenata nekonzistentnosti [3]. Zatim, jedan interval može biti prihvaćen od strane plotuna vozila, a neretko su i vozila na glavnom pravcu prinuđena da se zaustave/uspore kako bi im omogućila prolazak [4]. Kombinovani efekti navedenih problema često otežavaju procenu opisanog parametra.

Analitički modeli prihvatljivog intervala sleđenja, govoreći o nesignalisanim raskrsnicama, opisuju ponašanje vozača i koriste se za određivanje kapaciteta neprioritetnih tokova. Vremenski gubici neprioritetnih tokova su osnovni pokazatelj Nivoa Usluge na nesignalisanim raskrsnicama, a njihov kapacitet ima neposredan uticaj na vrednosti ovog pokazatelja. Kapacitet i ukupno vreme (vreme čekanja na prihvatljiv interval, vreme potrebno za prolazak konfliktne površine i izvođenje manevra) na sporednim prilazima nesignalisanih raskrsnica uslovljeni su postojanjem dovoljno velikog intervala sleđenja u konfliktnom toku. Navedena zavisnost može biti u funkciji brzine vozila konfliktnog toka, psiho-fizičkih karakteristika vozača, kao i statičkih i vozno-dinamičkih karakteristika motornih vozila koje ilustruju ponašanje svakog pojedinačnog vozača pri prihvatanju intervala. Uslovljenost ukupnog vremena i veličine intervala sleđenja može biti opisana i ostalim funkcijama poput geometrije raskrsnice, specifičnih uslova lokacije, vremenskih uslova, vidljivosti i slično. Razumevanje ponašanja vozača pri prihvatanju određenog intervala je jedan od značajnijih aspekata za procenu performansi i bezbednosti nesignalisanih raskrsnica. Većina teorija povezanih sa ponašanjem vozača pri prihvatanju intervala podrazumeva da je ponašanje vozača "dosledno i uniformno". Pod terminom "dosledan" podrazumeva se da vozač postupa isto u svim trenucima i u svim sličnim situacijama. Od vozača se ne očekuje da odbaci određeni interval, a neposredno nakon toga prihvati manji od odbačenog. Za "uniformnu" vozačku populaciju očekuje se da svi reaguju na isti način. Realna heterogenost vozača dovodi do smanjenja kapaciteta, dok nekonzistentnost dovodi do njegovog povećanja. Međutim, iskustva pokazuju da navedene pretpostavke nisu tačne, ali zbog njihovog ukupnog marginalnog uticaja i jednostavnosti analize većina teorija pod polaznom hipotezom ističe da je ponašanje vozača "dosledno i uniformno" [5].

Predmetni rad je baziran na utvrđivanju kritične vrednosti prihvatljivog intervala sleđenja tokova u levom i desnom skretanju sa sporednog prilaza na dve nesignalisane raskrsnice u Beogradu. Zadatak rada je analiza vrednosti parametra u odnosu na manevar (levo i desno skretanje), ali i ostalih faktora od uticaja na vrednosti za isti manevar na različitim raskrsnicama.

2 PREGLED LITERATURE

Mnogi su autori teoretski obrađivali i istraživali vrednosti kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja. Ipak, i pored obimne literature, ove vrednosti uslovljene su specifičnim faktorima koji usložnjavaju svaku obradu i ističu značaj sprovođenja novih istraživanja.

Harwood i dr. (2000) preporučuju vrednost kritičnog intervala od 7,1 s za manevar skretanja levo na raskrsnici sa sporednog i 4,1 s sa glavnog pravca [6].

AASHTO (2001) preporučuje da je kritičan prihvatljiv interval sleđenja za tokove u levom skretanju i dve trake u konfliktnom toku 5,5 s. Za svaku dodatnu traku koja se prelazi u konfliktnom toku dodaje se 0,5 s na preporučenu vrednost [7].

Patil i dr. (2015) su za analizu kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja tokova u desnom skretanju¹ sa sporednog prilaza koristili Raff, logit, lag, Ashworth i metodu maksimalne verovatnoće. Vrednosti po metodama su varirale između 3,0 i 4,0 s. Kritičan prihvatljiv interval sleđenja dobijen primenom Raff metode iznosio je 3,3 s [8].

Barchański i dr. (2021) su analizirali i poredili vrednosti kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja tokova u levom i desnom skretanju sa sporednog prilaza dobijene Sieglach metodom sa preporučenim vrednostima poljskog priručnika. Manevar skretanja levo na raskrsnicama se izvodi u dve faze zbog postojanja razdelnog ostrva i stoga se razmatra kao dva odvojena manevara. Vrednost kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja za tokove u levom skretanju iznosi 5,9 s za prvu i 2,3 s za drugu fazu, a za tokove u desnom skretanju 4,6 s (Sieglach metoda). Poljski priručnik (eng. *Polish manual*) preporučuje vrednosti od 5,5 i 5,6 s za faze manevara levog skretanja, respektivno, dok je za desna preporučeno 5,4 s [9].

3 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja rada su parametri opsluge saobraćajnog toka u levom i desnom skretanju na nesignalisanim raskrsnicama, u cilju utvrđivanja kritičnih vrednosti prihvatljivog intervala sleđenja (t_c).

Istraživanje je sprovedeno na dve raskrsnice u Beogradu koje ispunjavaju kriterijume za dobijanje validnih rezultata: Darwinova – Bulevar Peka Dapčevića – Kumodraška (R1) i Ljutice Bogdana – Rajka Mitića – Sokobanjska (R2). Predmet obrade i analize su tokovi iz Bulevara Peka Dapčevića (levo skretanje) i Rajka Mitića (levo i desno skretanje). Na prvoj raskrsnici (R1) se tokovi u levom skretanju sa sporednog prilaza opslužuju iz posebne trake za levo skretanje, dok se na drugoj (R2) tokovi sa posmatranog sporednog prilaza opslužuju iz mešovite saobraćajne trake. Glavni pravac ima dve trake po smeru na R1 i jednu traku po smeru na R2. Istraživanje je sprovedeno u mesecu junu 2024. godine tokom merodavnih dana (sreda i četvrtak), u trajanju od sat vremena² po lokaciji. Parametri su prikupljeni snimanjem video zapisa, pri čemu je naknadno izvršena manuelna obrada. Na nivou celokupnog uzorka registrovano je ukupno 155 prihvaćenih i 919 odbijenih intervala sleđenja (Tabela 1).

Tabela 1: Veličina uzorka istraživanja

Raskrsnica	Manevar	Trajanje istraživanja	Broj prihvaćenih intervala sleđenja	Broj odbijenih intervala sleđenja
R1	levo	1 čas	51	364
R2	levo	1 čas	59	425
	desno	1 čas	45	130
UKUPNO			155	919

Preduslov za adekvatnu obradu je jasno i precizno definisanje konfliktnih površina predmetnih i njima konfliktnih tokova na R1 i R2. Pored navedenog, beleži se početak istraživanja/snimanja (nulta sekunda), početak opsluge predmetnog toka u desnom i/ili levom skretanju (zaustavljanje vozila na liniji zaustavljanja), završetak opsluge (napuštanje

¹ Istraživanje je sprovedeno u Indiji gde vozači voze levom stranom.

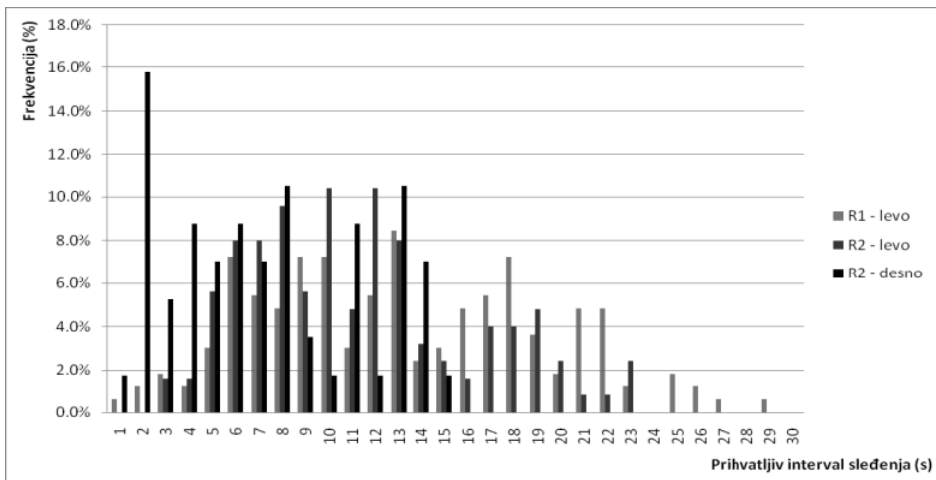
² Postojanje kontinualnog saobraćajnog zahteva bez prezasićenja.

konflikte površine prednjom osovinom vozila), kao i opsluživanje konfliktnog toka po trakama (napuštanje konflikte površine prednjom osovinom vozila).

4 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Kako bi se uvrдила vrednost kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja (t_c), neophodna je analiza svih prihvaćenih i svih odbijenih intervala sleđenja.

Na Grafiku 1 prikazana je frekvencija prihvaćenih intervala sleđenja (t_a) (s) tokova u levom skretanju na R1 i tokova u levom i desnom skretanju na R2. Srednje vrednosti za R1 (levo skretanje) i R2 (levo i desno skretanje) iznose 13,4; 10,9 i 6,9 s, respektivno. Bitno je napomenuti da na prethodno pomenute vrednosti utiče opsluživanje vozila u plotunu, te da se na osnovu istih ne mogu donositi precizni zaključci o kritičnoj vrednosti prihvatljivog intervala sleđenja (t_c). Standardno odstupanje iznosi 4,8; 4,9 i 4,2 s, redom. Pored navedenog, vrednosti prihvaćenih intervala variraju od minimalnih do maksimalnih, i to: 0,5-22,6 s (R1-levo); 2,2-23,2 s (R2-levo) i 1,0-14,8 s (R2-desno).



Grafik 1: Frekvencija prihvaćenih intervala sleđenja na R1 i R2

U nastavku je sprovedeno utvrđivanje kritične vrednosti prihvatljivog intervala sleđenja (t_c) korišćenjem dve metode, Siegloch i Raff.

Metoda Siegloch podrazumeva da se za svaki interval sleđenja u prioritonom toku t beleži broj vozila n koji je taj period prihvatio za opsluživanje. Za svakih n vozila utvrđuje se prosečan interval sleđenja i formira se njihova linearna zavisnost sa prosečnim intervalom sleđenja kao zavisnom promenljivom. Ova metoda se isključivo bazira na analizi prihvaćenih intervala sleđenja za utvrđivanje kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja. Odnosno, odbijeni intervali se zanemaruju. Siegloch je istovremeno i jedina metoda koja u obzir uzima broj opsluženih vozila tokom intervala sleđenja koji je prihvaćen [10]. Nagib prave ilustruje interval sleđenja u neprioritetnom toku (t_{fn}), a odsečak t_0 , stoga se kritičan interval sleđenja računa kao [11]:

$$t_c = t_0 + \frac{t_{fn}}{2} \text{ (s)} \tag{1}$$

Kritičan interval sleđenja dobijen na ovaj način, zanemarivanjem odbijenih intervala sleđenja, za tokove u levom skretanju iznosi 11,8 s na R1 i 10,2 s na R2, dok za tokove u desnom skretanju na R2 iznosi 4,1 s.

Raff metoda, za razliku od metode Sieglach, bazirana je na analizi prihvaćenih, ali i odbijenih intervala sleđenja. Za empirijsku funkciju raspodele odbijenih intervala sleđenja posmatrani su svi odbijeni intervali, pri čemu se za vozila koja su prihvatila prvi interval koji im je bio na raspolaganju podrazumeva da nemaju odbijene intervale sleđenja. Kritičan prihvatljiv interval sleđenja (t_c) predstavlja mesto preseka funkcija $F_a(t)$ i $1-F_r(t)$ [12]. Njegova vrednost za tokove u levom skretanju iznosi 7,5 s na R1 i 5,9 s na R2, a za tokove u desnom skretanju (R2) iznosi 4,2 s.

Za utvrđivanje kritične vrednosti prihvatljivog intervala sleđenja (t_c) korišćena je i metodologija **HCM (2000)** (eng. *Highway Capacity Manual*). Preporučena bazna vrednost ($t_c b$) koja je u korelaciji sa brojem traka na glavnom pravcu koriguje se faktorima uticaja teretnih vozila, uzdužnog nagiba i geometrije raskrsnice. Vrednosti kritičnog intervala sleđenja se računaju zasebno za svaki manevar tokova sa sporednog prilaza na raskrsnicama. U Tabeli 2 su prikazani svi uticajni faktori sa preporučenim vrednostima, kao i kritična vrednost prihvatljivog intervala sleđenja (t_c) proračunata prema sledećoj formuli [2]:

$$t_c = t_c b + t_c tv * Ptv + t_c un * UN - t_2 gls (s) \quad (2)$$

Tabela 2: Vrednosti kritičnog intervala sleđenja prema HCM-u (2000) (s)

Raskrsnica	Manevar	$t_c b$	$t_c tv$	Ptv	$t_c un$	UN	$t_2 gls$	t_c
R1	levo	7,5	2	0,05	0,2	0	0,7	6,9
R2	levo	7,1	1	0	0,2	0	0	7,1
	desno	6,2	1	0	0,1	0	0	6,2

Kritičan interval sleđenja dobijen primenom metodologije HCM (2000) za tokove u levom skretanju iznosi 6,9 s na R1 i 7,1 s na R2, dok za tokove u desnom skretanju na R2 iznosi 6,2 s.

5 ZAKLJUČAK

U Tabeli 3 prikazane su istraživanjem dobijene i u literaturi preporučene vrednosti kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja (t_c).

Tabela 3: Vrednosti kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja (s)

Manevar	Sieglach	Raff	HCM	Harwood	AASHTO	Patil	Barchański	Polish manual
t_c levo	11,8 (R1)	7,5 (R1)	6,9 (R1)	7,1	6,0 (3 t.kt)	3,3	/	/
	10,2 (R2)	5,9 (R2)	7,1 (R2)		5,5 (2 t.kt)			
desno	4,1 (R2)	4,2 (R2)	6,2 (R2)	/	/	/	4,6	5,4

Na bazi dobijenih rezultata istraživanja, uočeno je da se dobijene vrednosti kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja tokova u levom skretanju na R1 i R2 razlikuju. Da bi izvršili nameravani manevar, vozači na R1 sagledavaju tri trake u konfliktnom toku za prihvatanje intervala sleđenja. Vozači na R2, zbog kompaktnije geometrije raskrsnice, treba da sagledaju intervale sleđenja između vozila koja se kreću u samo dve različite trake na

glavnom pravcu. Dobijene vrednosti kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja primenom obe metode, Siegloch i Raff, ukazuju da vozači prihvataju manje intervale sleđenja u slučaju manjeg broja traka u konfliktnom toku. HCM metodologija je dala oprečne vrednosti u odnosu na pomenute metode, odnosno, uočava se da je kritičan prihvatljiv interval sleđenja veći na raskrsnici sa manjim brojem traka u konfliktnom toku. Posledica toga je uniformno redukovanje bazne vrednosti faktorom geometrije raskrsnice za tokove u levom skretanju sa sporednog prilaza na trokrakim raskrsnicama (R1). Međutim, istraživanjem je potvrđeno da, iako R2 nije standardna trokraka raskrsnica, opsluživanje predmetnog toka zavisi isključivo od konfliktnog toka na glavnom pravcu, zbog čega se preporučuje prilagođavanje metodologije lokalnim uslovima radi dobijanja validnijih rezultata.

Pored svega prethodno navedenog, značajno je istaći da sve tri primenjene metode daju potpuno drugačije vrednosti za iste tokove. Siegloch metodom dobijene su dosta veće vrednosti kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja za leva skretanja na obe raskrsnice u poređenju sa Raff metodom i metodologijom HCM-a, jer u obzir uzima samo prihvaćene intervale i broj opsluženih vozila tokom istih. Iz tog razloga, rezultati dobijeni pomenutom metodom se ne smatraju relevantnim za donošenje daljih zaključaka. Sa druge strane, Raff metoda je bazirana na posmatranju tačke ukrštanja raspodele prihvaćenih i odbijenih intervala sleđenja.

Kako je manevar levog skretanja zahtevniji u odnosu na desno skretanje, vrednosti kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja tokova u desnom skretanju su opravdano niže u odnosu na tokove u levom skretanju. Odnosno, vozači koji skreću desno sa neprioritetnog prilaza sagledavaju samo jednu traku u konfliktnom toku i lakše izvode nameravani konfliktni manevar. Siegloch i Raff metoda daju približno iste vrednosti kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja za tokove u desnom skretanju. HCM metodologijom su dobijene značajno veće vrednosti (preporučena bazna vrednost je ekvivalent kritičnoj). Može se zaključiti da bazne vrednosti analiziranog parametra za različite manevre definisane HCM-om ne odgovaraju u potpunosti svim uslovima i lokacijama istraživanja, a zbog njegove korelativnosti sa mnoštvom uticajnih činilaca jedinstvanih za određeni prostorni obuhvat.

Poredeći proračunate sa vrednostima u literaturi, uočavaju se određena odstupanja. Ipak, kritičan prihvatljiv interval sleđenja uslovljen je različitim merljivim i teže merljivim faktorima (poput psiho-fizičkih karakteristika vozača), pa je praktično nemoguće dobiti jedinstvenu vrednost koja odgovara različitim lokacijama. Zaključak istraživanja daje naznake da čak ni HCM metodologija, iako često korišćena, se ne može primenjivati nekritički jer može kao posledicu imati precenjivanje odnosno podcenjivanje kapaciteta nesignalisane raskrsnice. Razlike u rezultatima između HCM-a i drugih metoda naglašavaju potrebu za prilagođavanjem metodologije specifičnim lokalnim uslovima. Primera radi, Patil i dr. (2015) su dobili vrednost kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja za tokove u desnom skretanju (pandan levom) od 3,3 s što je, kako autori ističu, posledica agresivnosti vozača u Indiji u odnosu na razvijene zemlje.

Konačno, imajući u vidu da je predmetno istraživanje sprovedeno na manjem uzorku, radi merodavnijih rezultata pravci daljih istraživanja bi trebalo da obuhvate veći uzorak raskrsnica različite geometrije, kako bi se dobijeni zaključci mogli generalizovati u formi modela za procenu kritičnog prihvatljivog intervala sleđenja u lokanim uslovima.

LITERATURA

- [1] Zhou, H., Ivan, J. N., Gårder, P. E., & Ravishanker, N. (2017). Gap acceptance for left turns from the major road at unsignalized intersections. *Transport*, 32(3), 252-261.
- [2] HCM (2000). Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, National Research Council.
- [3] Bhatt, K., Gore, N., & Shah, J. (2022). Critical gap estimation and its implication on capacity and safety of high-speed un-signalised T-intersection under heterogeneous traffic conditions. *Komunikácie*, 24(4).
- [4] Dutta, M., & Ahmed, M. A. (2018). Gap acceptance behavior of drivers at uncontrolled T-intersections under mixed traffic conditions. *Journal of modern transportation*, 26(2), 119-132.
- [5] Amin, H. J., & Maurya, A. K. (2015). A review of critical gap estimation approaches at uncontrolled intersection in case of heterogeneous traffic conditions. *Journal of transport literature*, 9(3), 5-9.
- [6] AASHTO (2001). A policy on geometric design of highways and streets. Washington, D.C. Cassidy, M., Madanat, S. M., Wang, M. H., and Yang, F. (1995). Unsignalized intersection capacity and level of service: revisiting critical gap. *Transportation Research Record*, 1484, 16–22.
- [7] Harwood, D. W., Mason, J. M., and Brydia, R. E. (2000). Sight distance for stop-controlled intersections based on gap acceptance. *Transportation Research Record* 1701, Transportation Research Board, Washington, DC, 32–41
- [8] Patil, G. R., & Sangole, J. P. (2015, January). Gap acceptance behavior of right-turning vehicles at T-intersections—A case study. In *Journal of the Indian Roads Congress* (Vol. 76, No. 1, pp. 44-54).
- [9] Barchański, A., & Żochowska, R. (2021). Estimation of critical gaps and follow-up times at median uncontrolled T-intersection. *Archives of transport*, 60(4), 105-124.
- [10] Stanković, Stamenka. 2023. Modeliranje zasićenog saobraćajnog toka nezaštićenog levog skretanja - Doktorska disertacija. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [11] Sieglösch, W. (1973). Die Leistungsermittlung an Knotenpunkten ohne Lichtsignalsteuerung. *Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*. Report 154. Bundesminister fuer Verkehr, Bonn, Germany
- [12] Raff, M. S., & Hart, J. W. (1950). A volume warrant for urban stop signs. Eno Foundation for Highway Traffic Control. Saugatuck, USA.

SUMMARY

Study of Critical Headway at Unsignalized Intersections

Abstract: At unsignalized intersections, non-priority traffic flows must yield to higher-priority flows according to hierarchical precedence. Analytical models of gap acceptance, when applied to unsignalized intersections, describe driver behavior and are used to determine the capacity of non-priority flows. In this context, the acceptance of headways for crossing maneuvers at intersections is directly influenced by the headways of vehicles in the priority flow. This dependency may be affected by factors such as the speed of conflicting flows, psycho-physical characteristics of drivers, static and dynamic vehicle characteristics, specific site conditions, intersection geometry, and more. Delays for non-priority flows are a key indicator of the Level of Service at unsignalized intersections, and their capacity directly impacts these values. This study focuses on determining the critical headway for left and right turn movements from minor streets. Field research was conducted in Belgrade at two intersections unaffected by adjacent traffic signals. The results were obtained using the Siegloch and Raff methods, as well as HCM (2000) model.

Key words: gap acceptance, critical headway, unsignalized intersection

Izmena režima saobraćaja na Kamenom mostu iz motorizovanog u pešački u naselju Ivanjica

Predrag Samardžija, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, predrag.samardzija@adomne.rs

Miodrag Počuć, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, miodrag.pocuc@adomne.rs

Igor Vukobratović, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, igor.vukobratovic@adomne.rs

Mira Iličić Tomić, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, mira.ilicictomic@adomne.rs

Goran Kalamanda, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, goran.kalamanda@adomne.rs

Nikolina Stošić, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, nikolina.stosic@adomne.rs

Rezime: Izgradnja infrastrukturnih objekata, bez prethodnih planiranja može biti investicioni promašaj ukoliko ne rešavaju probleme zbog kojih su izgrađeni. Kako bi se smanjila mogućnost greške vrše se simulacije saobraćajnog toka na mreži. Simulacije saobraćajnih tokova omogućavaju testiranje varijantnih rešenja uz minimalne troškove investiranja i daju nam mogućnost izbora najboljeg rešenja. Istraživanjem sprovedenim na terenu izvršeno je sakupljanje socio-ekonomskih podataka na centralnom prostoru naseljenog mesta Ivanjica. Primenom odgovarajućih softvera izvršena je analiza varijantnih rešenja kako bi se obezbedili najbolji uslovi za odvijanje saobraćaja u naselju. Cilj rada je da se nađe odgovarajuće saobraćajno rešenje kako bi zatvaranjem „Kamenog mosta“ u naselju Ivanjica uslovi odvijanja saobraćaja ostali isti ili dodatno poboljšani. Varijantna rešenja obuhvataju izmenu režima saobraćaja iz motorizovanog u pešački saobraćaj na mostu, a primenom drugih mera da se poboljšaju i nadoknade efekti zatvaranja mosta. Varijantna rešenja analizirati kroz odgovarajuće softverske alate kako bi se ustanovili parametri saobraćajnog toka.

Ključne reči: simulacija, saobraćaj, nivo usluge

1 UVOD

Svedoci smo da u poslednje vreme u Srbiji dolazi do povećanja broja registrovanih vozila u gotovo svim opštinama, što neminovno dovodi do povećanja intenziteta saobraćaja na glavnim putnim pravcima i državnim putevima ali i na mreži lokalnih saobraćajnica. Gradovi sa nasleđenom uličnom mrežom iz prethodnog perioda, kao što je Ivanjica mogu se suočiti sa saobraćajnim problemima usled povećanja broja vozila na gradskim saobraćajnicama. Kako bi održali nivo odvijanja saobraćaja naročito u centralnom delu naselja Ivanjica potrebno je izvršiti predlog i vrednovanje različitih varijantnih rešenja kako bi se povećao nivo usluge kao i bezbednost za sve učesnike u saobraćaju.

Izrada ovog rada inicirana je potrebom za poboljšanjem uslova odvijanja saobraćaja na prostoru naselja Ivanjica. Planom detaljne regulacije i Prostornim planom opštine Ivanjica prikazana je lokacija planiranog mosta koji bi preko Moravice spojio ulice Branislava Nušića i ul. 13 Septembra.

Postojeći most predstavlja najveći jednolučni most na Balkanu, izgrađen po principu klinova, bez upotrebe veznih materijala. Most, napravljen od velikih kamenih blokova, izgradili su italijanski majstori tokom 1904.-1906. godine.

U cilju očuvanja mosta Opština Ivanjica sprovodi aktivnosti kojima bi se izvršila zabrana motornog saobraćaja preko mosta. Neophodno je ispitati uticaj takve mere i naći varijantno rešenje koje bi smanjilo negativne efekte zatvaranja mosta. Saobraćajna analiza je urađena pomoću modelskih simulacija saobraćaja, odnosno korišćenjem softvera za mikrosimulacije saobraćajnih tokova PTV VISSIM.

2 PREGLED LITERATURE

Organizacija planerskog postupka je početna karika u lancu planerskog posla. Od procesa prikupljanja podataka, njihove analize i izvlačenja odgovarajućih zaključaka, zavisi i kvalitet celog daljeg toka pa i predloga rešenja. Opasnosti u ovom delu procesa su mnogobrojne i potrebno je i pored adekvatne obuke i značajna doza savesnosti i umetnosti.[1]

Brojanjem saobraćaja se utvrđuje intenzitet i struktura saobraćaja u određenim vremenskim intervalima i/ili periodima i na određenim prostorno definisanim lokacijama. Brojanje kolskog saobraćaja se sprovodi na određenim mestima na osnovnoj putnoj i uličnoj mreži. Najčešće su to važnije raskrsnice, ulični preseki na primarnoj uličnoj mreži, ili preseki na mreži ulazno – izvodnih puteva. Brojanje saobraćaja na putnoj i uličnoj mreži može biti automatsko i ručno. [2]

U teoriji saobraćajnog toka, kapacitet predstavlja maksimalan protok, odnosno maksimalan broj vozila koji u jedinici vremena može proći preko definisanog preseka puta. Maksimalan protok, odnosno kapacitet svakog putnog objekta, ostvaruje se u režimu zasićenog toka pod određenim uslovima, što znači da promene putnih ili saobraćajnih uslova neminovno dovode do promene kapaciteta [3].

Nivo usluge predstavlja kvalitativni pokazatelj efikasnosti saobraćajnog procesa na deonici puta ili raskrsnici. Kvalitet saobraćajnog procesa odnosno uslova u saobraćajnom toku, definisan je šestostepenom skalom nivoa usluge (A, B, C, D, E, F).

U sledećoj tabeli date su odgovarajuće vrednosti nivoa usluge (A, B, C, D, E i F) prema ostvarenim gubicima po vozilu [4]

Tabela 1: Nivo usluge (HCM 2000)

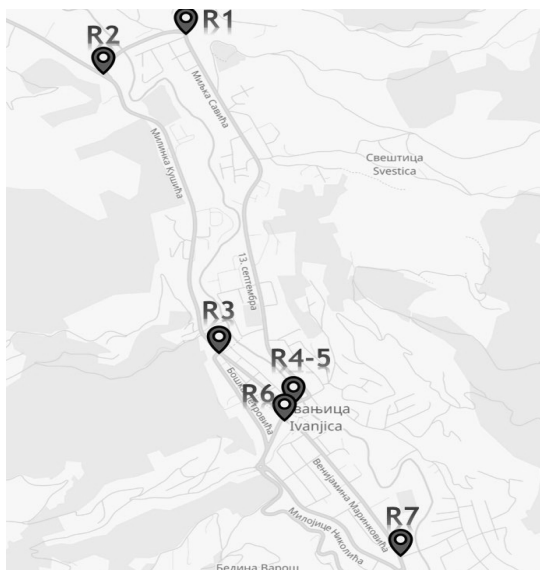
Nivo usluge	Vremenski gubici po vozilu
A	<10
B	10-20
C	20-35
D	35-55
E	55-80
F	>80

3 SAOBRAĆAJNE ANALIZE I PROGNOZE

Izvršeno je saobraćajna istraživanja na terenu sa ciljem analize postojećeg stanja i dijagnostikovanja problema. Takođe je proučena i važeća planska dokumentacija koja se odnosi na prostorni i vremenski obuhvat analize. Istraživanje uslova odvijanja saobraćaja za potrebe rada izvršeno je na sedam lokacija i to:

- Lokacija R1 – Državni put IIA-180 i ulica Miljka Savića
- Lokacija R2 – Državni put IB-21 i IIA-180
- Lokacija R3 – Čvor odseka (2132.1)
- Lokacija R4 – Ulica Branislava Nušića i Javorska
- Lokacija R5 – Državni put IB-21 i Javorska ulica
- Lokacija R6 – Državni put IB-21 i Venijamina Marinkovića
- Lokacija R7 – Ulica Kirila Savića i Venijamina Marinkovića

Prostorna raspodela lokacija prikazana je na sledećoj slici.



Slika 1 : Prostorna raspodela lokacija

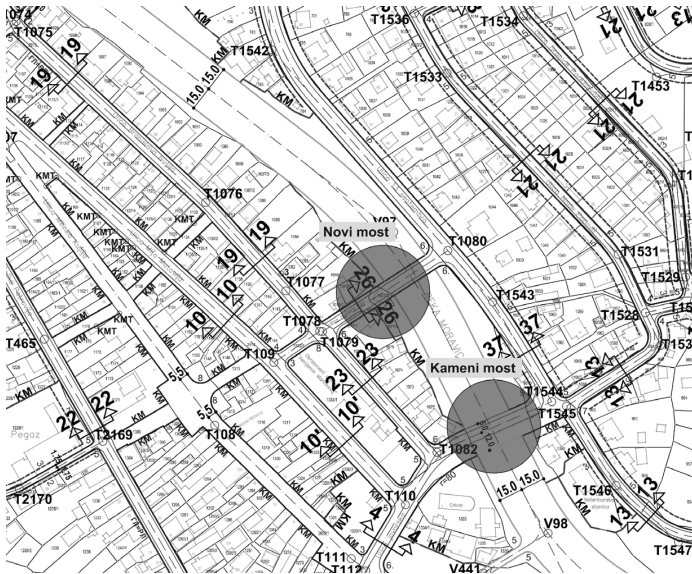
Brojanje saobraćaja je izvršeno u sredu 10.04.2024. godine, na svih 7 lokacija u ukupnom trajanju od 2 sata i bilo je podeljeno u dva vremenska perioda, i to:

- Jutarnji vršni sat od 8:00 do 9:00h (1 sat),
- Popodnevni vršni sat od 14:00 do 15:00h (1 sat).

Brojanje saobraćaja je sprovedeno uz pomoć video snimaka sačinjenih dronom, gde je zabeležen broj vozila na pomenutim raskrscima, a kasnije snimljeni materijal obrađen uz pomoć softvera *DataFromSky*.

Na osnovu projektnog zadatka odlučeno je da se analiziraju i vrednuje lokacije u postojećem stanju i 3 varijantna rešenja, tako da u nastavku egzistiraju ukupno 4 varijantna rešenja i to:

- *Varijanta V₀* - Postojeće stanje
- *Varijanta V₁* - Promena režima saobraćaja na Kamenom mostu u pešačku zonu
- *Varijanta V₂* - Promena režima saobraćaja na Kamenom mostu u pešačku zonu i izgradnja novog mosta.
- *Varijanta V₃* - Promena režima saobraćaja na Kamenom mostu u pešačku zonu i izgradnja novog mosta sa semaforizacijom dve raskrsnice



Slika 2: Prikaz lokacije postojećeg Kamenog mosta i novog mosta, preuzeto iz Plana generalne regulacije

4 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati saobraćajnih parametara svih razmatranih varijanti su sistematizovani i prikazani tabelarno u nastavku. Primenom softverskog programa VISSIM nakon unošenja i kalibracije saobraćajnog opterećenja izvršeno je očitavanje rezultata dobijenih simulacijom saobraćajnih tokova za različita varijantna rešenja u nastavku će biti prikazana tabela za svako varijantno rešenje.

Tabela 2: Podaci korišćeni za vrednovanje na predmetnim lokacijama - Varijanta V₀

Lokacija	Q _{len}	Q _{len} Max	Veh	LOS	Veh Delay	StopDelay
R1	1,23	79,36	932	A	3,99	0,91
R2	0,94	36,62	1044	A	2,21	0,40
R3	5,03	106,01	1020	B	14,94	6,64
R4	3,97	50,04	438	C	21,23	12,14
R5	9,08	80,99	913	A	8,06	4,07
R6	42,63	139,63	975	F	62,89	29,00
R7	1,20	26,88	668	A	3,34	0,51

U postojećem stanju, na osnovu rezultata dobijenih simulacijom tokova na mreži, raskrsnica R6 ima nivo usluge F sa vremenskim gubicima od 62,89 sekundi što ujedno predstavlja najlošiji nivo usluge od svih posmatranih raskrsnica. Nešto lošiji uslovi dobijaju se i na raskrsnici R4 na kojoj je nivo usluge C sa vremenskim gubicima od 21,23 sekunde. Najduži redovi čekanja stvaraju se na R6 (139,63m) i R3 (106m). Na raskrsnicama R1, R2, R5 i R7 u postojećem stanju ostvaruju se minimalni vremenski gubici i samim tim nivo usluge na raskrsnicama je A.

Tabela 3: Podaci korišćeni za vrednovanje na predmetnim lokacijama - Varijanta V₁

R	Qlen	QLenMax	Veh	LOS	Veh Delay	StopDelay
R1	5,95	79,82	1219	A	8,98	3,45
R2	3,28	69,93	1239	A	5,24	1,07
R3	14,64	166,61	1168	C	24,48	10,33
R4	1,46	24,80	94	B	12,82	3,66
R5	11,05	79,72	709	A	7,84	4,09
R6	47,14	139,60	806	F	84,74	39,99
R7	15,38	95,13	974	C	15,98	2,33

U varijanti V₁ gde je izvršeno zatvaranje Kamenog mosta za motorizovani saobraćaj i izvršena promena namene u pešački most, najveće promene u odnosu na postojeće stanje dešavaju se na raskrsnicama R1, R2, R3 i R7 koje se nalaze na alternativnim putnim pravcima koji bi spojili dve strane naselja. Raskrsnice R1 i R2 zadržavaju nivo usluge kao u postojećem stanju s tim što se neznatno povećavaju vremenski gubici. Usled povećanja saobraćaja na prilazu 1 na raskrsnici R3 povećavaju se i vremenski gubici na raskrsnici i narušava se nivo usluge sa B na C. Na raskrsnici R7 uslovi odvijanja saobraćaja su nešto lošiji u odnosu na postojeće stanje odnosno vremenski gubici se povećavaju na 15,98 sekundi po vozilu što nas dovodi do nivoa usluge C.

Tabela 4: Podaci korišćeni za vrednovanje na predmetnim lokacijama - Varijanta V₂

R	Qlen	QLenMax	Veh	LOS	Veh Delay	StopDelay
R1	1,23	79,36	932	A	3,99	0,91
R2	0,94	36,62	1044	A	2,21	0,40
R3	4,88	135,82	943	B	13,74	6,06
R4	0,04	9,81	216	A	3,06	0,78
R5	7,35	69,59	804	A	3,94	1,98
R6	47,81	223,18	920	F	63,85	32,08
R7	1,19	26,87	668	A	3,32	0,50

Izgradnjom mosta uslovi na raskrsnicama R1, R2, R3 i R7 vraćaju se u postojeće stanje usled korišćenja novog mosta. Najlošiji uslovi odvijanja saobraćaja u ovoj varijanti su na raskrsnici R6 gde je nivo usluge F sa vremenskim gubicima od 63,85 sekundi po vozilu uz maksimalne dužine reda čekanja od 223,18m. Na ostalim raskrsnicama ostvaruje se nivo usluge A ili B što predstavlja povoljne uslove odvijanja saobraćaja.

Tabela 5: Podaci korišćeni za vrednovanje na predmetnim lokacijama - Varijanta V₃

R	Qlen	QLenMax	Veh	LOS	Veh Delay	StopDelay
R1	1,23	79,36	932	A	3,99	0,91
R2	0,94	36,62	1044	A	2,21	0,40
R3	4,91	135,82	943	B	14,62	6,72
R4	2,60	73,83	202	B	14,17	8,80
R5	6,47	65,89	819	A	4,03	1,94
R6	29,71	220,86	947	D	49,77	29,66
R7	1,19	26,87	668	A	3,32	0,50

Ukoliko pored izgradnje novog mosta izvršimo semaforizaciju raskrsnica R5 i R6, na kojima se izvrši sinhronizacija signalnih planova može se očekivati poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja na raskrsnici R6 gde se ostvaruju uštede od 14 sekundi po vozilu u odnosu na varijantu bez semafora. Implementacijom ove mere dobijamo nivo usluge D i

vremenski gubici od 49,77 sekundi po vozilu. Na raskrsnici R5 nema promene uslova odvijanja saobraćaja ali zbog semaforizacije R6 i dobijanja veće protočnosti ove raskrsnice predlaže se semaforizacija i raskrsnice R5.

Tabela 6: Podaci korišćeni za vrednovanje na predmetnim varijantama - prosečni

Var	Delay Avg	StopsAVG	SpeedAvg	DelayStopAvg
V0	65,34	4,36	9,48	28,15
V1	67,57	4,30	9,42	27,36
V2	60,07	3,70	10,00	26,27
V3	65,22	2,91	9,67	36,00

Ako sagledamo celokupnu mrežu koja je obuhvaćena radom nešto lošiji parametri se dobijaju postojećim stanjem kao i varijantom V₁ kada se samo izvrši zatvaranje Kamenog mosta. varijantom V₃ vozila se prosečno manje zaustavljaju nego u drugim varijantama (2,91) i samim tim ostvaruje se ukupno 6873 zaustavljanja. Prosečna brzina kretanja vozila na mreži je u svim varijantama u proseku približno 9,5km/h.

Tabela 7: Podaci korišćeni za vrednovanje na predmetnim varijantama - Ukupni

Var	StopsTot	DelayStopTot	VehAct
V0	10251	66115,89	110
V1	11567	73657,15	112
V2	8599	60989,15	113
V3	6873	85138,38	161

Najlošiji izlazni rezultati simulacije saobraćajnih tokova prema usvojenim varijantnim rešenjima su u Varijanti V₁ kada se izvrši izmena režima saobraćaja na Kamenom mostu iz motorizovanog u pešački saobraćaj. Izgradnjom mosta izvršiće se dopuna saobraćajne ponude i uslovi odvijanja saobraćaja biće približno jednaki postojećem stanju. Najveći uticaj ovom varijantom ostvaruje se na raskrsnicama R4, R5 i R6. S obzirom da je na raskrsnici R4 izvršno zatvaranje pojedinih prilaza (Prilaz sa Kamenog mosta), ukupni vremenski gubici su manji u odnosu na postojeće stanje ali u pojedinim momentima dolazi do kraćih nakupljanja u ulici Branislava Nušića koja predstavlja vezu sa novim mostom. Kako bi se ostvarile dodatne uštede u vremenskim gubicima a samim tim povećao nivo usluge potrebno je izvršiti semaforizaciju raskrsnica R5 i R6. Semaforizacijom raskrsnica postiže se naizmenično propuštanje konfliktnih tokova što omogućava vozilima sa sporednih pravaca lakše kretanje i smanjuje vremenske gubitke.

5 ZAKLJUČAK

S obzirom na stanje Kamenog mosta kao i na njegov istorijski značaj, neophodno je njegovo zatvaranje i rasterećenje prebacivanjem u pešačku zonu. Kako se ne bi narušilo stanje odvijanja saobraćaja neophodna je izgradnja novog mosta i samim tim održalo sličan nivo postojećem stanju (Varijanta V₂).

Kako bi se izvršilo unapređenje odvijanja saobraćaja u centralnom delu naselja osim izgradnje novog mosta potrebno je izvršiti i semaforizaciju raskrsnica R5 i R6 (Varijanta V₃). Na ovaj način dobijaju se bolji parametri saobraćajnog toka a samim tim i veći nivo usluge na pomenutim raskrsnicama.

Vrednovanjem rezultata mikrosimulacija najlošiji izlazni rezultati prema usvojenim varijantnim rešenjima su u Varijanti V₁ kada se izvrši izmena režima saobraćaja na Kamenom mostu iz motorizovanog u pešački saobraćaj.

Izgradnjom mosta izvršice se dopuna saobraćajne ponude i uslovi odvijanja saobraćaja biće približno jednaki postojećem stanju. Najveći uticaj ovom varijantom ostvaruje se na raskrsnicama R4, R5 i R6. S obzirom da je na raskrsnici R4 izvršno zatvaranje pojedinih prilaza (Prilaz sa Kamenog mosta), ukupni vremenski gubici su manji u odnosu na postojeće stanje ali u pojedinim momentima dolazi do kraćih nakupljanja u ulici Branislava Nušića koja predstavlja vezu sa novim mostom.

Zaključak ove saobraćajne analize je da je zatvaranjem Kamenog mosta za motorizovani saobraćaj neophodna izgradnja novog mosta, kako bi se zadržali postojeći uslovi odvijanja dok bi semaforizacijom raskrsnica R5 i R6 obezbedili bolji uslovi odvijanja saobraćaja na ovim raskrsnicama.

LITERATURA

- [1] N. Jovanović, Planiranje saobraćaja, Beograd: Saobraćajni fakultet, 1990.
- [2] R. B. B. Vračarević, Metode istraživanja indikatora u saobraćaju, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 2015.
- [3] V. Bogdanović, Prilog poučavanju kapaciteta i nivoa usluge na trokrakim i kružnim prioritetnim raskrsnicama po novom kapacitetu, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 2005.
- [4] D. N. Čelar, S. Stanković i J. Kajalić, Osnove upravljanja svetlosnim signalima, Beograd: Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2018.

SUMMARY

Modification of traffic regime on the Kameni Most from motorized to pedestrian in the Ivanjica town

Abstract: The construction of infrastructure projects without prior planning can be an investment failure if they do not address the problems they were intended to solve. To reduce the possibility of errors, traffic flow simulations on networks are conducted. Traffic flow simulations allow for testing of alternative solutions with minimal investment costs and provide the opportunity to select the best solution. A field study was conducted to collect socio-economic data in the central area of the town of Ivanjica. Using appropriate software, the analysis of alternative solutions was carried out to ensure optimal traffic conditions in the settlement. The aim of this work is to find a suitable traffic solution to ensure that, with the closure of the "Kameni most" in Ivanjica, traffic conditions remain the same or are further improved. The alternative solutions include changing the traffic mode from motorized to pedestrian traffic on the bridge, and implementing other measures to improve and compensate for the effects of the bridge closure. Alternative solutions are analyzed using appropriate software tools to establish traffic flow parameters.

Key words: simulation, traffic, level of service

Analiza uslova odvijanja saobraćaja na četvorokrakoj raskrsnici državnog puta IB-22 sa ulicom Branka Ćopića u Novom Pazaru nakon optimizacije saobraćajnog toka

Milana Šarenac, GMP GRAMONT-NS, Novi Sad, milana.sarenac@gmpns.co.rs

Aleksandar Petrić, GMP GRAMONT-NS, Novi Sad, aleksandar.petric@gmpns.co.rs

Rezime: Predmet rada je analiza uslova odvijanja saobraćaja na četvorokrakoj raskrsnici državnog puta IB reda broj 22 (ulica Kej skopskih žrtava) sa ulicom Branka Ćopića u Novom Pazaru nakon optimizacije saobraćajnog toka. Optimizacija saobraćajnog toka izvršena je promenom načina regulisanja saobraćaja na raskrsnici postavljanjem semafora, odnosno semaforizacijom predmetne raskrsnice. U radu su prikazani podaci dobijeni brojanjem saobraćaja mobilnim brojačima pre i posle semaforizacije raskrsnice, pri čemu su analizirani protok vozila i vremenski gubici u oba slučaja kako bi se procenio efekat promene načina regulisanja saobraćaja na saobraćajni tok. Takođe su upoređeni podaci o stvarnim vremenskim gubicima na raskrsnici sa podacima o vremenskim gubicima dobijenim simulacijom. Rezultati analize pokazuju značajno poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja, pri čemu su vremenski gubici na sporednim prilazima značajno smanjeni, što ukazuje na efikasnije upravljanje saobraćajem, veću bezbednost i smanjenje redova čekanja. Ističe se pozitivan rezultat i ishod optimizacije saobraćajnog toka na analiziranoj raskrsnici, kako sa aspekta uslova odvijanja saobraćaja i bezbednosti saobraćaja, tako i sa ekonomskog aspekta.

Ključne reči: saobraćajna analiza, brojanje saobraćaja, semaforizacija raskrsnice, Novi Pazar, vremenski gubici

1 UVOD

U savremenom urbanom okruženju, efikasno upravljanje saobraćajem predstavlja ključni faktor za poboljšanje kvaliteta života građana i unapređenje bezbednosti saobraćaja. Raskrsnice, kao ključne tačke saobraćajnog mrežnog sistema, često predstavljaju izazove zbog kompleksnosti i dinamičnosti saobraćaja. Predmet ovog rada je analiza uslova odvijanja saobraćaja na četvorokrakoj raskrsnici državnog puta IB-22 (ulica Kej skopskih žrtava) i ulice Branka Ćopića u Novom Pazaru, s posebnim akcentom na efekat optimizacije saobraćajnog toka semaforizacijom te raskrsnice.

Semaforizacija raskrsnica je jedna od najčešće korišćenih metoda za regulisanje saobraćaja, koja može značajno uticati na saobraćajni tok i bezbednost saobraćaja. Analizom protoka vozila i vremenskih gubitaka pre i posle semaforizacije utvrđena je efikasnost promene načina regulisanja saobraćaja. Takođe, upoređeni su stvarni vremenski gubici sa vremenskim gubicima dobijenim simulacijom.

Rezultati analize ukazuju na značajno poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja smanjenjem vremenskih gubitaka na sporednim prilazima, što doprinosi efikasnijem upravljanju saobraćajnim tokom.

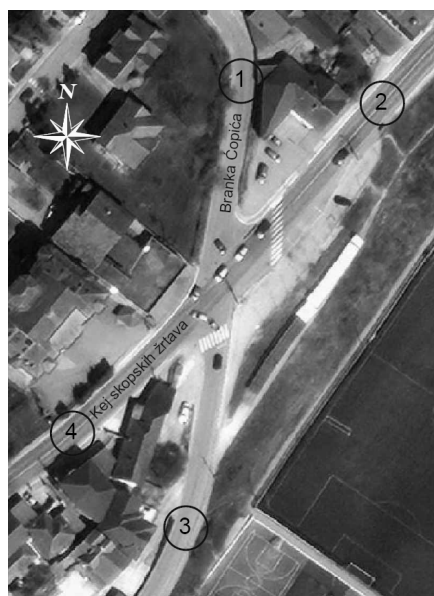
2 LOKACIJA I GEOMETRIJA PREDMETNE RASKRSNICE

U radu je analizirana raskrsnica državnog puta IB-22 (deonica broj 02234 Novi Pazar (Brđani) - Ribariće) – ulica Kej skopskih žrtava sa ulicom Branka Ćopića u Novom Pazaru na km 258+931,42 (slika 1). Ulica Kej skopskih žrtava je glavni putni pravac, a ulica Branka Ćopića je sabirna ulica i predstavlja sporedni putni pravac. Raskrsnica se nalazi u jugozapadnom delu grada Novog Pazara, u naselju, u gradskom građevinskom području.

Raskrsnica je četvorokraka nestandardnog tipa, odnosno nepravilne geometrije (slika 2). Na svim prilazima raskrsnice postoji jedna ulivna i jedna izlivna saobraćajna traka i omogućen je pun program veza. Na južnom (prilaz 3) i severoistočnom prilazu (prilaz 2) obeležen je pešački prelaz. U postojećem stanju, raskrsnica je regulisana saobraćajnim znacima. Na izlivnoj saobraćajnoj traci prilaza 2 u zoni raskrsnice nalazi se niša autobuskog stajališta.



Slika 1: Lokacija predmetne raskrsnice



Slika 2: Geometrija predmetne raskrsnice

Analizom sa aspekta bezbednosti saobraćaja utvrđeno je da se u periodu od 2017. do 2021. godine na predmetnoj raskrsnici dogodilo 17 saobraćajnih nezgoda (1 sa poginulim licima, 12 sa povređenim licima i 4 sa materijalnom štetom) [1]. Zaključna razmatranja iz procene uticaja puta na bezbednost saobraćaja pokazala su da je optimalno rešenje semaforizacija raskrsnice, sa aspekta bezbednosti saobraćaja i efikasnosti saobraćajnih tokova [1].

3 METODOLOGIJA PRIKUPLJANJA I OBRADJE PODATAKA O SAOBRAĆAJNOM TOKU

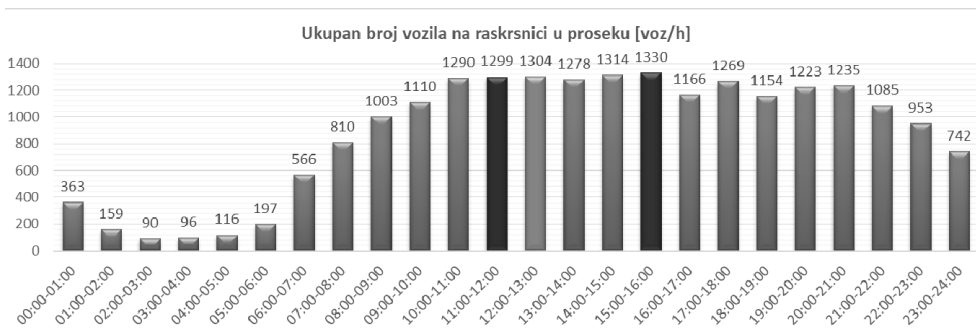
Za optimizaciju saobraćajnog toka na predmetnoj raskrsnici primenjena je semaforizacija, koja je zahtevala prikupljanje podataka o saobraćajnom toku za podešavanje rada semafora i analizu uslova odvijanja saobraćaja. Za tu svrhu izvršeno je brojanje saobraćaja

mobilnim brojačima od utorka 11.07.2023. do četvrtka 13.07.2023. godine tokom 24 časa. Mobilni brojači objedinjuju podatke o protoku i vremenu sleđenja vozila, brzini, strukturi i gustini toka, temperaturi i vlažnosti podloge [2]. Za obradu snimljenih podataka sa brojača korišćen je softver HDM (*Highway Data Management*) [2]. Dodatnim brojanjem određena je procentualna raspodela toka po smerovima, metodom evidentiranja u standardne obrasce po petnaestominutnim intervalima i uobičajenoj strukturi kategorija vozila. Uslovi odvijanja saobraćaja utvrđeni su prema kriterijumu prosečnih vremenskih gubitaka na prilazima po metodologiji HCM 2000. Dalja analiza toka u vršnom času pre i posle semaforizacije izvršena je u softveru *Trafficware Synchro*, koji je korišćen za proračun plana tempiranja semafora, simulaciju vremenskih gubitaka, broja zaustavljanja vozila i dužinu reda čekanja nakon semaforizacije.

Brojanje je ponovljeno mobilnim brojačima nakon postavljanja semafora, i to od utorka 18.06.2024. do petka 21.06.2024. godine, a podaci su obrađeni na isti način kao za prethodno brojanje. Za dobijanje podataka o distribuciji saobraćajnog toka i stvarnim vremenskim gubicima na raskrsnici, izvršeno je snimanje raskrsnice dronom tokom petnaestominutnog intervala u poslepodnevnom vršnom času, a podaci su obrađeni na platformi *Data from sky*.

4 ANALIZA SAOBRAĆAJNOG TOKA PRE I POSLE SEMAFORIZACIJE RASKRSNICE

Analizom prosečne časovne raspodele toka na mreži semaforizovane raskrsnice, za tri dana kontinualnog brojanja, utvrđeno je da se prepodnevni vršni čas javlja u periodu od 11:00 do 12:00 časova, a poslepodnevni vršni čas u periodu od 15:00 do 16:00 časova (slika 3). Takođe, brojanjem saobraćaja i pre i posle semaforizacije, evidentiran je vršni period u trajanju od 09:00 do 21:00 časova, kada je saobraćajno opterećenje na raskrsnici približno jednakog intenziteta.



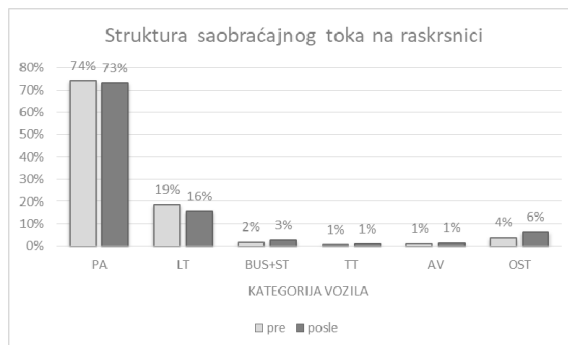
Slika 3: Prosečna časovna raspodela saobraćajnog toka na mreži semaforizovane raskrsnice

Poređenjem intenziteta saobraćajnog toka pre i posle semaforizacije, evidentno je povećanje protoka vozila nakon semaforizacije, a posebno tokom vršnog perioda (slika 4). To ukazuje na pozitivne efekte semaforizacije u pogledu povećanja kapaciteta predmetne raskrsnice.



Slika 4: Prosečna časovna raspodela toka na mreži pre i posle semaforizacije raskrsnice

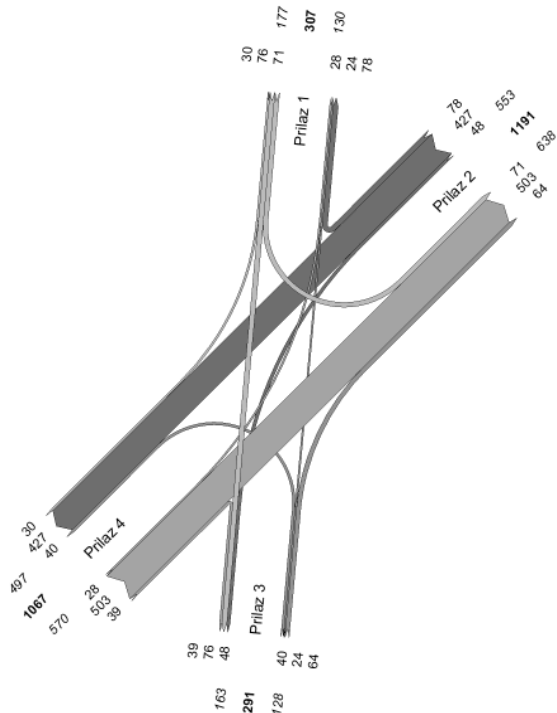
Struktura saobraćajnog toka je slična kao i pre semaforizacije (slika 5). U toku su najviše zastupljeni putnički automobili (73%), zatim laka teretna vozila (16%). Procenat komercijalnih vozila u toku je povećan sa 3,5% na 5%. Prilikom brojanja, evidentiran je određeni broj nekategorisanih vozila (ostala vozila), u procentu od 6% vozila.



Slika 5: Struktura saobraćajnog toka na raskrsnici pre i posle semaforizacije

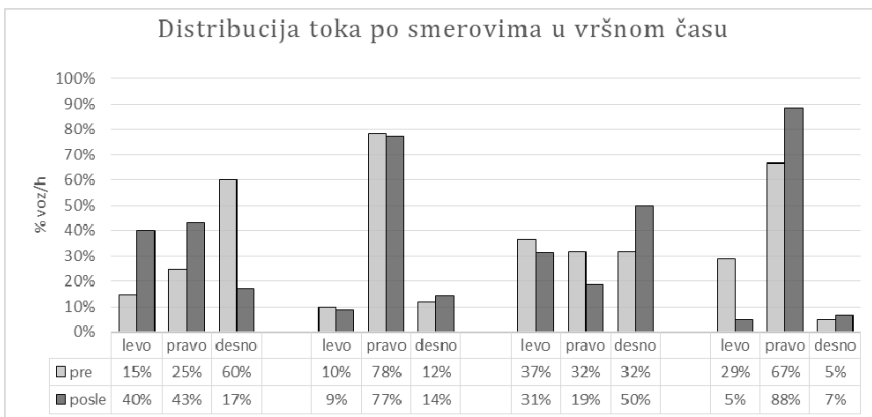
Za dalju analizu toka i uslova odvijanja saobraćaja posmatran je merodavni dan i poslepodnevni vršni čas (15-16 h). Za merodavni dan je usvojena sreda, zbog najmanjeg odstupanja vrednosti protoka od prosečnih vrednosti [3].

Analizom distribucije saobraćajnog toka na semaforizovanoj raskrsnici u vršnom času utvrđeno je da je smer za pravo najopterećeniji na svim prilazima osim na prilazu 3, gde je najopterećeniji smer za desno (slika 6). Distribucija toka na glavnim prilazima je slična kao i pre semaforizacije, dok se značajnije promene u distribuciji toka mogu uočiti na sporednim prilazima.



Slika 6: Dijagram distribucije saobraćajnog toka na semaforizovanoj raskrsnici u vršnom času

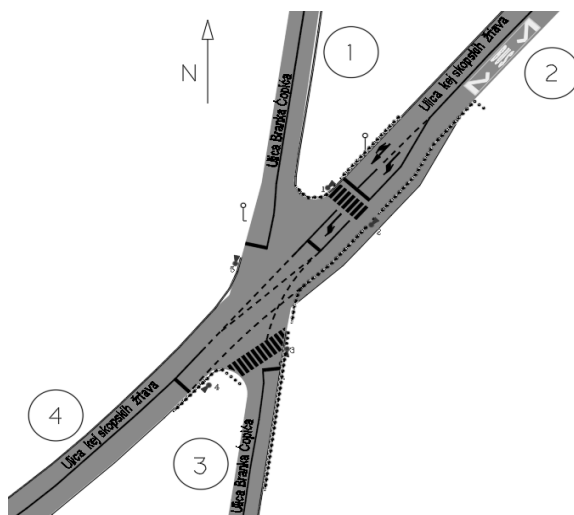
Poređenjem distribucije toka pre i posle semaforizacije, na prilazu 4 evidentirano je značajno smanjenje broja levih skretanja (za 24%) i povećanje toka za pravo (za 21%) (slika 7). Na sporednim prilazima evidentirane su značajnije promene u pogledu povećanja levih skretanja (za 25%) i smanjenja desnih skretanja (za 43%) na prilazu 1; i na prilazu 3 smanjenja levih skretanja (za 6%) i povećanja desnih skretanja (za 18%) koja iznose čak 50% od ukupnog toka na tom prilazu (slika 7).



Slika 7: Distribucija saobraćajnog toka po prilazima u vršnom času pre i posle semaforizacije

5 ANALIZA VREMENSKIH GUBITAKA NA RASKRSNICI

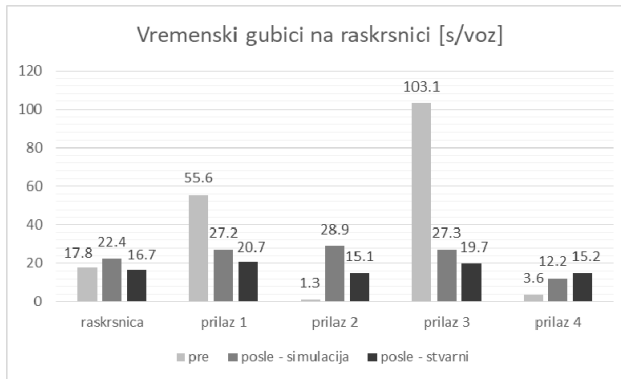
Analiza uslova odvijanja saobraćaja na nesignalisanoj raskrsnici pokazala je da se u vršnom času javljaju nepovoljni uslovi odvijanja saobraćaja na sporednim prilazima i to: sa prosečnim vremenskim gubicima od 55,6 s/voz na prilazu 1 i 103,1 s/voz na prilazu 3 [3]. To je posledica intenzivnog saobraćajnog toka na glavnim prilazima, i nepostojanja adekvatnog kritičnog intervala sleđenja u glavnom toku za uključivanje vozila iz sporednog toka. U cilju optimizacije saobraćajnog toka na predmetnoj raskrsnici izvršena je semaforizacija uz reorganizaciju prilaza 2 – izmeštanjem autobusnog stajališta iz zone raskrsnice, čime je omogućeno obeležavanje saobraćajne trake za leva skretanja na tom prilazu (slika 8) kako bi prostor bio optimalnije iskorišćen.



Slika 8: Šematski prikaz novoprojektovane predmetne raskrsnice [3]

Za optimalno rešenje usvojena je varijanta dvofaznog ciklusa u trajanju od 60 s, sa međufazom za tokove sa prilaza 4, koja je formirana zadržkom zelenog vremena na suprotnom prilazu (prilazu 2) [3]. Simulacijom uslova odvijanja saobraćaja na semaforizovanoj raskrsnici, predviđeno je smanjenje vremenskih gubitaka na sporednim prilazima, što je uslovljeno povećanjem vremenskih gubitaka na glavnim prilazima. U vršnom času prosečni vremenski gubici bi iznosili 27,2 s/voz na prilazu 1 i 27,3 s/voz na prilazu 3, čime bi se poboljšali uslovi odvijanja saobraćaja na sporednim prilazima. Prosečni vremenski gubici na celoj raskrsnici bi iznosili 22,4 s/voz.

Nakon semaforizacije izvršena je ponovna analiza uslova odvijanja saobraćaja na raskrsnici, kako bi se utvrdili stvarni efekti semaforizacije. Podaci o vremenskim gubicima pre semaforizacije su upoređeni sa vrednostima dobijenim proračunom i simulacijom za semaforizovanu raskrsnicu, kao i sa stvarnim vrednostima nakon semaforizacije (slika 9).



Slika 9: Vremenski gubici na predmetnoj raskrsnici pre i posle semaforizacije

Vremenski gubici na sporednim prilazima su semaforizacijom smanjeni, čak i više od očekivanog, i to za 63% na prilazu 1 (sada iznose 20,7 s/voz) i za 81% na prilazu 3 (sada iznose 19,7 s/voz). Na glavnim prilazima je došlo do povećanja vremenskih gubitaka, kao što je predviđeno simulacijom, s tim da je to povećanje na prilazu 2 manje od očekivanog. Vremenski gubici na prilazu 2 sada iznose 15,1 s/voz i na prilazu 4 iznose 15,2 s/voz. Poređenje vremenskih gubitaka na raskrsnici pre i posle semaforizacije, ukazuje na značajan pozitivan uticaj semaforizacije na uslove odvijanja saobraćaja, nivo usluge i kapacitet raskrsnice. Iako je simulacijom predviđeno povećanje ukupnih vremenskih gubitaka na raskrsnici, došlo je do smanjenja istih za 6%, i sada iznose 16,7 s/voz. Rezultati analize ukazuju da su efekti semaforizacije na predmetnoj raskrsnici čak i bolji od predviđenih simulacijom i proračunom.

6 ZAKLJUČAK

Analizom uslova odvijanja saobraćaja na četvorokrakoj raskrsnici državnog puta IB-22 i ulice Branka Ćopića u Novom Pazaru, pre i posle semaforizacije, utvrđeno je da je optimizacija saobraćajnog toka značajno unapredila efikasnost i bezbednost saobraćaja na ovoj raskrsnici. Promenom načina regulisanja saobraćaja, značajno su smanjeni vremenski gubici na sporednim prilazima, što je omogućilo ravnomerniju raspodelu saobraćajnog opterećenja na raskrsnici, čime su stvoreni bolji uslovi za vozila na sporednim prilazima, dok je, kao što je i predviđeno, došlo do blagog povećanja vremenskih gubitaka na glavnim prilazima. Ipak, ukupni vremenski gubici na raskrsnici smanjeni su za 6%, što ukazuje na efikasnije upravljanje saobraćajnim tokom.

Na primeru predmetne raskrsnice, semaforizacija se pokazala kao uspešna metoda za optimizaciju saobraćajnog toka, a očigledni su i pozitivni efekti na kvalitet života građana, kroz smanjenje saobraćajnih zastoja i povećanje bezbednosti na putevima.

LITERATURA

- [1] *Projekat procene uticaja puta na bezbednost saobraćaja na raskrsnici državnog puta IB-22 i ulice Branka Ćopića u Novom Pazaru*, investitor JP Putevi Srbije, konsultant Novius

- [2] Petrić, A., Đokić, G., Krnjajac, M. (2022). *Praktična primena mobilnih brojača saobraćaja u cilju planiranja saobraćajne mreže*. Zbornik radova XIII konferencije sa međunarodnim učešćem o Tehnikama saobraćajnog inženjerstva (TESi), Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, str. 152-157.
- [3] Petrić, A., Krnjajac, M. (2023). *Analiza saobraćajnog toka na raskrsnici državnog puta IB-22 (deonica 02234 Novi Pazar (Brđani) – Ribariće) – ulica Kej skopskih žrtava sa ulicom Branka Ćopića u Novom Pazaru na km 258+931,42*. Prilog projekta saobraćaja i saobraćajne signalizacije za izgradnju semafora na raskrsnici državnog puta IB-22 (deonica 02234 Novi Pazar (Brđani) – Ribariće) i ulice Branka Ćopića u Novom Pazaru na km 258+931,42, GMP GRAMONT-NS

SUMMARY

Traffic conditions analysis at the four-way intersection of state road IB-22 and Branko Ćopić Street in Novi Pazar after traffic flow optimization

Abstract: This paper focuses on the traffic conditions analysis at the four-way intersection of State Road IB-22 (Kej Skopskih Žrtava Street) and Branko Ćopić Street in Novi Pazar following the traffic flow optimization. The optimization was achieved by changing the traffic regulation method at the intersection through the installation of traffic lights. The paper presents data obtained from traffic counting with mobile counters before and after the installation of the traffic lights, analyzing vehicle flow and time losses in both cases to assess the effect of the traffic regulation change on traffic flow. Additionally, actual time loss data at the intersection were compared with time loss data obtained through simulation. The analysis results show a significant improvement in traffic conditions, with time losses at secondary approaches being notably reduced, indicating more efficient traffic management, increased safety, and reduced waiting lines. The positive outcome and result of the traffic flow optimization at the analyzed intersection are highlighted, both from the perspective of traffic conditions and safety as well as from an economic standpoint.

Key words: traffic analysis, traffic counting, signalized intersection, Novi Pazar, time losses

Metodologija vrednovanja kvaliteta upravljanja saobraćajnim tokovima primenom Normalne (Gausove) raspodele

Margareta Ilić, ElcomBgd d.o.o, Beograd, margareta.ilic@elcombgd.rs

Anđela Lazarević, ElcomBgd d.o.o, Beograd, andjela.lazarevic@elcombgd.rs

Aleksandra Kovač, ElcomBgd d.o.o, Beograd, aleksandra.kovac@elcombgd.rs

Rezime: Upravljanje saobraćajnim tokovima je jedan od ključnih elemenata za očuvanje i poboljšanje mobilnosti u urbanim sredinama, čime se direktno utiče na produktivnost i vitalnost gradskih sredina. Efikasno upravljanje saobraćajem ne obuhvata samo tehničke aspekte, već i minimizaciju negativnih posledica po životnu sredinu i ljudsko zdravlje. Da bi se ocenila efikasnost strategije upravljanja, neophodna je kvantifikacija efekata njene primene. Ova kvantifikacija je često zanemarena, iako je ključna za donošenje odluka o budućim investicijama i za monitoring sistema. Osnovni pokazatelji efikasnosti poput prosečne brzine, vremenskih gubitaka, dužine reda itd. ne pružaju uvek potpuni uvid u uslove u saobraćajnom toku. U ovom radu kao alat za dodatnu analizu i vrednovanje kvaliteta upravljanja saobraćajem primenjena je Normalna (Gausova) raspodela, koja omogućava bolje razumevanje uslova u saobraćajnom toku na osnovu analize podataka sa detektorskih petlji pri različitim strategijama upravljanja. Analizom trajanja detektorskog zauzeća može se imati uvid u to koji su prosečni uslovi u toku sa najvećom verovatnoćom događaja, a takođe prisustvo onih koji odstupaju od proseka, što ukazuje na nivo neravnomernosti toka. Cilj rada jeste pronalaženje verodostojnih pokazatelja efikasnosti upravljanja zasnovanih na pouzdanim podacima koje obezbeđuju savremene IT tehnologije koje se koriste u sistemima upravljanja saobraćajem.

Ključne reči: upravljanje saobraćajem, Normalna raspodela, detektorsko zauzeće, pokazatelji efikasnosti

1 UVOD

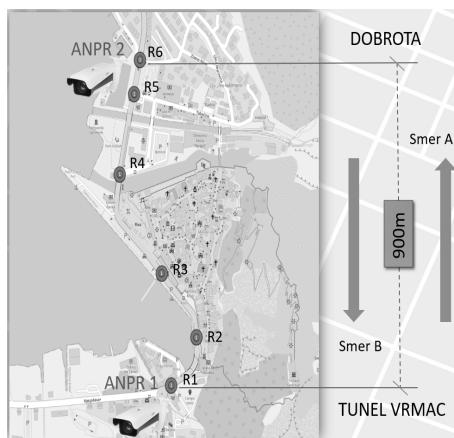
U savremenom urbanom okruženju, efikasno upravljanje saobraćajnim tokovima je instrument podrške mobilnosti urbane sredine. Optimalno korišćenje postojećih kapaciteta je suštinski cilj upravljanja saobraćajem [1]. Kako bi se za neku strategiju upravljanja moglo reći da je dovoljno efikasna potrebno je izvršiti kvantifikaciju doprinosa njene implementacije, kako bi se po potrebi korigovala, unapredila ili ako je dovoljno uspešna, odredila mera, odnosno stepen uspešnosti njene primene [2]. Iako su osnovni pokazatelji efikasnosti uobičajna sredstva vrednovanja, oni same po sebi nekada nisu dovoljni za sagledavanje varijabilnosti u realizaciji saobraćajnog procesa. Stoga postoji potreba za pronalaženjem dodatnih alata i metoda koje mogu pružiti dublje uvide u dinamiku saobraćajnog procesa na osnovu raspoloživih podataka kao što su podaci sa induktivnih petlji ili bilo koje druge tehnologije za detekciju vozila. Moguća je primena Normalne (Gausove) raspodele kao statističkog alata za evaluaciju kvaliteta primenjenih

upravljačkih mera. Normalna raspodela je pogodna za ovakav tip analize jer omogućava da se analiziraju odstupanja od prosečnih vrednosti i utvrde nivoi varijabilnosti u saobraćajnim tokovima. Korišćenje ove raspodele pomaže u identifikaciji obrazaca unutar podataka, kao što su odstupanja u detektorskom zauzeću koja mogu ukazati na neoptimalne dužine ciklusa ili raspodele zelenih vremena.

Konkretno, analizirana je vrednost detektorskog zauzeća i standardnog odstupanja na primeru osnovne saobraćajne mreže grada Kotora, gde je implementiran sistem adaptibilnog upravljanja na 6 raskrsnica. Utvrđuje se optimalna vrednost standardnog odstupanja za koju se može reći da predstavlja povoljne uslove u toku, odnosno koja je to granična (merodavna vrednost) uz pomoć koje bi se vrednovali efekti primenjenih upravljačkih sistema.

2 PROSTORNI OBUHVAT I KONFIGURACIJA UPRAVLJAČKOG SISTEMA

Zbog specifične geografske i urbanističke strukture, saobraćajna mreža grada ima vrlo ograničen kapacitet za realizaciju zahteva, što za posledicu ima formiranje redova i vremenske gubitke. Glavnu saobraćajnicu (magistralni put M1) kroz grad čini jedna kolovozna traka po smeru širine 3m sa nesignalisanim ukrštajima i pešačkim prelazima, gde je kao održivo rešenje sprovedena semaforizacija uz primenu adaptibilnih sistema. Implementiran je sistem upravljanja na šest raskrsnica u starom gradskom jezgru. Na slici 1 prikazan je prostorni obuhvat upravljačkog sistema.



Slika 1: Prostorni obuhvat upravljačkog sistema u gradu Kotoru

2.1 Faze implementacije upravljačkih rešenja

Implementacija adaptibilnog sistema upravljanja sprovedena je u nekoliko faza korišćenjem softverskih paketa PTV VISUM i VISSIM, uz pomoć modula EPICS i BALANCE za istovremeno upravljanje na mikro i makro nivou.

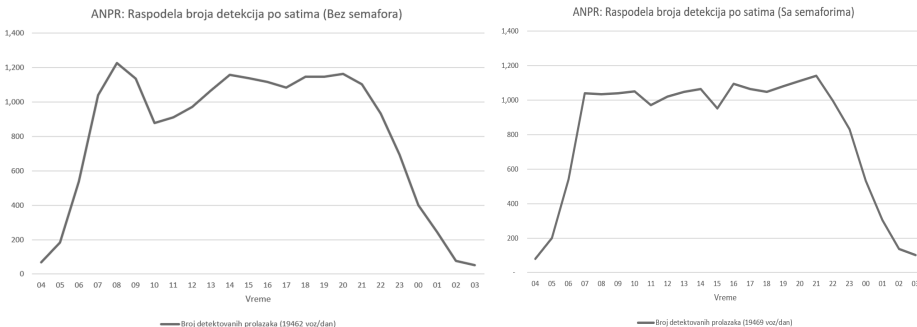
Početne faze implementacije sprovedene su korišćenjem EPICS modula za individualno upravljanje svakom raskrsnicom, dok su kasnije faze podrazumevale koordinisani rad uz pomoć BALANCE modula.

3 ANALIZA REZULTATA

Analizom podataka obuhvaćena je svaka faza implementacije, uključujući i period pre semaforizacije. Za analizu su korišćeni podaci sa induktivnih petlji i ANPR kamera za detekciju registarskih tablica.

3.1 Analiza podataka sa ANPR kamera

Analiza je započeta pregledom raspoloživih podataka sa ANPR kamera, koje pružaju podatke o registarskim tablicama, broju vozila, vremenu i brzini putovanja. Dobijeni podaci o broju detekcija u oba smera su pokazali da je realizovani protok saobraćaja u danima sa i bez semafora približno jednak, što ukazuje na to da je saobraćajni zahtev bez promena. U periodu bez semafora, uslovi u toku su bili neravnomerni, sa izraženim oscilacijama u protoku - što je delovalo kao dostizanje uslova zasićenog toka, posebno u vršnim periodima, kada se beleži nagli pad u broju detekcija. Nakon puštanja semafora, uočen je ravnomerniji tok u onim periodima kada je bez semafora dolazilo do značajnijeg smanjenja protoka. Podaci o vremenu i brzini putovanja su pokazali relativno slične vrednosti u danima bez i sa semaforima, čak je i u nekim periodima zabeleženo duže vreme putovanja u danima kada su radili semafori. Na grafiku 1 dat je prikaz raspodele broja detekcija sa ANPR kamera u danu bez semafora (levo) i u danu sa semaforima (desno). U danu bez semafora u periodu od 07h-10h, uočava se nagli pad u broju detekcija u odnosu na dan sa semaforima kada postoji izvesna kontinuiranost u broju vozila u istom periodu.

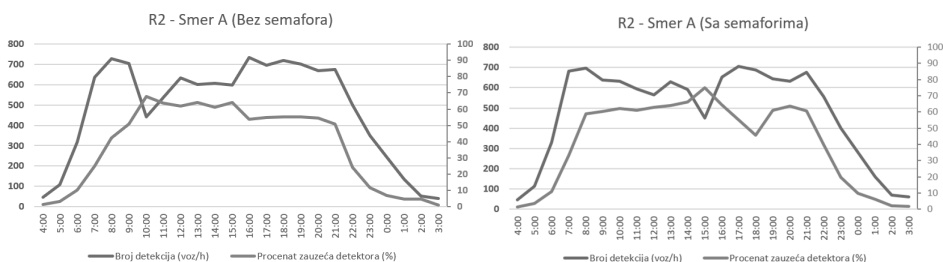


Grafik 1: Raspodela broja detekcija sa ANPR kamera bez semafora (levo) i sa semaforima (desno)

Iako su podaci sa ANPR kamera ukazali na određene razlike u pogledu raspodele broja detekcija i vremena putovanja, nije bilo moguće doneti konkretne i objektivne zaključke o efektima primenjenog sistema. Posebno se to odnosi na raspodelu broja detekcija, gde nije bilo moguće sa sigurnošću utvrditi da li je pad u broju detekcija posledica smanjenog broja vozila ili nastanka zastoja usled pojave zasićenog toka. Takođe, podaci sa ANPR kamera su pokazali da u strukturi toka dominiraju vozila KO registarskih tablica u periodu trajanja turističke sezone, iako je bilo očekivano da će dominirati vozila drugih registarskih tablica. Sa druge strane, korisnici sistema su imali subjektivni osećaj da je saobraćajni tok ravnomerniji, što je dovelo do potrebe da se uočene vizuelne promene i kvantitativno dokažu.

3.2 Analiza podataka sa induktivnih petlji

Drugi tip podataka korišćenih u analizi su podaci sa induktivnih petlji (broj detekcija i procenat zauzeća detektora/detektorsko zauzeće), kojima je svaka saobraćajna traka predmetne mreže opremljena. Detektorsko zauzeće predstavlja odnos vremena u toku jednog sata kada detektor detektuje signal (prelazak preko petlje/detektor je okupiran) i kada petlja nije okupirana. Procenat zauzeća omogućava praćenje učestalosti prolaska vozila preko detektora, kao i vremensko zadržavanje vozila na petlji i na taj način je moguće identifikovati periode u toku dana kada su zastupljeni uslovi bliski vrednosti zasićenog toka, pod uslovom da je istovremeno zabeležen i pad u broju detekcija. Analizom podataka sa svakog detektora, detektor na raskrsnici R2 u smeru ka Dobroti (Slika 1) pokazao se kao najmerodavniji jer zbog svoje lokacije predstavlja presečnu tačku preko koje pređe najveći broj vozila. Na grafiku 2 prikazana je raspodela broja detekcija u odnosu na procenat zauzeća detektora na nivou jednog sata u danu bez semafora (levo) i u danu sa semaforima (desno). Prikazani su isti dani kao i kod analize broja detekcija sa ANPR kamera.



Grafik 2: Raspodela broja detekcija i procenta zauzeća detektora u danu bez semafora (levo) i sa semaforima (desno)

Sa grafika 2 se vidi da kada se kriva broja detekcija i procenta zauzeća preklape (kriva procenta zauzeća raste, dok druga kriva opada), to znači da je pad u broju detekcija nastao usled zagušenja (vozila stoje u koloni ili se kreću sporije). Kada istovremeno obe krive rastu ili opadaju (paralelne krive) u tom slučaju realizovan je „stabilan” saobraćajni tok bez prisustva gužvi. Na grafiku se vidi da su nakon semaforizacije u jutarnjim satima, kada bi se ranije stvarale gužve, uslovi u saobraćajnom toku ravnomerniji, bez naglih oscilacija u protoku. Uslov za poređenje ova dva parametra su približno iste vrednosti u broju detekcija.

4 PRIMENA NORMALNE (GAUSOVE) RASPODELE U ANALIZI PODATAKA

Instalirani sistem za monitoring i upravljanje svetlosnim signalima na predmetnim raskrsnicama pored arhiviranja svake realizovane detekcije, pruža mogućnost prebrojavanja koliko je sekundi svako vozilo boravilo na petlji, što omogućava bolje razumevanje dinamike toka saobraćaja. Na osnovu ovih podataka moguće je ne samo analizirati opšte karakteristike saobraćaja, već i detaljno proučavati varijacije u vremenu prolaska vozila kroz raskrsnicu.

Normalnu raspodelu odlikuje sposobnost da opiše prirodne varijacije i obrasce u podacima, što pogoduje analizi saobraćajnih tokova. U pitanju je raspodela verovatnoće

koja je simetrična oko svoje srednje vrednosti. Dva osnovna parametra koji je definišu su srednja vrednost i standardno odstupanje. Srednja vrednost predstavlja tačku u horizontalnoj osi u kojoj je kriva najviša i označava prosečnu vrednost skupa podataka. Standardno odstupanje predstavlja meru rasipanja oko srednje vrednosti. Veća vrednost standardnog odstupanja znači da su podaci rasprostranjeni širom, dok manja vrednost znači da su podaci grupisani oko srednje vrednosti.

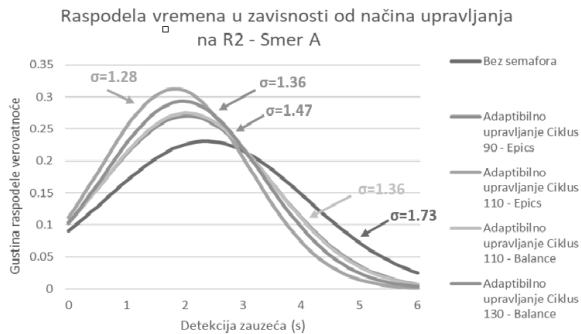
Za ukupan broj realizovanih zauzeća detektora u jednom danu izračunate su karakteristične vrednosti za Gausovu raspodelu i predstavljena je funkcija raspodele koja se računa pomoću sledeće formule:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

Pri čemu su:

- x – vrednost varijable (sekunda prelaska preko detektora);
- μ - srednja vrednost skupa podataka (matematičko očekivanje);
- σ - standardno odstupanje.

Za potrebe analize su uzeti podaci sa jednog od merodavnih detektora, pri čemu je posmatrana Gausova kriva u različitim uslovima – bez semafora i sa primenom različitih upravljačkih rešenja adaptibilnog upravljanja (Grafik 3). Primećeno je da je kriva bez semafora široka i plitka, dok se sa uvođenjem novih strategija povećava visina krive (došlo je do smanjenja vrednosti standardnog odstupanja), što u ovom slučaju ukazuje na poboljšanje uslova u saobraćajnom toku u smislu njegove ravnomernosti za oko 20%.



Grafik 3: Funkcija Normalne raspodele detektorskog zauzeća

Kod raspodele detektorskih zauzeća tokom celog dana, veći broj odstupanja od srednje vrednosti ukazuje na nepovoljne uslove u toku. Ako su odstupanja manja i većina njih je koncentrisana oko srednje vrednosti, to ukazuje na ravnomerniji tok saobraćaja. Veća je verovatnoća da će većina vozila imati brzinu kretanja bližu srednjoj vrednosti, što znači da poboljšanje u konkretnom slučaju nije povećati brzinu, već postići ujednačeno vreme prolaska za sva vozila. Što je kriva uža, to su ravnomerniji uslovi u toku, a taj efekat se postiže smanjivanjem vrednosti σ koliko god je moguće.

Standardno odstupanje se može računati za vremenske periode u kojima saobraćajni tok pokazuje ponovljiv obrazac, kao što su dan, nedelja ili mesec. Merodavna, odnosno

granična vrednost standardnog odstupanja zavisi od karakteristika posmatrane saobraćajne mreže i izračunava se na osnovu dana koji je imao najbolje uslove u saobraćajnom toku za približno jednak broj detekcija.

U konkretnom slučaju, praćenjem sistema uočeno je da su, u danu kada je bio državni praznik, kriva broja detekcija i procenta zauzeća tokom celog dana paralelne, iako je u toku zastupljeno samo 10% manje vozila u odnosu na ostale dane. Vrednosti μ i σ izračunate za taj dan uzete su kao merodavne vrednosti. Granična vrednost zatim služi kao referentna tačka za procenu kvaliteta realizacije toka saobraćaja. Kada standardno odstupanje u određenom periodu premaši ovu vrednost, to ukazuje na neoptimalan saobraćajni proces i prisustvo zagušenja, dok odstupanja koja su ispod ili blizu granične vrednosti sugerišu ujednačen saobraćajni tok, što takođe rezultuje stabilnim i predvidljivim kretanjem vozila.

5 ZAKLJUČAK

Jedan od ciljeva ovog rada jeste ukazivanje na upotrebnju vrednost podataka koje obezbeđuju savremene tehnologije detekcije vozila, kao što su podaci sa induktivnih petlji i ANPR kamera. Analizom saobraćajnih tokova u gradu Kotoru primenom Normalne raspodele, postignut je precizniji uvid u varijabilnost saobraćajnog procesa i efikasnosti upravljanja. Podaci prikupljeni sa detektorskih petlji, kao što su vremenska okupiranost detektora i frekvencija prolaska vozila, omogućuju bolji uvid primenom ove statističke metode. Normalna raspodela je korišćena kako bi se bolje analizirali podaci, identifikovali obrasci u saobraćajnom toku i utvrdile povoljnije vrednosti koje omogućavaju optimizaciju strategija upravljanja i donošenje odluka o daljim investicijama. Za buduća istraživanja, planira se testiranje i drugih statističkih raspodela kao što su Poasonova ili neka druga, koje bi mogle pružiti dodatni uvid u karakter saobraćajnog procesa i biti osnova za njegovo dodatno unapređenje.

LITERATURA

- [1] Vuchic, V. 2007. Urban Transit Systems and Tecnology.
- [2] Hohmann, S., Geistefeldt J. (2016). Traffic Flow Quality from the User's Perspective

SUMMARY

Methodology for evaluating traffic flow management quality using the Normal (Gaussian) distribution

Abstract: Traffic flow management is one of the key elements for preserving and improving mobility in urban environments. To assess the effectiveness of traffic management strategies, it is necessary to quantify their overall effects. This quantification is often neglected in practice, despite being crucial for investment decisions and system monitoring. Common measures of efficiency, such as average travel speed, vehicle delay, queue length, etc., do not always provide a complete insight into traffic flow conditions,

highlighting the need for additional statistical methods that can enhance traffic flow analysis. In this paper, the Normal distribution is used as a tool for further analysis and evaluation of traffic management quality. The Normal distribution allows a deeper understanding of traffic flow conditions based on the analysis of data from detector loops under different management strategies. Through analyzing detector occupancy using this distribution, insights can be gained into the average conditions with the highest probability, as well as the extent of deviations from the average, which can be the measure of flow uniformity. The aim of this paper is to find pragmatic indicators of management efficiency based on the reliable data provided by modern IT technologies used in traffic management systems.

Key words: traffic management, Normal distribution, detector occupancy, traffic efficiency indikator

Adaptibilno upravljanje saobraćajem u Ugrinovačkoj ulici

Vukašin Terzić, Yunex traffic, Beograd, vukasinterzic55@gmail.com

Rezime: Adaptibilno upravljanje saobraćajem je koncept koji se koristi u urbanim sredinama kako bi se poboljšala efikasnost i bezbednost saobraćaja. Ovaj pristup koristi senzore, kamere i druge tehnologije za praćenje stanja saobraćaja u realnom vremenu, omogućujući prilagođavanje rada svetlosnih signala. Glavni cilj je smanjenje zagušenja, skraćanje vremena putovanja i smanjenje emisije štetnih gasova, obezbeđujući efikasniji i sigurniji tok saobraćaja. U implementaciji ovog sistema na Ugrinovačkoj ulici, korišćena je aplikacija „Speed View GPS“ za precizno praćenje i beleženje koordinata vozila u realnom vremenu, što je omogućilo detaljnu analizu kretanja i zaustavljanja vozila. Istraživanja su pokazala da je adaptibilni režim smanjio vreme putovanja za 18% i broj zaustavljanja za 38% tokom jutarnjeg vršnog perioda. U podnevnim i popodnevnim satima, zabeležena su dodatna poboljšanja sa smanjenjem broja zaustavljanja do 43% i skraćanjem vremena putovanja za 14%. Ovi rezultati potvrđuju efikasnost adaptibilnih sistema u optimizaciji saobraćajnog toka i smanjenju zagušenja, uz potencijal za ekološke koristi.

Ključne reči: inteligentni transportni sistemi, upravljanje saobraćajem, saobraćajni tok

1 UVOD

Adaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem (ASUS) predstavljaju veoma važan činilac modernih ITS platformi. Razvoj računara i novih tehnologija, omogućio je kreiranje ovih kompleksnih sistema namenjenih upravljanju radom svetlosnih signala duž koordinisanih koridora ili koordinisanih zona. [1]

U ovom radu biće poređeni rezultati jednog od softvera za adaptibilno upravljanje saobraćajem-Yuttraffic Motion. Adaptibilno upravljanje mrežom zasniva se na hijerarhijskoj arhitekturi sistema koja integriše centralizovane i decentralizovane komponente za upravljanje saobraćajem. Motion server je sastavni deo sistema i predstavlja centralizovanu komponentu Motion sistema, dok upravljački uređaji predstavljaju decentralizovanu komponentu. Kako bi se osigurala potpuna optimizacija saobraćaja, upravljački uređaj poseduje poseban algoritam putem koga se uređaj povezuje na Motion server.

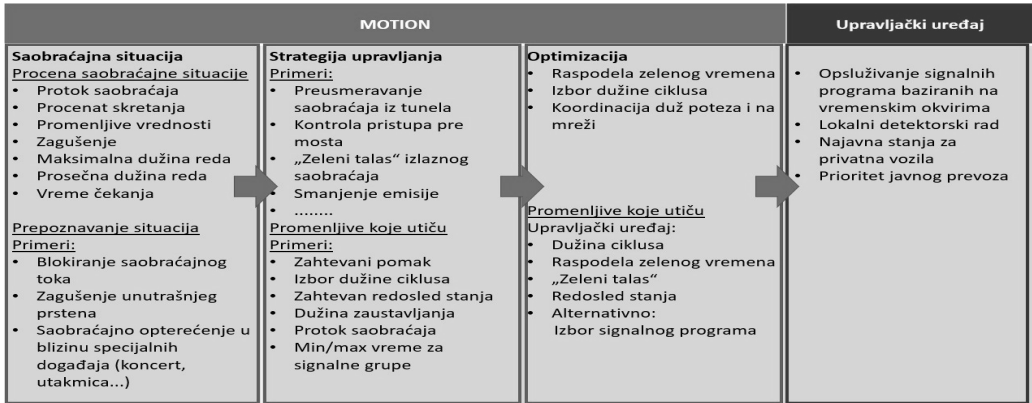
Yuttraffic® Motion, za svaki upravljački uređaj u Motion zoni, izračunava nove signalne programe na osnovu trenutne situacije u saobraćaju. Shodno tome, Yuttraffic® Motion optimizuje sledeće parametre:

- raspodelu zelenog vremena na svakoj raskrsnici,
- dužinu ciklusa svake kontrolisane zone i
- pomake (offset) za zeleni talas.

Optimizovani signalni program šalje se upravljačkom uređaju. Potom, upravljački uređaj na osnovu signalnog programa generiše takozvane vremenske okvire. Generalno, vremenski okvir za svako stanje definiše period tokom kojeg je određeno stanje

dozvoljeno tokom ciklusa. U opsegu okvira može se upravljati zahtevom za stanje ili produženjem zelenog vremena, kao i davanju prioriteta javnom prevozu.

Međutim, kako bi se omogućilo automatsko izračunavanje vremenskih okvira, potrebno je konfigurisati posebne parametre na strani upravljačkog uređaja. Novi signalni programi proračunavaju se na svaka 3 minuta, a zatim ih sistem Scala šalje upravljačkom uređaju, u slučaju izmena. [2]



Slika 2: Koraci za proračunavanje sistema Yunextraffic Motion (plava) i njihova implementacija sa semaforским uređajima (crvena) [2]

2 ADAPTIBILNI REŽIM RADA U UGRINOVAČKOJ ULICI

Ugrinovačka ulice nalazi se na teritoriji beogradske opštine Zemun, čine je ukupno 6 raskrsnica na potezu ulice Ugrinovačke od Novogradske do Bačke ulice, veoma važnog koridora u ovom delu grada. Povezuje Spoljnu magistralnu tangentu sa centralnim delom Zemuna.



Slika 3: Potez Ugrinovačke ulice [2]

2.1 Opis poteza Ugrinovačke ulice

Unutar ove zone, između signalisanih raskrsnica, nalazi se veliki broj nesignalisanih pešačkih prelaza i raskrsnica. Prelazak pešaka preko nesignalisanih pešačkih prelaza i skretanje vozila na nesignalisanim raskrsnicama dovodi do značajnih ometanja saobraćajnog plotuna na glavnom pravcu. Duž Ugrinovačke ulice takođe se kreće veliki broj vozila autobuskog podsistema javnog prevoza. Izmjena putnika se uglavnom obavlja u nišama, ali prilikom uključivanja vozila javnog prevoza dolazi do ometanja kretanja vozila u saobraćajnoj traci. Osim u nišama, u delu oko raskrsnice Ugrinovačka – Filipa Višnjića, autobuska stajališta pozicionirana su u saobraćajnoj traci, što dovodi do zaustavljanja vozila javnog prevoza radi izmene putnika i blokiranja trake.

Dodatni faktori koji ometaju saobraćajni tok u zoni uključuju zaustavljanje i parkiranje vozila na saobraćajnoj površini, kao i nepropisno parkiranje. Parking mesta duž saobraćajnice takođe utiču na saobraćajni tok kroz posmatranu zonu.

Pored navedenih faktora koji ometaju saobraćaj, na eksploatacionu brzinu saobraćajnog toka u predmetnoj zoni značajno utiču postavljena tehnička sredstva za usporavanje saobraćaja na ulici. Takođe, postoji ograničenje brzine u zoni škole na 30 km/h, što dodatno utiče na brzinu kretanja vozila.



Slika 4: Prikaz ometanja saobraćajnog toka na glavnom pravcu

3 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Kako je cilj saobraćajne studije poređenje fiksnog režima rada i adaptibilnog režima rada na koridoru od 6 raskrsnica, neophodno je bilo sprovesti merenja u vidu test vožnji koje se baziraju na merenju vremena putovanja i broju zaustavljanja. Zasutavljanja koja su se desila usled parkiranja ili isparkiranja vozila, nepropisnog prelaska pešaka preko ulice

ili zaustavljanja javnog prevoza toko izmene putnika na stajalištu nisu uzete u obzir, već samo zaustavljanja koja su prouzrokovana radom svetlosnih signala. Svi prikupljeni podaci su detaljno i precizno analizirani kako bi se omogućilo sprovođenje pouzdane uporedne analize. Bitno je napomenuti da su test vožnje u fiksnom i adaptibilnom režimu rada vršene sa godinu dana razmaka, s obzirom da su nakon snimanja fiksnog režima rada bile različite rekonstrukcije u toku i saobraćajna slika nije bila merodavna za istraživanje.

Test vožnje u fiksnom režimu rada realizovane su u utorak 18.04.2023. U adaptibilnom režimu test vožnje su realizovane u utorak 16.04.2024. godine. Test vožnje su izvršene u sledećim vremenskim periodima:

- Jutarnji vršni čas 07:30h-08:30h
- Podnevni vanvršni čas 11:00h-12:00h
- Popodnevni vršni čas 15:00h-16:00h

Način obavljanja test vožnji je predstavljen u nastavku:

- Početak snimanja test vožnje je prelazak preko zaustavne linije na prvoj raskrsnici, a završetak prelazak preko zaustavne linije na poslednjoj raskrsnici na koridoru,
- Vožnje su obavljene sa dva test vozila. Dva vozila su krenula u isto vreme u suprotnim smerovima.

Snimanje test vožnji je izvršeno:

- Kamerom u vozilu
- Aplikacijom „Speed View GPS“

4 REZULTATI

Evaluacija dobijenih podataka predstavljena je u narednim tabelama. Evaluacija podrazumeva vreme putovanja i broj zaustavljanja za oba smera kretanja. Evaluacija je urađena za kompletnu Motion oblast od raskrsnice Ugrinovačka - Novogradska do raskrsnice Ugrinovačka – Banatska, u oba smera.

Tabela 8: Test vožnje u fiksnom i adaptibilnom režimu rada u jutarnjem vršnom periodu

Broj voznji	Smer 1				Smer 2			
	Fiksni režim rada		Adaptibilni režim rada		Fiksni režim rada		Adaptibilni režim rada	
	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja
1	272	2	292	2	349	3	312	2
2	361	3	260	1	367	3	371	3
3	300	3	280	1	457	3	461	3
4	382	3	303	2	389	3	428	3
5	426	3	295	3	338	2	540	4
6	360	2	247	1	337	2	581	3
7	297	3	240	1	341	2	319	2
8	281	2	289	2	313	2	381	2
9							331	1
Prosek	334,88	2,63	275,75	1,63	361,38	2,50	413,78	2,56

Na osnovu podataka dobijenih test vožnjama, zaključuje se da je prosečno vreme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smeru 1 kraće za 18% u Motion režimu u poređenju

sa fiksnim režimom rada, dok je broj zasutavljanja u Motion režimu smanjen za 38% u odnosu na fiksni režim.

U smeru 2 rezultati pokazuju da je broj zaustavljanja povećan za 2%, a vreme putovanja je duže za 15% u Motion režimu u poređenju sa fiksnim režimom rada.

Tabela 9: Test vožnje u fiksnom i adaptibilnom režimu rada u podnevnom vršnom periodu

Redni broj voznje	Smer 1				Smer 2			
	Fiksni režim rada		Adaptibilni režim rada		Fiksni režim rada		Adaptibilni režim rada	
	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja
1	311	3	391	2	301	2	319	1
2	298	3	271	2	253	2	230	0
3	394	2	321	2	331	3	278	2
4	301	2	246	1	305	2	321	2
5	319	3	253	1	309	2	216	0
6	322	3	208	1	296	2	342	2
7	297	3	287	2	378	3	253	0
8	318	2	276	2	259	2	302	2
9	359	3	279	1	298	2	244	2
10	294	2	243	1	245	1	212	1
Prosek	321,30	2,60	277,50	1,50	297,50	2,10	271,70	1,20

Na osnovu podataka dobijenih test vožnjama, u smeru 1, rezultati u podnevnom van-vršnom periodu pokazuju da je broj zaustavljanja smanjen za 42%, a vreme putovanja je kraće za 14% u Motion režimu u poređenju sa fiksnim režimom rada. U smeru 2 se može takođe uočiti poboljšanje pri Motion režimu, gde rezultati pokazuju da je broj zaustavljanja smanjen za 43%, a vreme putovanja je kraće za 9% u Motion režimu u poređenju sa fiksnim režimom rada.

Tabela 10: Test vožnje u fiksnom i adaptibilnom režimu rada u popodnevnom vršnom periodu

Redni broj voznje	Smer 1				Smer 2			
	Fiksni režim rada		Adaptibilni režim rada		Fiksni režim rada		Adaptibilni režim rada	
	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja	Vreme putovanja	Broj zaustavljanja
1	278	3	244	2	251	1	279	2
2	402	4	298	3	287	2	257	0
3	341	3	291	2	324	2	228	0
4	331	2	305	2	316	2	396	2
5	329	2	347	2	351	2	283	1
6	387	3	258	1	278	1	334	2
7	332	3	323	2	416	3	331	2
8	389	3	329	2	272	1	301	1
9	387	3	346	3	281	1	261	0
Prosek	352,89	2,89	304,56	2,11	308,44	1,67	296,67	1,11

Rezultati, u popodnevnom vršnom periodu za smer 1, pokazuju da je broj zaustavljanja smanjen za 27%, a vreme putovanja je kraće za 14% u Motion režimu u poređenju sa fiksnim režimom rada.

U smeru 2 su takođe uočena poboljšanja pri Motion režimu rada. Broj zaustavljanja je smanjen za 33%, a vreme putovanja je kraće za 4% u Motion režimu u poređenju sa fiksnim režimom rada.

Kao što je opisano i u metodologiji istraživanja, registrovana su samo zasutavljanja koja su prouzrokovana radom svetlosnih signala.

5 ZAKLJUČAK

Adaptibilno upravljanje saobraćajem, implementirano putem Motion sistema, donosi značajne prednosti u poređenju sa fiksnim režimom rada, posebno u urbanim sredinama sa kompleksnim saobraćajnim tokovima. Testiranje na primeru Ugrinovačke ulice pokazalo je da adaptibilni režim rada može značajno smanjiti broj zaustavljanja i vreme putovanja, što doprinosi većem broju opsuženih vozila, smanjenju zagušenja, a samim tim i boljem upravljanju saobraćajem. Posmatrajući dobijene rezultate u sva tri intervala istraživanja, u adaptibilnom režimu broj zaustavljanja je za 29% manji u odnosu na fiksni, dok je vreme putovanja za 6% kraće u odnosu na fiksni režim.

Ovi rezultati ukazuju na to da bi dalja istraživanja i šira primena ovakvih sistema mogla značajno unaprediti upravljanje saobraćajem, posebno u gradovima sa visokim stepenom zasićenosti saobraćajem. Pored pozitivnih efekata na sam protok saobraćaja, ovi sistemi bi imali i veliki uticaj na smanjenje zagađenja, poboljšanje ekoloških uslova, i unapređenje ukupnog kvaliteta života u urbanim sredinama.

LITERATURA

- [1] DANILO N.RADIVOJEVIĆ, S. R. (2017). Sistemi za adaptibilno upravljanje saobraćajem na gradskoj mreži .
- [2] Bagehorn, T. (2020). Beograd - Plava zona. *Principi projektovanja mreže*.

SUMMARY**Adaptive Traffic Management on Ugrinovačka Street**

Abstract: Adaptive traffic management is a concept used in urban areas to improve traffic efficiency and safety. This approach utilizes sensors, cameras, and other technologies to monitor traffic conditions in real-time, allowing for the adjustment of traffic signal operations. The main goal is to reduce congestion, shorten travel times, and decrease harmful gas emissions, ensuring a more efficient and safer traffic flow. In the implementation of this system on Ugrinovačka Street, the "Speed View GPS" application was used to accurately track and record vehicle coordinates in real-time, enabling a detailed analysis of vehicle movement and stops. Research showed that the adaptive mode reduced travel time by 18% and the number of stops by 38% during the morning peak period. In the midday and afternoon hours, further improvements were observed, with stops reduced by up to 43% and travel times shortened by 14%. These results confirm the effectiveness of adaptive systems in optimizing traffic flow and reducing congestion, with the potential for additional environmental benefits.

Key words: intelligent transportation systems, traffic management, traffic flow.

Komponente sistema za upravljanje svetlosnim signalima

Marijana Mladenović, Yunex Traffic d.o.o. Beograd, marijana.mosaic@yunextraffic.com

Miloš Mladenović, Yunex Traffic d.o.o. Beograd, milos.mladenovic@yunextraffic.com

Rezime: U gradovima u kojima se broj putničkih vozila neprestano povećava brže od razvoja saobraćajne infrastrukture, zagušenje predstavlja sastavni deo svakodnevnice. Ovaj problem pogađa mnoge aspekte savremenog društva i života. Imajući to u vidu, savremeni gradovi mogu se osloniti na sisteme za upravljanje saobraćajem u cilju smanjenja zagušenja i prapatnih negativnih efekata. Sistemi za upravljanje saobraćajem sastoje se od skupa aplikacija i alata koji doprinosi unapređenju efikasnosti saobraćajnog procesa i bezbednosti.

Predmet ovog rada predstavlja pregled komponenti i međusobnog odnosa istih u okviru savremenih sistema za upravljanje saobraćajem u gradovima. Pregledom su obuhvaćene različite komponente sistema počevši od opreme na raskrsnicama preko komunikacionih elemenata, pa sve do komponenti centralnih sistema. Posebno su objašnjene i komponente centralnog sistema za upravljanje saobraćajem u gradovima i način rada savremenih sistema. Dat je kratak pregled funkcionalnosti i mogućnosti koje pružaju centralni sistemi, dok su objašnjene i fizičke komponente istih.

Ključne reči: centralni sistem, komponente sistema, upravljanje saobraćajem, svetlosni signali

1 UVOD

Povećan broj putničkih vozila koji ne prati razvoj saobraćajne infrastrukture pogađa mnoge aspekte savremenog društva. Imajući to u vidu, gradovi koji se suočavaju sa izazovima se mogu osloniti na sisteme za upravljanje saobraćajem u cilju smanjenja zagušenja i drugih negativnih efekata. Sistemi za upravljanje saobraćajem sastoje se od skupa aplikacija i alata koji doprinosi unapređenju efikasnosti saobraćajnog procesa i bezbednosti. Neposredno delovanje sistema za upravljanje saobraćajem realizuje se putem svetlosne signalizacije na raskrsnicama.

Fizičke komponente sistema za upravljanje saobraćajem na raskrsnicama uglavnom se sastoje od upravljačkog uređaja, lanterni, nosača signalne i druge opreme i senzora za prikupljanje podataka u realnom vremenu. Veza između komponenti realizovana je primenom kablova različitih karakteristika koji su položeni u kablovskoj kanalizaciji.

Veza između komponenti sistema na raskrsnicama i sistema za upravljanje saobraćajem na centralnom nivou može biti realizovana žičnom ili bežičnom vezom.

Osnovna uloga centralnih sistema je obrada podataka o uslovima u saobraćajnom toku prikupljenih posredstvom senzora u realnom vremenu, optimizacija parametara rada svetlosnih signala, nadzor nad radom elemenata sistema na raskrsnicama, arhiviranje parametara i podataka o načinu rada svetlosnih signala i dr. Savremeni sistemi za

upravljanje saobraćajem bazirani su na postupcima matematičke optimizacije raspodele zelenog vremena i proračuna koordinisanog rada svetlosnih signala u cilju minimiziranja vremenskih gubitaka i maksimiziranju propusne moći saobraćajnica.

2 KOMPONENTE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE NA RASKRSNICAMA

2.1 Fizičke komponente

Fizički sistemi za upravljanje saobraćajem mogu se uopšteno podeliti na lokalne i centralne. Fizičke komponente na lokalnom nivou obuhvataju upravljački uređaj, lanterne, odnosno signalnu opremu, senzore i detektore, nosače davača svetlosnih signala, kablovsku kanalizaciju i kablovsku instalaciju.

S druge strane, centralne sisteme čini računarska i dodatna oprema, pomoću koje se vrši naprednija obrada podataka i proračun parametara upravljanja u realnom vremenu, nadzor nad radom upravljačkih uređaja na raskrsnicama i dr. Kako bi bila moguća komunikacija i razmena informacija između centralnog sistema i sistema za upravljanje na raskrsnici, neophodno je uspostaviti žične ili bežične komunikacione veze.

Upravljački uređaj na raskrsnici predstavlja bitnu komponentu za upravljanje radom svetlosnih signala. Pored osnovnog zadatka implementacije i/ili realizacije odgovarajućeg signalnog programa (zavisno od načina upravljanja), uređaj takođe prikuplja i vrši osnovnu obradu podataka sa senzora, uspostavlja i održava komunikaciju sa drugim uređajima i/ili sa centralnim sistemom, nadzire ispravnost elektro instalacija i periferne opreme poput lanterni i senzora, prati i evidentira nedozvoljena stanja po pitanju strujnih kola i dr. Upravljački uređaj ima i mogućnost upravljanja saobraćajem na više prostorno nezavisnih raskrsnica.

Pored upravljačkog uređaja, jedna od fizičkih komponenata jesu i senzori ili detektori, njihova osnovna uloga je prikupljanje aktuelnih podataka o parametrima saobraćajnog toka. U praksi postoje mnogobrojne vrste senzora za prikupljanje podataka, od kojih treba istaći: induktivne petlje, video senzore, infracrvene senzore, radarske senzore, tastere za pešake i video senzore sa integrisanom veštačkom inteligencijom. Senzorska oprema na raskrsnici predstavlja osnovni ulaz za dalji rad sistema i stoga mora biti adekvatno projektovana, izvedena i puštena u rad kako bi bio dostignut zahtevani nivo kvaliteta prikupljenih podataka.

2.2 Komunikacione komponente

U komunikacione komponente sistema za upravljanje saobraćajem na raskrsnicama ubrajaju se kablovi različitih karakteristika, odnosno površine poprečnog preseka, broja žila, tipa izolacije, nivoa zaštite i dr. U zavisnosti od osobina potrošača i dužine kabla, bira se optimalni tip s aspekta pouzdanosti i troškova.

Električna energija potrebna za napajanje upravljačkog uređaja, svičeva i drugih komponenti, kao i za rad periferne opreme u zoni raskrsnice distribuira se kablovima položenim u podzemnu mrežom kablovske kanalizacije. Pored napajanja uređaja, kablovskom instalacijom mogu se prenositi signali sa različitih vrsta senzora i uspostaviti komunikacija između upravljačkih uređaja na susednim raskrsnicama.

Broj kablova na jednoj raskrsnici prevashodno zavisi od instalirane periferne opreme, kao i od načina povezivanja. U pojedinim državama Zapadne Evrope, primenjuje se princip polaganja posebnog kabla za svaki od semaforских stubova. Prednosti ovakvog pristupa ogledaju se u pojednostavljenju aktivnosti na održavanju i otklanjanju eventualnih havarijskih problema. S druge strane, fiksni troškovi su viši zbog veće dužine potrebnog kabla.

Za razliku od povezivanja davača signala i druge opreme, za povezivanje induktivnih petlji postoje jasne smernice po pitanju tipa kabla i načina povezivanja.

Kablovska kanalizacija predstavlja sistem podzemnog razvoda kablova kroz mrežu cevi i kanala u zoni raskrsnice. Kablovskom kanalizacijom, koja je najčešće sačinjena od plastičnih cevi prečnika 110 mm, povezani su svi stubovi, okna i upravljački uređaj.

2.3 Komponente sistema za upravljanje saobraćajem

Sistemi upravljanje saobraćajem omogućavaju promenu signalnog programa u skladu sa promenom uslova u saobraćajnom toku u realnom vremenu. Ukoliko su sistemi pravilno projektovani i kalibrisani, koristi primene istih mogu biti značajne, kroz povećanje eksploatacione brzine i smanjenje vremena putovanja. Osnovna uloga sistema je optimizacija rada svetlosnih signala u cilju maksimalnog iskorišćenja mogućnosti postojeće infrastrukture.

Jedan od takvih sistema je Yuttraffic MOTION, koji je baziran na oblasnom pristupu, te uzima u obzira trenutno stanje parametara saobraćajnog toka u „zoni”, a ne samo na individualnim raskrsnicama i u stanju je da brzo reaguje na promenljive uslove u saobraćaju, osim toga sistem proračunava optimalnu raspodelu zelenog vremena u koordinisanom režimu rada signala za oba smera kretanja na potezu sačinjenom od više raskrsnica.

Potpuno nov pristup u upravljanju saobraćajem predstavlja sistem Yuttraffic® FUSION, razvijen od strane nemačke kompanije „Yunex Traffic”. Za razliku od tradicionalnog pristupa čiji je fokus na privatnim automobilima, osnovna uloga ovog sistema je optimizacija rada svetlosnih signala za sve učesnike u saobraćaju. Sistem je baziran na „pametnoj” detekciji, te uzima u obzir multimodalne izvore podataka za optimizaciju signalisanih raskrsnica. Za svaku raskrsnicu ili zonu se postavljaju prioriteti (pešaci, javni prevoz, biciklisti, vozila..) u skladu sa kojima se vrši optimizacija [2].

3 KOMPONENTE CENTRALNOG SISTEMA ZA UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM

Za razliku od lokalnog nivoa upravljanja, centralni sistem predstavlja sistem strateškog upravljanja saobraćajem na delovima ili na celokupnoj teritoriji grada. Fizičke komponente centralnih sistema najčešće čine:

- Serveri, odnosno fizičke mašine i računari na kojima su instalirani softveri, alati i pozadinski procesi neophodni za rad sistema,
- Svičevi, neophodni za povezivanje različitih komponenti sistema, uključujući upravljačke uređaje i služe za razmenu, odnosno prijem i slanje podataka između povezanih uređaja,
- Ruteri, potrebni za daljinski pristup i pristup internetu,

- NTP (eng. Network Time Protocol) server, potreban za prijem informacija o tačnom vremenu od GPS satelita i distribuciju informacije na nivou sistema,
- UPS (eng. Uninterruptible Power Supply) uređaj za neprekinuto napajanje električnom energijom i
- Radne stanice, odnosno desktop računari neophodni za pristup i rad u sistemu.

U duhu savremenih tehnoloških i informacionih rešenja, u ponudi su dve standardne varijante koji se razlikuju sa gledišta prostorne alokacije centralnog sistema:

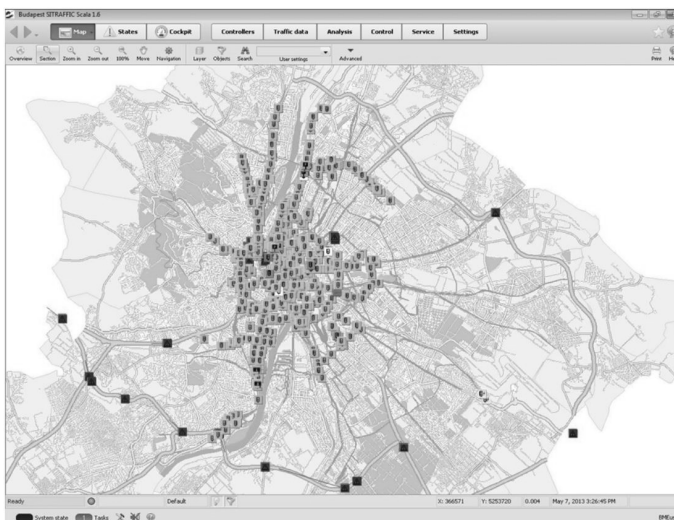
- Fizičke komponente centralnog sistema situirane u prostorijama organa nadležnog za poslove upravljanja saobraćajem i
- „Cloud” rešenje, odnosno situiranje fizičkih komponenti sistema na mestu koje određuje dobavljač usluge.

Kada je u pitanju prva varijanta, sve komponente sistema koje se instaliraju na lokaciji koju određuje korisnik. Oprema se najčešće nalazi u adekvatnoj prostoriji s aspekta klimatizacije i protivpožarne zaštite, npr. u server sali u sedištu korisnika i fizički je povezana sa radnim stanicama.

U drugoj varijanti korisniku se isporučuju samo komponente neophodne za vezu sa upravljačkim uređajima i pristup i rad u sistemu, poput svičeva, rutera i radnih stanica. Veza sa lokacijom na kojoj se nalaze sve virtuelne mašine realizuje se putem zaštićenih, tzv. VPN (eng. Virtual Private Network) kanala ili tunela.

3.1 Grafički interfejs

Grafički interfejs centralnog sistema predstavlja tačku interakcije korisnika sa centralnim sistemom za upravljanje saobraćajem. Na Ilustraciji 34. prikazan je izgled softvera Yutrafic Scala nemačkog proizvođača Yunex Traffic.



Slika 5. Izgled grafičkog interfejsa Sitrafic Scala [3]

U softverima za upravljanje saobraćajem, GIS se najčešće koristi za nadzor nad radom upravljačkih i drugih uređaja kao i za praćenje saobraćajnog opterećenja na progra-

miranim deonicama u realnom vremenu. Klikom na određeni objekat, poput simbola, odnosno ikonice za raskrsnicu ili ulične deonice (eng. road section), biće prikazano više podataka i detalja o datom objektu.

3.2 Upravljačke funkcionalnosti

GIS predstavlja najvidljiviji i prepoznatljiviji segment grafičkog interfejsa centralnih sistema za upravljanje saobraćajem. Pored njega postoji niz analitičkih i komandnih funkcionalnosti i mogućnosti koje pruža ova vrsta softvera, poput:

- Automatske reakcije u određenim situacijama,
- Slanja obaveštenja, odnosno notifikacija,
- Izvoza i analize podataka o realizovanim parametrima rada svetlosnih signala i podataka prikupljenim putem senzora i mernih tačaka,
- Upravljanje znakovima sa izmenjivim sadržajem i drugim povezanim uređajima,
- Praćenje i korigovanje parametara rada svetlosnih signala na lokalnom, koridorskom i zonskom nivou,
- Daljinska defektaža upravljačkih uređaja i dr.

Primeri automatskih reakcija su aktiviranje određenog signalnog programa u zavisnosti od kombinacije parametara poput protoka i okupiranosti senzora, promena režima rada svetlosne signalizacije u zavisnosti od ispravnosti, odnosno provere verodostojnosti podataka sa senzora u realnom vremenu i dr.

Podaci o realizovanim parametrima rada svetlosnih signala, odnosno signalnim programima skladište se u arhivu sa višegodišnjim kapacitetom i mogu se koristiti u različite svrhe, kao što su veštačenje u slučaju saobraćajne nezgode u zoni signalisane raskrsnice, analiza nivoa usluge u zavisnosti od realizovanog signalnog programa u dr.

Svi podaci prikupljeni putem senzora prosleđuju se centralnom sistemu kako bi bili dodatno obrađeni, korišćeni za optimalno upravljanje svetlosnom signalizacijom u realnom vremenu i skladišteni za kasniju analizu ili supstituciju podataka u slučaju oštećenja senzora.

Uz pomoć svih pomenutih funkcionalnosti u okviru softvera, operater je u mogućnosti da prati i, po potrebi, koriguje parametre rada svetlosnih signala na lokalnom, koridorskom i zonskom nivou.

Daljinska defektaža upravljačkih uređaja i druge povezane opreme podrazumeva proveru statusa uređaja u realnom vremenu kao i preuzimanje podataka o prijavljenim greškama koje su dovele do nepravilnog funkcionisanja svetlosne signalizacije ili prekida u radu. Ova mogućnost omogućava bolje planiranje resursa, odnosno optimizaciju troškova redovnog i havarijskog održavanja usled dostupnosti preliminarne informacije pre odlaska na predmetnu lokaciju. Određene smetnje u radu upravljačkih uređaja, svičeva i druge opreme moguće je otkloniti i daljinski, odnosno bez izlaska na lice mesta.

3.3 Komunikacioni protokoli

Da bi različiti elementi sistema za upravljanje saobraćajem mogli međusobno da komuniciraju, odnosno razmenjuju informacije, pored primene pomenutih fizičkih komponenti potrebno je ispuniti i uslove sa aspekta komunikacionih protokola i interfejsa. Pojedini proizvođači opreme razvijaju interne protokole za komunikaciju koji pružaju širok

spektar informacija i mogućnosti. S druge strane, ograničavajući faktor i uslov je korišćenje isključivo opreme određenog proizvođača što je u praksi praktično neizvodljivo. [4]

Iz tog razloga, istaknuti proizvođači opreme iz Nemačke, Austrije i Švajcarske postigli su dogovor o kreiranju standardizovanog, odnosno otvorenog komunikacionog interfejsa OCIT® (eng. Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems). U proces su uključeni sledeći proizvođači opreme:

- AVT-STOYE GmbH,
- Siemens AG (Yunex Traffic),
- Stührenberg GmbH i
- SWARCO TRAFFIC SYSTEMS GmbH.

OCIT interfejs predstavlja osnovu arhitekture otvorenog sistema. Opšti cilj je standardizacija veze između centralizovanih i decentralizovanih komponenti, poput podsystemima, softverskih alata i upravljačkih uređaja. U današnje vreme, uz pomoć interneta moguće je uspostavljanje sistema za upravljanje saobraćajem i međusistemskih mreža koje obuhvataju upravljačke centre i uređaje.

4 ZAKLJUČAK

Centralizovani sistemi za upravljanje saobraćajem predstavljaju skup hardvera, aplikacija i alata za unapređenje efikasnosti realizacije saobraćajnog procesa, ali i bezbednosti korisnika saobraćajnih sistema. Uobičajeno je da se sistem hardverski sastoji od servera, svičeva, rutera, podsystema za neprekidno napajanje električnom energijom, radnih stanica i dr. Kako bi različiti elementi sistema mogli pouzdano i precizno da komuniciraju, grupa dominantnih proizvođača opreme za upravljanje saobraćajem sa nemačkog govornog područja usaglasila je i razvila standardizovani komunikacioni protokol i interfejs pod nazivom OCIT.

Jedan od narednih koraka u evoluciji gradskih, ali i vangradskih, sistema za upravljanje saobraćajem biće komunikacija i prikupljanje informacija direktno od individualnih vozila, bez posredstva senzora, te je izvesno da će u jednom trenutku doći do prestanka načina implementacije svetlosnih signala na način kakav danas poznajemo. Vozila će komunicirati međusobno i sa infrastrukturom, odnosno razmenjivati podatke o trenutnom položaju, brzini, pravcu, smeru i dr te će centralizovani sistemi i komunikacione komponente imati još veći značaj.

LITERATURA

- [1] Mladenović, M. (2022). Komponente savremenih sistema za upravljanje svetlosnim signalima
- [2] https://www.yunextraffic.com/wp-content/uploads/2023/05/Yunex-Traffic_Yuttraffic-Fusion_EN.pdf
- [3] <http://kjit.bme.hu/index.php/en/labor-en/szoftverek-en3>
- [4] "OCIT Outstations Introduction to the System", OCIT Developer Group (ODG), 2018

SUMMARY**Components of traffic management systems**

Abstract: In cities where the number of passenger vehicles is constantly increasing faster than the development of traffic infrastructure, congestion is an integral part of everyday life. This problem affects many aspects of modern society and life. Modern cities can rely on traffic management systems in order to reduce congestion and the accompanying negative effects. Traffic management systems consist of a set of applications and tools that contribute to improving the efficiency of the traffic process and safety. The subject of this paper is an overview of the components and their interrelationship within the framework of modern traffic management systems in cities. The paper covers various components of the system, starting from the equipment at intersections through communication elements, all the way to the components of central systems. The components of the central system for traffic management in cities and the way modern systems work are also explained. A brief overview of the functionality and capabilities provided by central systems is given, while their physical components are also explained.

Key words: central system, system components, traffic management, traffic lights

Primena IT i neuronskih mreža za efikasno obezbeđenje kvalitetnih podataka o saobraćajnom zahtevu

Aleksandra Kovač, ElcomBgd d.o.o, Beograd, aleksandra.kovac@elcombgd.rs

Rezime: Istraživači i projektanti se u svom radu sreću sa izazovom kada je potrebno prikupiti kvalitetne podatke o predmetnom saobraćajnom procesu. Savesna izrada saobraćajnih studija i projekata zasniva se na zamašnim istraživanjima karakteristika saobraćajnog zahteva na saobraćajnoj mreži, koja nekada obuhvataju i po više nedelja i vremenskih preseka, a po pravilu se vrše na redukovanom uzorku i „offline”. Savremena informaciona tehnologija i praktični alati veštačke inteligencije su omogućili da se u veoma kratkom roku, po potrebi i „online”, za potreban prostorni obuhvat (raskrscnicu, koridor ili gradsku zonu), na mnogostruko većem uzorku i sa izrazitom tačnošću, automatski snimaju detaljni podaci o karakteristikama saobraćajnih tokova. Korišćenjem drona sa kamerom i softvera za obradu snimljenog materijala koji radi na bazi veštačke inteligencije, dolazi se do verodostojnih podataka o obimu saobraćaja, strukturi tokova prema standardnim ili specifičnim kategorijama vozila, I-C matrici, ali i do drugih relevantnih podataka. U radu je, na primeru aplikacije razvijene za komercijalnu upotrebu, okvirno prikazana metodologija rada sistema video detekcije i automatske obrade kompleksnih podataka o saobraćajnom zahtevu korišćenjem moćnog alata veštačke inteligencije.

Ključne reči: saobraćajno istraživanje, I-C matrica, video detekcija, veštačka inteligencija

1 UVOD

Savremeno upravljanje saobraćajem na urbanoj saobraćajnoj mreži je dominantno orijentisano na fleksibilno upravljanje u realnom vremenu, na osnovu informacije o aktuelnom saobraćajnom zahtevu. Alternativno se, zavisno od specifičnosti upravljanoj saobraćajnog procesa, implementira detektorsko ili adaptibilno upravljanje. Grad Beograd je, recimo, pre par godina doneo stratešku odluku da svi novoizgrađeni semaforizovani saobraćajni objekti moraju biti fleksibilno upravljani, a fixed time strategija se primenjuje samo na objektima mreže nižeg ranga.

Fleksibilno upravljanje se zasniva dominantno na podacima o saobraćajnom zahtevu u realnom vremenu. Za potrebe strateškog odlučivanja/opredeljenja za tip i optimalnu strategiju upravljanja koji su najracionalniji i po meri konkretnog saobraćajnog procesa, potrebni su kvalitetni i što potpuniji podaci o saobraćajnom zahtevu (obim, struktura, I-C matrica). Dve alternativne tehnologije koje se danas angažuju na tom zadatku su zasnovane na induktivnim detektorskim petljama ugrađenim u kolovozu i na virtuelnim detektorima koji simuliraju ove prethodne.

Induktivne petlje su tradicionalna i relativno visoko pouzdana tehnologija, koju prate i znatni nedostaci. Najizrazitiji je taj što se fizičkom ugradnjom petlje u kolovoz vrši

oštećenje njegove površine i strukture, pri ugradnji se nužno prekida ili redukuje saobraćaj, a troškovi ugradnje sistema su relativno visoki. Fizička konfiguracija detektora je fiksna i ne može se lako ispraviti ili menjati, a deformacije kolovoza i njegove povremene opravke uništavaju ili ozbiljno degradiraju ugrađenu detektorsku opremu.

Odsustvo svih navedenih nedostataka tehnologije induktivnih petlji mali je deo prednosti alternativne tehnologije zasnovane na virtuelnim detektorima, bili oni u varijanti video ili IR (*Infra Red*) tehnologije. Video detekcija obezbeđuje veoma kvalitetne i sadržajne podatke o saobraćajnom zahtevu, pouzdano prepoznavanje kategorije vozila i praćenje njegove putanje kroz raskrsnicu. IR tehnologijom se obezbeđuje manje kompleksna informacija o detektovanom objektu, ali nemogućnost identifikacije korisnika detektovanog vozila sprečava ugrožavanje njegove privatnosti.

2 VIDEO SISTEM ZA BROJANJE SAOBRAĆAJA

Preduzeće ElcomBgd je razvilo i dalje usavršava komercijalnu aplikaciju za naprednu realizaciju video detekcije i snimanje saobraćajnog zahteva raskrsnice ili drugog tipa saobraćajnog objekta, čiji je korisnički interfejs prikazan na Slici 1.



Slika 1: Korisnički interfejs VTC (Visual Traffic Counts) programa

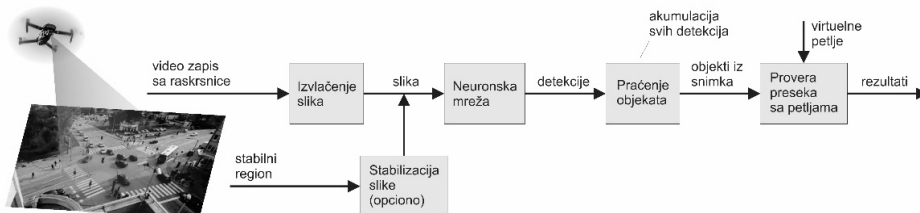
U opštem slučaju, snimanje saobraćajnog zahteva može biti namenjeno korišćenju u realnom vremenu (*online*) za potrebe fleksibilnog upravljanja saobraćajnim procesom, ili za naknadnu analizu pojave (*offline*), a tehnološki se realizuju posredstvom dve alternativne fizičke konfiguracije sistema.

Online detekcija vrši se neposredno na svakom od prilaza i izlaza raskrsnice, video kamerama montiranim na konzolnim ili portalnim stubovima, ili na obližnjim objektima koji obezbeđuju dobru preglednost zone detekcije. Idealno je da kamera namenjena detekciji vozila jednog prilaza bude postavljena tačno iznad detekcione površine i na poziciji sredine „detekcione linije”. Time se minimiziraju pojava „senke” (međusobnog zaklanjanja/ „prekrivanja” vozila) ili višestruke (dvostruke) detekcije istog vozila na susednim petljama.

Virtuelne petlje se mogu na vidnom polju kamere iscrtavati po logici urezivanja induktivnih petlji, ali se pokazalo da je znatno efikasnije i pouzdanije koristiti linijsku formu. Naime, geometrijskom konfiguracijom „virtuelne petlje” u obliku poprečnog preseka preko kojeg prelaze vozila, i praćenjem neuronskom mrežom prepoznatog objekta posredstvom kretanja njegove geometrijske „centralne tačke”, minimizira se mogućnost

višestruke detekcije istog vozila na susednim „petljama”. Kada se brojanje vozila vrši po saobraćajnim trakama prilaza, definišu se kordon linije za svaku od traka, tako da se međusobno nadovezuju i pokrivaju ceo profil prilaza.

Offline varijanta pored korišćenja „fiksni” kamera montiranih na parternoj infrastrukturi, najveću operativnost dostiže korišćenjem mobilne kamere montirane na dronu, koji se „fiksira” na najpogodnijoj mikro lokaciji iznad saobraćajnog objekta čiji su tokovi predmet istraživanja. Sistem za brojanje saobraćaja funkcioniše prema blok dijagramu strimovanja prethodno snimljenog video zapisa prikazanom na Slici 2.



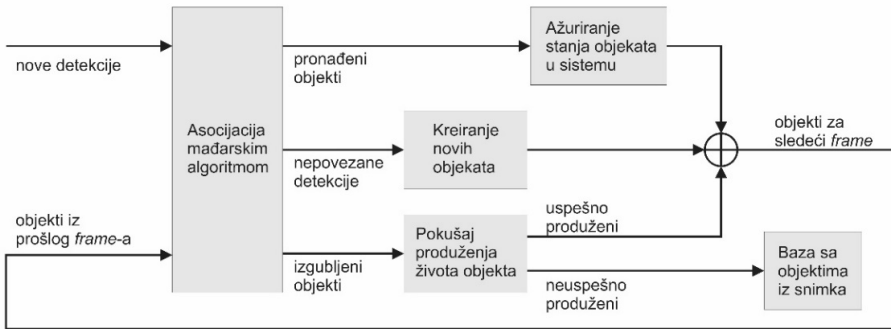
Slika 2: Stream processor

Video materijal se obrađuje u okviru neuronske mreže, analizom njegovih susednih frejmova (slika), realizacijom narednih koraka:

- izvlačenje pojedinačnih frejmova iz video zapisa,
- provera stabilnosti slike (kroz saglasnost sa fiksnim detaljima prethodne slike),
- korekcija uočene nestabilnosti (posredstvom fiksnih objekata video zapisa),
- prosleđivanje slika neuronskoj mreži,
- prepoznavanje i jednoznačno ID obeležavanje (identifikacija) objekata detekcije,
- detaljno praćenje po slikama kretanja svakog objekta u prostoru video detekcije,
- utvrđivanje interakcije objekata sa na slici definisanim poljima virtuelnih detektora (određivanje izvora i cilja kretanja svakog detektovanog objekta),
- rezultat striminga sadrži za svaki objekat (vozilo) njegovu prepoznatu kategoriju, tačku (krak raskrsnice) ulaska i tačka izlaska iz prostora raskrsnice.
- rezultati se šalju na obradu, u skladu sa potrebnim formatom i ciljem konkretnog istraživanja (brojanja saobraćaja).

Ključna komponenta procedure video snimanja saobraćajnog procesa raskrsnice jeste praćenje vozila/objekata, koje se realizuje prema koracima prikazanim blok dijagramom na Slici 3. Koraci se ponavljaju za svaki sledeći frejm video zapisa, a neuronska mreža prati stanje i status svih objekata, poredi ga sa stanjem iz prethodnog frejma i predizima akcije na obezbeđenju daljeg toka VTC procesa.

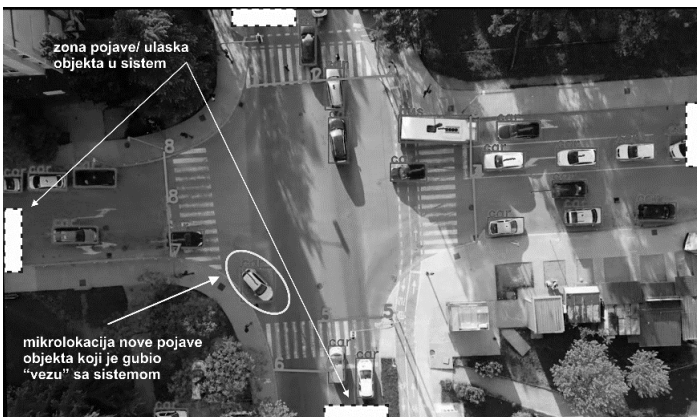
Osnovne akcije u okviru praćenja objekta su detekcija njegove pojave u sistemu, detekcija njegovog nestanka iz sistema (kao posledica greške – kratkotrajnog gubitka „veze” sa objektom), pokušaj da se izgubljena „veza” rekonstruiše i da se praćenje objekta nastavi, detekcija nestanka objekta iz sistema u momentu kada napušta prostor raskrsnice (izlazi iz frejma).



Slika 3: Praćenje objekata

Neuronska mreža predstavlja komponentu sistema video detekcije koja je imuna na greške, i čitavom VTC programu obezbeđuje izrazitu pouzdanost. Međutim, tokom procesa strimovanja snimka pojedini praćeni objekti iz izvesih razloga mogu biti tokom vrlo kratkog vremena komunikaciono izgubljeni iz sistema (gubitak „veze“), što može uzrokovati grešku. To je univerzalan problem u domenu video striminga (instant pristupa video materijalu) i može da se javi na bilo kom snimku iz različitih razloga.

Ako se pokretni objekat koji je prepoznat i sistem ga prati, u nekom momentu „izgubi“ zbog kratkotrajnog gubitka veze (tokom par milisekundi ili na svega par uzastopnih frejmova snimka), njegova inicijalna identifikacija u programu se gubi i on bi se po „povratku“ u sistem prepoznao kao novi objekat. Budući da je mikrolokacija njegove nove pojave u sistemu udaljena od zona u kojima novi objekti ulaze u vidno polje snimka, neuronskoj mreži „je jasno“ da je novoprepoznati objekat rezultat uspostavljanja prethodno izguljene veze sa već praćenim objektom. Zato se neuronska mreža obučava da na osnovu mikrolokacije pojave objekta i prethodno izgubljenih objekata u neposrednoj prošlosti i blizini, kao i sličnosti dva pripadajuća smera kretanja, ID „novog“ objekta povezuje sa ID-om ispuštenog. Tako se uspešno rekonstruiše nastavak praćenja njegovog prethodnika i greška ispravljiva (videti Sliku 4).



Slika 4: Streaming slike iz video snimka sa drona sa elementima ispravke gubitka „veze“ objekta

Osim toga što se navedene greške javljaju veoma retko, one se mogu učiniti još manje izglednim ako visina sa koje se scena snima nije prevelika (pa prikazu objekta praćenja pripada mala "rezolucija"), ako je na slici koja se analizira minimiziran broj senki i okolnih objekata koji bi predstavljali smetnju između objekta i kamere, ako je kamera fizički stabilna, bez ikakvih trzaja i rotacija. Pojedine od grešaka se izbegavaju, odnosno povećava se uspešnost sistema u izbegavanju nastanka greške, dodatnim treniranjem neuronske mreže.

Neuronska mreža detektuje interakciju/preklapanje identifikovanog objekta sa virtuelnim „petljama” iscrtanim na frejmu. Kada do prvog preklapanja dođe, beleži se detekcija vozila na poziciji gde je ono ušlo u raskrsnicu. U narednim kadrovima se prati kretanje vozila do sledećeg preklapanja sa virtuelnom „petljom” koja kontroliše napuštanje zone raskrsnice. Time je za identifikovano vozilo definisana tačka ulaska i tačka izlaska iz konfliktne zone raskrsnice, što je jedan I-C par, i sa podacima o kategoriji objekta i vremenskim odrednicama događaja predstavlja rezultat video detekcije.

3 NEURONSKA MREŽA - KLJUČAN ALAT VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

U okviru razvijene VTC aplikacije ElcomBgd primenjuje složeni YOLOX-L model neuronske mreže (*You Only Look Once*), koji koristi tehniku dubokog učenja, a strukturno i funkcionalno je naklonjen, između ostalog, i realizaciji zadataka iz domena detekcije i prepoznavanja objekata na slikama u realnom vremenu.

Treniranje mreže za izrazito efikasno prepoznavanje objekata vršeno je na *Open Images V7 dataset-u*, aplikaciji koja korisniku stavlja na raspolaganje ogromnu bazu inicijalno formiranog materijala (prikaz objekata sa razvijenim detaljnim video performansama i pripadajućim relacijama) i omogućuje dalju efikasnu obuku i specijalizaciju neuronske mreže u korisniku potrebnom smeru.

Konkretna neuronska mreža je obučena da sa izrazitom pouzdanošću prepoznaje i klasifikuje objekte koji se na slikama i video snimcima pojavljuju u prostoru saobraćajnih objekata (raskrsnica, kružnih tokova, trgova, duž saobraćajnica) kao činioci saobraćajnog procesa. Kao ciljni objekti prepoznavanja definisani su ljudi (u ulozi pešaka, vožnji trotineta), bicikla, motocikla, putnički automobili, kombi/ minibus vozila, autobusi, šinska vozila (tramvaji, vozovi), laka teretna, teška teretna vozila i auto-vozovi.

Analiza pouzdanosti detekcija korišćenjem ovog softvera je sprovedena na uličnoj mreži, u saobraćajnoj traci u kojoj je u kolovozu urezana induktivna detektorska petlja, a zatim na konzolni stub nosač lanterni montirani detektor sa tehnologijom na bazi termalne kamere i video detektor. Snimanje je sprovedeno tokom više nedelja. Izvršena je kvantifikacija dobijenih rezultata za dvadesetčetvoročasovni period, a zatim je izvršeno upoređivanje vremena nastanka detekcija. Za sva neslaganja u vremenu (trenuci detekcije koji nisu bili istovetni) izvršen je pregled video snimaka i došlo se do sledećih podataka.

Različiti brojevi stvarnih i prijavljenih detekcija za sve tri metode mogu se objasniti nedostacima pojedinačnih metoda, npr. induktivne petlje ne mogu da registruju motocikle i bicikle, video detekcija u periodima smanjene vidljivosti može da propusti određene objekte i sl.

Tabela 1: Pouzdanost primene različitih tipova detekcije

Metod snimanja	Prijavljene detekcije	Lažne detekcije	Propuštene detekcije	Stvarne detekcije
Induktivna detektorska petlja	3882	31	2	3853
Video analiza	3842	0	4	3838
Termalna kamera	3850	5	19	3864

4 ZAKLJUČAK

Izrazito visoka pouzdanost, detaljnost, brzina i visok stepen automatizacije procesa snimanja saobraćajnog zahteva zasnovanog na video detekciji čini ovaj metod superiornim u odnosu na tradicionalan pristup saobraćajnim istraživanjima koja se obrađuju u *offline* režimu. Kod upravljanja saobraćajem u realnom vremenu, gde su podaci o saobraćaju neophodni u *online* režimu, sve navedene pogodnosti video detekcije podržane veštačkom inteligencijom čine je više nego konkurentnom alternativom detekciji saobraćaja zasnovanoj na induktivnim petljama u kolovozu.

LITERATURA

- [1] Savrasovs, M; Pticina, I (2016). Methodology of OD Matrix Estimation Based on Video Recordings and Traffic Counts; 16th Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, Riga, Latvia
- [2] VTC USER MANUAL, ROADOMETRY INC <https://roadometry.com>

SUMMARY

Application of IT and NN for efficient traffic demand acquisition

Abstract: Conscientious preparation of traffic studies and projects should be based on extensive research into the characteristics of traffic demand on the traffic network. Today, advanced information technology and artificial intelligence tools have made it possible to automatically record and process the necessary data on the characteristics of traffic flows in a very short period of time, if needed online, with appropriate spatial coverage and details, on the very large sample, and with a distinct accuracy. By using camera from drone and software based of artificial intelligence for video data processing, reliable data is obtained on the traffic volume, the flows composition for standard or specific categories of vehicles, the O-D matrix, and other relevant parameters. The paper presents an approach to video detection and traffic counting, which was applied in a Video Traffic Counts application completed for commercial use.

Key words: traffic research, O-D matrix, video detection, artificial intelligence

Digitalization of road infrastructure – V2X communication

Stefan Milivojević, Yunex Traffic d.o.o. Beograd, stefan.milivojevic@yunextraffic.com

Marijana Mladenović, Yunex Traffic d.o.o. Beograd, marijana.mosaic@yunextraffic.com

Milan Radivojević, Yunex Traffic d.o.o. Beograd, milan.radivojevic@yunextraffic.com

Abstract: The digitalization of the road is an essential pillar for the mobility of the future: Intelligent communication technologies connect road users of all kinds with the infrastructure. The main goal of this paper is to describe available technologies in this field especially considering that C-ITS creates potential for increasing road safety and efficiency while reducing negative environmental impacts, which helps to improve the quality of life in and between cities. Increasing networking and comprehensive data exchange between road users and infrastructure are the essential building blocks for the future of mobility. V2X communication technology enables applications to increase traffic safety, optimize traffic flow, reduce negative environmental impacts, and increase operational safety while complying with the latest IT security standards. Through V2X technology, vehicles communicate with on-site infrastructure and cooperative traffic management systems. Not only motorized individual transport benefits from this technology. The intermodal networking of transport, in particular public transport, should be emphasized, which enables the V2X use cases. The introduction of V2X communication is a building block of the global strategy and has been tested and deemed useful in numerous research projects. In the future, these components will form the basis for autonomous driving applications. Countries should promote the development of an innovative and digital infrastructure through digitalization strategies.

Key words: C-ITS, V2X, road digitalization, traffic safety, communications technology.

1 INTRODUCTION

Digitalization of roads and intelligent communication technologies make the right base for the connected traffic. It helps cities and municipalities to improve the quality of life and form the basis for sustainable growth. Despite intensive efforts to provide attractive alternatives to individual and freight road traffic, a further increase in the volume of traffic can be expected in the future. Future connected mobility both on rural and urban sections provides the possibility for better and greater utilization of existing capacities, in addition to guaranteeing greater safety for all traffic users.

Focus of this paper will be on digital Vehicle-to-Everything (V2X) communication between road users and infrastructure systems through modern communication technology. System components explanation will be given through public transport use case.

2 VEHICLE2X COMMUNICATION (SYSTEM COMPONENTS)

Vehicle-to-everything (V2X) is automatic communication and data exchange between the vehicles and other vehicles or infrastructure making a turning point for the future mobility. V2X communication technology enables applications to increase traffic safety, optimise traffic flow, reduce negative environmental impacts and increase operational safety while complying with the latest IT security standards. Through V2X technology, vehicles communicate with on-site infrastructure and cooperative traffic management systems via installed On-board units (OBUs) that are installed in vehicles and via Roadside units (RSUs) that are installed in infrastructure. This enables networking of vehicles and infrastructure. In the future, these components will form the basis for autonomous driving applications. Not only motorised individual transport (MIV) benefits from this technology. The intermodal networking of transport, in particular public transport, should be emphasised, which enables the V2X use cases. [1], [2], [3]

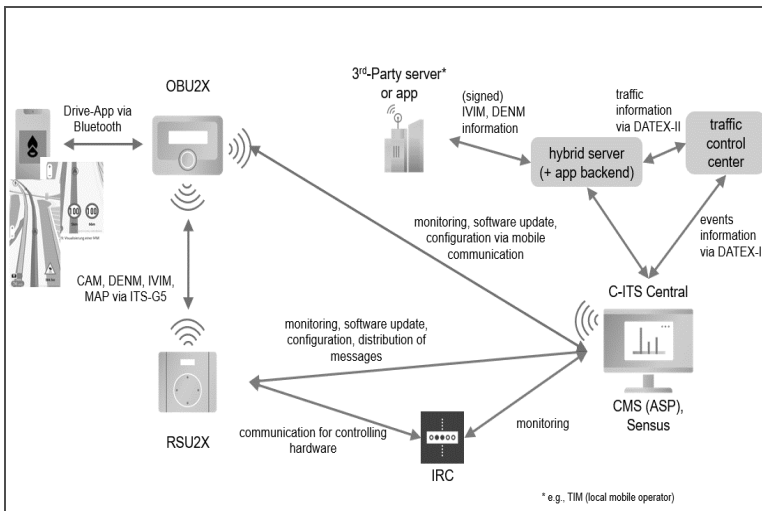


Figure 1. V2X system components overview, Source: Yunex Traffic C-ITS

2.1 Roadside Unit (RSU2X)

The RSU2X is the central interface for wireless communication between roadside infrastructure and the Onboard Unit (OBU). The bidirectional communication via the RSU2X enables both the transmission of information (e.g. speed limits) and the reception of Onboard messages in real time. A Roadside Unit (RSU) communicates with both, the traffic management center (CMS), and the vehicles:

- The RSU sends time-critical information (e.g. the current signal status) directly to the vehicles.
- Static and non-time-critical information (e.g. sign information) can be communicated to the vehicles either by the RSU or the CMS.
- Vehicles continuously report their current position, speed and direction of travel via their Vehicle2X Onboard Units.

- The RSU collects this information.
- The CMS uses this information to manage traffic more efficiently and in real time.



Figure 2. RSU2X with Quad-Core CPU edge computing and up to 4000 message verifications per second. Source: Yunex Traffic C-ITS

2.2 Onboard Unit (OBU)

The OBU integrates vehicles into cooperative ITS systems (C-ITS) and the deployment of infrastructure-driven C-ITS services and applications. Via the OBU, Vehicle2X can send hazard alerts to service vehicles or prioritize public transport and emergency vehicles. It enables road users to adapt their driving behaviour at an early stage, thus increasing safety for pedestrians and cyclists. OBU has a powerful transceiver for smooth communication with the RSUs and very high accuracy of position and speed determination. It is easily installed and is retrofittable and mountable in almost any vehicle.

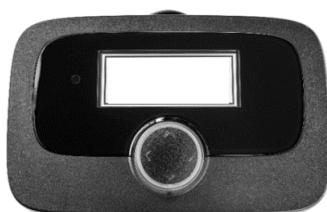


Figure 3. OBU2X for windscreen installation with integrated V2X module Source: Yunex Traffic C-ITS

2.3 Cooperative Management System (CMS)

CMS is the main component which links and monitors the Roadside units (RSU) in a central system and sends messages via the RSUs to the vehicles. CMS allows flexible monitoring of RSUs and traffic at any time and any place. Cooperative and intermodal traffic management aims to minimise the negative effects of traffic, such as congestion, accidents, and environmental pollution. Modern sensor systems, floating car data (FCD) and V2X are used to determine the current traffic situation in detail. This traffic data is analysed in a traffic management centre, from which traffic strategies are then derived. This cooperative and intermodal centre forms the basis for the various V2X use cases (both in urban and interurban) and enables the digital control and influencing of traffic. Traffic controllers, dynamic display panels, apps, and prioritisation systems for various means of transport, such as buses and trams, emergency vehicles (e.g. fire brigade, emergency doctor, etc.) and bicycles, as well as traffic light systems are available for influencing traffic in the urban environment.

The CMS collects mobility data from all data sources, visualizes it and provides the information via standardized and modern interfaces. This then creates the conditions for V2X use cases. For example, Figure 4 shows hazard alerts in the traffic management center (CMS) that are created by the operator and sent to the vehicles. Reports from vehicles (e.g., accident) are forwarded to the CMS and visualized on the map.



Figure 4. Hazard alerts in the traffic management center (CMS), Source: Yunex Traffic C-ITS

The system is based on an open, scalable, secure and service-oriented architecture (SOA). With this SOA, the individual services are realized mainly independently of each other, which significantly increases the availability of the overall system. Services can be exchanged while retaining their external interfaces without affecting the remaining parts of the system. The platform itself fulfils the following requirements of cooperative traffic management:

- Cross-stakeholder access to all mobility information. This includes, among other things, traffic status, disruptions, events, incidents and road works.
- Detailed analyses for the evaluation of the traffic situation, including all the Data sources.
- Management and configuration of infrastructure objects such as RSU, OBU, (public transport) reporting points and map data (topology).
- Optimization of all mobility options and the entire road network, by flexible traffic management scenarios. Simulation models continuously test and evaluate the overall system based on real-time traffic, public transport and incident data.
- Complete transparency on the effects of traffic management strategies on the environmental situation. This is made possible by combining traffic and environmental simulation. Thus, it is possible to create scenarios and react to emission forecasts in a timely manner.
- The necessary degree of freedom to develop and modularly integrate customer-specific applications using flexible and open data services.

The system is compliant with the V2X requirements defined by the international Car2Car Communication Consortium, the ETSI (European Telecommunications Standards Institute) and the US-DoT (US Department of Transportation). Thanks to open interfaces, Vexicle2X can communicate with numerous controllers via standard connections and can also be extended later with additional communication modules. Vehicle2X offers a high

level of IT security thanks to the Cyber-Security process and a defined security concept for maintenance and service. [1], [2], [3]

3 V2X-BASED PUBLIC TRANSPORT USE CASES

Public transport prioritisation favours public transport over private transport at traffic lights. The aim is to reduce energy consumption, emissions and travel times of buses and trains in order to increase the attractiveness of public transport. The reduction of travel times can make it possible to increase the frequency with the same number of resources. In addition, prioritisation avoids unnecessary braking and acceleration to a higher degree, which increases passenger comfort and safety.

Public transport prioritisation was introduced in the 1980s. With this established technology, buses or trams approaching an LSA receive clearance, usually via analogue radio. However, communication via analogue radio is obsolete. On the one hand, technological constraints, such as the discontinuation of analogue radio systems and open analogue radio communication, and on the other hand, innovative expansion potentials speak for a conversion of the existing systems to digital technology.

In recent years, two digital communication channels for public transport prioritisation have been developed and implemented in many projects. There is a local and a central communication path and their combination to implement the necessary modernisation.

- A) Local public transport prioritization connects the OBU in the public transport vehicle to the traffic controller via RSU.
- B) In centralized public transport prioritization, the OBU in the public transport vehicle communicates with the traffic controller via the cooperative traffic management center.
- C) The local + central public transport prioritization uses both communication channels and thus combines their advantages. [1], [2], [3]

3.1 Local public transport prioritisation

In local prioritisation, the position and speed are determined with the help of a global navigation satellite system (GNSS). Communication with the LSA takes place via WLAN (short range) from the OBU via an RSU installed in the LSA. This prioritisation system has the advantage that the functional reliability is higher and the latency times are lower.

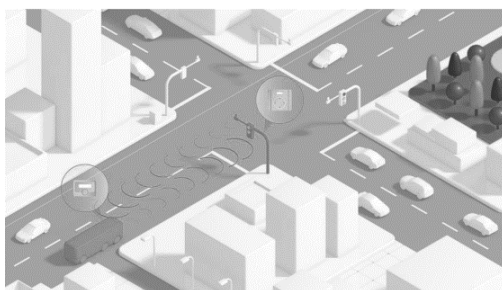


Figure 5. Local public transport prioritisation (short range)

V2X technology can reduce infrastructure construction costs. Currently, in many cities, sign-on signals are installed at the traffic lights to give public transport drivers

visual feedback when public transport prioritisation is initiated. In the future, this use case can be virtualised and the registration signal can be shown on the vehicle display. In addition, speed recommendations can be shown to public transport drivers on the vehicle display. [1], [2] , [3]

3.2 Central public transport prioritisation

With central public transport prioritisation, the position and speed of the public transport vehicle is determined via GNSS, as with local prioritisation. Public transport vehicles are given priority at traffic lights via mobile communication. In the OBU of the public transport vehicle, trigger areas (reporting points) with coordinates are defined. If the public transport vehicle crosses these trigger areas at a predefined angle, the central public transport prioritisation is initiated. The OBU sends an information to the control centre. The control centre processes and sends to the LSA via an open interface. The LSA processes and initiates prioritisation.

Many traffic management applications have a lifespan of several decades. Systems for traffic control partly use communication technology from the eighties. For example, the communication of public transport vehicles with field devices such as traffic light systems (LSA) or switch control in Germany mostly takes place via analogue radio. Analogue radio is a robust technology, but it has been discontinued in many areas. This obsolete technology makes innovation difficult. Furthermore, discontinued technology is not acceptable from an IT security point of view, as security updates, for example, are often not possible.

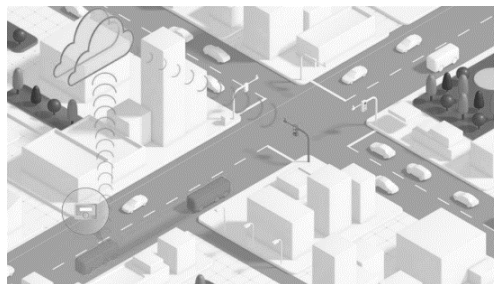


Figure 6. Central public transport prioritisation (long range)

3.3 Central + local public transport prioritisation

The system enables two-way communication and combines the advantages of central and local public transport prioritisation.

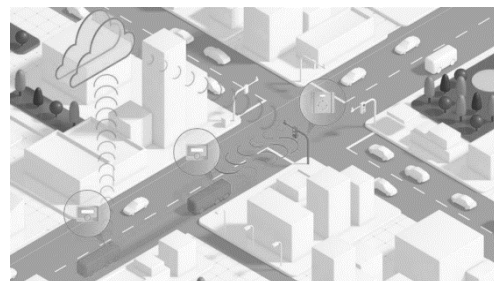


Figure 7. Local + central public transport prioritisation (short + long range)

Local + central public transport prioritisation combines the advantages of both systems. LSAs in the peripheral area of a city can be prioritised centrally. At very important intersections where many public transport lines meet, local public transport prioritisation can be used, as this reduces latency times and the direct communication path is independent of mobile phone providers. Furthermore, LSAs that require pre-announcement well before the stop lines can be prioritised centrally first and then locally within the range of the RSU. This two-way communication makes optimal use of a municipality's financial resources. [1], [2], [3]

4 CONCLUSION

The digitalization of the road is an essential pillar for the mobility of the future: Intelligent communication technologies connect road users of all kinds with the infrastructure which makes V2X a building block of the global strategy.

The introduction of new V2X use cases in public transport sector results in many advantages such as a reduction of the number of stops of public transport vehicles, increasing the punctuality of public transport vehicles, reduction of the travel time and emissions, reduction of the required hardware e.g. through virtualization of login signals etc. However, it is important to ensure that analogue and digital technology can be operated in parallel. For example, it is possible to accelerate public transport vehicles at a traffic light using analogue and digital technology, which means that not all buses or trams have to be equipped with OBUs at the same time. Furthermore, in a first stage, the planning of public transport acceleration can be maintained. This simplifies the way into the digital world.

The conversion to digital technology from traditional (analogue) systems is a great challenge for the operators and for this reason must be implemented gradually with a migration concept adapted to the respective operator.

LITERATURE

The work is based on internal documentation, which is the property of Yunex Traffic and is partly publicly available.

- [1] Yunex Traffic (2024), Traffic Management – Connected Mobility Solutions, [Internet] Available at: Connected Mobility Solutions - Yunex Traffic
- [2] Yunex Traffic (2024), Advanced Traffic Management, [Internet] Available at: Advanced Traffic Management - Yutrafic Concert - Yunex Traffic
- [3] Yunex Traffic (2024), *Traffic Management – Connected Mobility Solutions*, [Internet] Available at: [Vehicle2X Communication - Yunex Traffic](#)

Digitalizacija putne infrastrukture – V2X tehnologija

Rezime: Digitalizacija putne infrastrukture će biti od suštinskog značaja za mobilnost u budućnosti. Inteligentne komunikacione tehnologije povezuju učesnike u saobraćaju sa infrastrukturom. Osnovni cilj ovog rada je da opiše dostupne tehnologije u ovoj oblasti, posebno imajući u vidu da C-ITS ima potencijal za povećanje bezbednosti i efikasnosti na putevima uz smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu, sa pozitivnim uticajem na kvalitet života u gradovima, a i između njih. Povećanje umrežavanja i sveobuhvatna razmena podataka između učesnika u saobraćaju i infrastrukture su osnovni elementi za budućnost mobilnosti. V2X (vozilo i infrastruktura) komunikaciona tehnologija omogućava aplikacijama da povećaju bezbednost saobraćaja, optimizuju protok saobraćaja i smanje negativne uticaje na životnu sredinu uz poštovanje najnovijih IT bezbednosnih standarda. Putem V2X tehnologije, vozila komuniciraju sa infrastrukturom na svakoj lokaciji i kooperativnim sistemima za upravljanje saobraćajem. Benefite od ove tehnologije nemaju samo vozila, već i drugi učesnici u saobraćaju. Treba istaći intermodalno umrežavanje saobraćaja, posebno javnog prevoza, što omogućava različite slučajeve upotrebe V2X. Uvođenje V2X komunikacije je sastavni element globalne strategije upravljanja saobraćajem i testirano je, sa dokazanim pozitivnim uticajem, u brojnim istraživanjima. U budućnosti će ove komponente činiti osnovu za autonomnu vožnju. Zemlje treba da promovišu razvoj inovativne i digitalne infrastrukture kroz strategije digitalizacije.

Ključne reči: C-ITS, V2X, digitalizacija, bezbednost saobraćaja, tehnologija komunikacije

Обновљиви извори енергије у служби техничког регулисања саобраћаја (светлосна саобраћајна сигнализација – семафори на соларно напајање)

Миладин Милошевић дипл.инж.машинства, извршни директор фирме „Laterne Control” доо, laterne.control@gmail.com

Весна Павловић-Костић, дипл.инж.саобраћаја, саветник за послове саобраћаја у Општинској управи општине Топола, poslovi.saobracaja@topola.com

Резиме: Брига о животној средини је приоритет од свеукупног значаја за друштво, а подразумева скуп различитих мера и поступака који спречавају угрожавање животне средине, са циљем очувања биолошке равнотеже. Здрава животна средина је основ за очување људске егзистенције, здравог развоја друштва и битан је фактор за ниво живота становништва. Нове технологије из обновљивих извора енергије имају врло важну улогу у смањењу емисије штетних гасова у атмосферу и загађењу животне средине, а са друге стране су енергетски прихватљиви и постају конкурентни конвенционалним изворима енергије. Имајући у виду значај и обим саобраћаја у функционисању сваке земље, као и штетне последице које из њега произилазе, једна од нових технологија која се обрађује у овом раду, а која се већ примењује у свету, јесте коришћење уређаја на соларно напајање за регулисање и управљање саобраћајем. Циљ рада јесте приближити надлежнима, који се баве организацијом и управљањем саобраћајем у Републици Србији, нове технологије и предности које оне доносе.

Кључне речи: заштита животне средине, обновљиви извори енергије, насеље, градска мрежа, савремена саобраћајна опрема, безбедност;

1 УВОД

Обновљиви извори енергије (ОИЕ) су једна од области која је доживела највећи развитак у последњих десет година. [1]

Обновљиви извори енергије (ОИЕ) представљају неисцрпне изворе енергије из природе који се обнављају у одређеном временском интервалу, у целости или делимично. ОИЕ се експлоатишу за производњу електричне, топлотне и механичке енергије, а њихова значајна одржива карактеристика јесте нешкодљивост за околину, са смањеном или редукованом емисијом угљен диоксида у процесу производње енергије. [1]

Епитет „обновљиви”, ови извори дугују чињеници да се енергија троши у износу који не премашује брзину којом се она ствара у природи. [2]

Развој обновљивих извора енергије поготово од Сунца, ветра, воде и биомасе је веома важан, јер ови извори енергије значајно смањују емисије угљен диоксида (CO₂) у атмосферу, а у исто време помажу одрживост енергетског система једне земље и њену енергетску независност. [2]

Климатске промене су највећи изазов 21. века, а борба против њих постала је међународна обавеза за скоро све државе у свету, које су се обавезале да спрече повећање просечне температуре на планети Земљи за 2°C у односу на преиндустријски период, као и да смање емисију штетних гасова са ефектом стаклене баште у 2030. години за 45% у односу на емисије из 2010. године. Европа је поставила амбициозан план-нулта емисија штетних гасова до 2050. године. [1]

Република Србија прати европски и светски тренд у овој области. Прво је, 2013. године донет Национални акциони план за коришћење обновљивих извора енергије. Затим је у фебруару 2021. године основано Удружење обновљиви извори енергије Србије (ОИЕ Србија) уз подршку Европске банке за обнову и развој, а у марту 2021. године је усвојен Закон о коришћењу обновљивих извора енергије („Сл. Гласник РС”, бр. 40/2021 и 35/2023) којим се уређује коришћење енергије из обновљивих извора у јавном интересу Републике Србије. [1,3]

У последњој деценији, настоји се од стране надлежних, да се нове ОИЕ технологије приближе свим сегментима друштва.

Соларна енергија је једини ресурс који је у изобиљу доступан, и налази се свуда у свету. Стога је развој технологија за прикупљање и коришћење соларне енергије у овој области од приоритетног значаја.

Соларни системи који претварају сунчеву светлост у електричну енергију, већ деценијама су основа обновљиве енергије. У ранијем периоду углавном су се користили за напајање објеката без приступа напајању од стране дистрибутивне мреже (викендице, телекомунациони објекти на удаљеним локацијама, у пољопривреди за напајање пумпи за воду и сл.), али се у новије време све више користе на објектима који су прикључени на електродистрибутивну мрежу, у циљу уштеде енергије. Димензионишу се у зависности од снаге жељених потрошача и аутономије рада. Широка је могућност примене ових система и за напајање уређаја којима се врши управљање, регулисање и контрола саобраћаја. [4]

2 КАРАКТЕРИСТИКЕ СЕМАФОРА НА СОЛАРНО НАПАЈАЊЕ ЗА РЕГУЛИСАЊЕ САОБРАЋАЈА У НАСЕЉЕНИМ МЕСТИМА

Семафори на соларно напајање користе соларну енергију за рад, што их чини еколошки прихватљивим и енергетски ефикасним решењем за регулисање саобраћаја.

Први семафор који користи соларну енергију постављен је у Москви, објављено је 2017. године. Семафори који користе алтернативне изворе енергије били су сјајно решење у организацији саобраћаја у удаљеним деловима Москве, где је било проблематично спојити ове објекте на градске изворе струје. Тај нови систем укључивао је два независна извора енергије, а то су генератор ветра и соларна батерија, тако да је напајање било могуће не само лети, већ и у току облачних, зимских дана. [5]

Данас, семафори са соларним погоном и соларни саобраћајни знаци постају распрострањенији широм света јер су енергетски ефикасни, погодни за животну средину и захтевају минимално одржавање.

Семафори на соларно напајање имају компактну и устаљену конструкцију (састављена од пет основних компоненти и то: контролног уређаја, ЛЕД лантерни, соларних панела, батерије, и семафорског стуба), која се може лако монтирати и демонтирати уз поштовање и праћење приложене техничке документације и упутства произвођача.

Изузетно лако се уклапају у урбане градске садржаје, без потребе за копањем ровова и „повређивањем“ горњих завршних слојева саобраћајница и тротоара, без полагања инсталација, жичаних или електро радова, и као такви, савршени су за безбедност на путевима и за контролу саобраћаја.

Одликује их велика поузданост у раду. Током дана, користе напон директно од соларног панела, док се у исто време батерија може пунити како би семафор радио и ноћу. Додатна важна предност соларних семафора је да ће наставити да раде и услед нестанка струје и у таквим ванредним условима саобраћај ће бити контролисан (без прекида у раду као у случају нестанка електричне енергије, неповољних временских прилика-удара грома и сл...). [6]

Савремени материјали и компоненте које се сада користе у изради семафора (ЛЕД технологија), стављају акценат на добру видљивост сигналних светала из свих углова и у свим временским условима уз потрошњу струје 1W-7W при напону од 12V потпуно задовољење ЕН стандарда. [6]

Соларни семафори спадају у групу мањих потрошача, користе соларне панеле мале излазне снаге (до **200W**) и као такви раде на ниском напону од 12 волти, чиме су безбедни за употребу од стране пешака и свих других учесника у саобраћају. [6]

И на крају, оно што је најчешће захтев крајњих корисника, тј. градова и општина или субјеката којима су поверили управљање путевима и саобраћајем, јесте економичност соларних семафора, која се огледа пре свега у прихватљивим трошковима набавке и уградње, а затим једноставног и јефтиног одржавања уз ретку замену делова.

3 МИКРОЛОКАЦИЈЕ У НАСЕЉИМА ЗА ПРИМЕНУ СЕМАФОРА НА СОЛАРНО НАПАЈАЊЕ

Пролазак државних путева кроз насеље је један од најсложенијих и најчешћих саобраћајних и урбанистичких проблема великог броја градова и локалних самоуправа на територији Републике Србије.

Наиме, развој мањих места која немају статус града, почињао је углавном уз трасу неке државне саобраћајнице која пролази кроз то место. И тако су се главни урбани садржаји за потребе живота и рада становништва, а неретко и стамбене јединице, лоцирали тик уз ове саобраћајнице. Временом, неретко се дешава, да саобраћајница остане у својим оквирима и димензијама, а да садржаји уз њу све више расту.

Проблем се јавља, када се саобраћајница која је карактеристична за ванградску средину нађе у изграђеном урбаном ткиву насеља или града. Овакви случајеви се карактеришу као проласци државних путева кроз насеље и у Републици Србији су третирани чланом 6. Закона о путевима („Сл. Гласник РС”, бр. 41/2018, 95/2018-др.закон и 92/2023-др.закон). Али и поред законске регулативе, узрок развијања овог

проблема, јесте дуготрајно запостављање истог, као и недостатак упутстава, планске и пројектне документације а често и финансијска средства. [7,8]

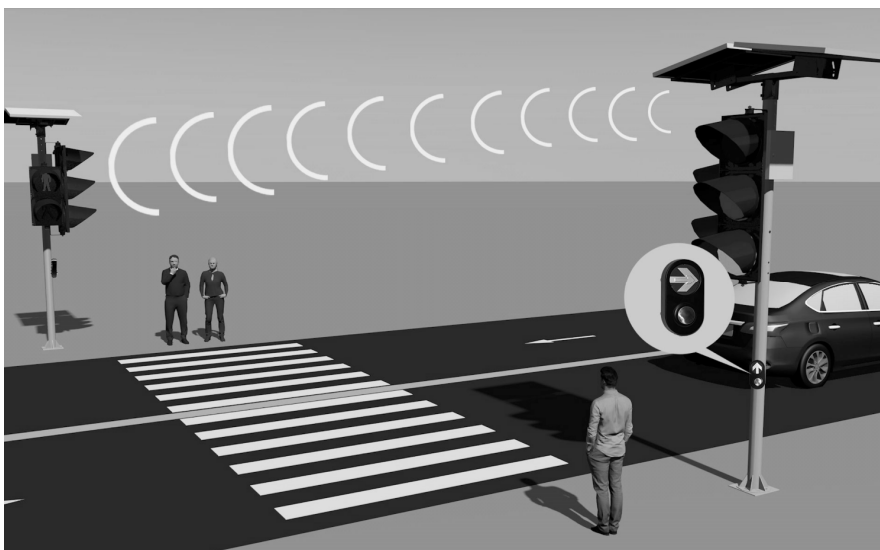
Проблеми који су карактеристични за пролазак државних путева кроз насеље су из домена заштите животне средине (загађења и неуређена простора) и из саобраћајног домена (негативан утицај на саобраћајни ток и небезбедност одвијања саобраћаја). При уласку у насеље, возачи су привикнути на услове и начин војње на ванградској деоници пута и уколико пут није адекватно третиран (пројектантски или на неки други начин), ово ће се негативно одразити на безбедност у саобраћају. У овом случају, основну функцију повезивања државног пута коју има изван изграђених подручја треба претворити у функцију опслуживања насеља, односно обезбеђивање приступа градским садржајима у близини пута. Ове две функције је немогуће истовремено постићи, па пројектовање оваквих саобраћајница подразумева проналажење компромиса и баланса између њих. [7]

Управо у овим ситуацијама, када је потребно „углавити“ средства за техничко регулисање саобраћаја у већ изграђене градске садржаје и омогућити комуникацију пешака са једне на другу страну транзитне саобраћнице у непосредној близини урбаних градских објеката (васпитно – образовног, спортског, здравственог, туристичког или трговинског карактера), оправдана је примена семафора на соларно напајање. Са једне стране, њихова једноставна конструкција омогућава монтирање без грубих земљаних радова и развођења електро инсталација, те се на тај начин скраћује време уградње. Са друге стране, семафор има за циљ да учини живот лакшим и безбеднијим за пешаке, па прелазак по потреби (додиром на пешачки тастер се активира црвени сигнал забране проласка возила) преко индивидуалног пешачког прелаза, пешацима обезбеђује високу безбедност приликом преласка, а у случајевима неисказане потребе за преласком, возила имају непрекидно зелено светло и нема непотребног успоровања и задржавања саобраћајног тока.

У насељима, друга врста локација на којима је оправдана и пожељна примена семафора на соларно напајање за регулисање прелаза пешака преко индивидуалних пешачких прелаза јесу фреквентне градске саобраћајнице, уз које су непосредно лоцирани градски садржаји код којих је повећан обим пешачког саобраћаја само у одређеним временским периодима дана, као што су близине школа, предшколских установа, аутобуских станица за међуградски превоз сл. /сл. 1./

И нарочито, приликом семафоризације нових раскрсница у насељима или реконструкције већ постојећих раскрсница регулисаних светлосним сигналимa чије напајање је обезбеђено са градске електродистрибутивне мреже, оправдано је увођење нових технологија и смислу рада ових уређаја на соларно напајање, јер се тако постиже њихова потпуна аутономија рада, уз високу безбедност регулисања саобраћаја у свим временским условима.

У сваком случају, потребно је да надлежни у градовима и локалним самоуправама, перманентно „ослушкују“ потребе становништва и да урбанистички развој насеља неизоставно прате саобраћајна решења која ће на адекватан начин опслужити нове садржаје и благовремено заштити све учеснике у саобраћају.



Слика 1. Илустрација семафора на соларно напајање за регулисање прелаза пешака преко индивидуалног пешачких прелаза

4 УПУТСТВА И ПРЕПОРУКЕ НАДЛЕЖНИМА ЗА ПРИМЕНУ СЕМАФОРА НА СОЛАРНО НАПАЈАЊЕ

Раскрснице регулисане светлосним сигнаlima су важан сегмент саобраћајне мреже у градовима и насељима.

Већину градова и локалних самоуправа у Републици Србији карактерише класичан изглед раскрсница, фиксни начин рада светлосних сигнала искључиво прикључених на дистрибутивну градску мрежу, уз прилично бојажљиво увођење савремених технологија и нове опреме, која осавремењује функционисање семафорисаних раскрсница.

Међутим, технолошка достигнућа током последње деценије омогућила су примену релативно јефтених и ефикасних решења која доприносе унапређењу рада светлосних сигнала и безбедности свих учесника у саобрају, нарочито пешака.

Циљ рада је да се кроз вредновање ефеката примене нових технологија помогне надлежнима и потенцијалним инвеститорима у процесу одлучивања, тј. да се створи основа за доношење информисаних одлука о имплементирању нових решења на раскрсницама регулисаним светлосним сигнаlima, као и њиховом увођењу у циљу заштите пешачких токова на транзитним и оптерећеним саобраћајницама у насељима.

Да би се примена нових технологија у рада семафора на соларно напајање правилно и у потпуности спровела, неопходно је у складу за законском процедуром, детаљно спровести и испратити све фазе неопходне за реализацију и то:

- дефинисање саобраћајно - техничких услова од стране управљача пута које треба да испуне ови уређаји у зависности од локације и потреба,
- детаљно дефинисање пројектног задатка од стране инвеститора,

- израда саобраћајног пројекта и других нивоа техничке документације у складу са законима и стандардима који дефинишу ову област, уз поштовање дефинисаних саобраћајно - техничких услова и пројектног задатка,
- прибављање сагласности од управљача пута, тј. да прихвата саобраћајни пројекат или други ниво техничке документације, у смислу да су испоштовани издати саобраћајно - технички услови,
- прибављање решења од надлежних институција (министарство за саобраћај за државне путеве или општински орган за саобраћај за локалну путну мрежу), којим се даје сагласност на израђену пројектно – техничку документацију и одобрава извођење радова у складу са пројектом и
- избор извођача и извођење радова уз поштовање саобраћајно - техничке документације, услова на локацији , упутстава произвођача ових уређаја и обавезно праћење од стране стручног надзора.

Треба нагласити и приближити надлежнима у градовима и локалним самоуправама, да само уз поштовање целокупне законске регулативе и дефинисаних корака у изради саобраћајно – техничке документације, могуће је спровести адекватно и безбедно регулисање саобраћаја на путној мрежи.

5 ЗАКЉУЧАК

Република Србија, као и остале земље у региону, данас је суочена са бројним еколошким проблемима који се у великој мери могу превазићи преласком на обновљиве изворе енергије у свим областима људског деловања, за шта је потребна пре свега велика политичка воља. Иако би ово у кратком року изискивало значајна јавна улагања, дугорочна корист зелене транзиције би немерљиво надмашила трошкове.

Саобраћај је једна од области у којој се са више аспеката посматра и циљано делује ка смањењу или редуковању штетности по околину, а такође и ка уштеди енергије, како би Србија постала чистија и богатија земља, способна да се окрене одрживом економском развоју који би био компатибилан са очувањем њене природе и здравља становништва.

Семафори на соларно напајање користе соларну енергију за рад, што их чини еколошки прихватљивим и енергетски ефикасним решењем за за управљање, регулисање и вођење саобраћаја.

Уколико се користе за регулисање преласка пешака преко индивидуалних пешачких прелаза на саобраћајницама у насељу, степен загађења околине и пешака на тротоарима од издувних гасова возила је далеко мањи. Такође, обезбеђују далеко већи степен сигурности пешака у односу на постојеће, до сада примењиване саобраћајне системе (успориваче саобраћаја, пешачка острва, успориваче брзине, саобраћајне знаке са радаром и дисплејом за читавање брзине возила и сл).

Из свега изнетог проистиче, да семафори на соларно напајање спадају у напредне системе у регулисању саобраћаја, још недовољно примењени на простору Републике Србије, који уз помоћ нове технологије, на поуздан, економичан, приступачан и еколошки прихватљив начин функционишу и управљају саобраћајем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] OIE Srbija, [https:// www.oie.rs/](https://www.oie.rs/)
- [2] Business Intelligence Review, интернет адреса: [https:// wwwbii.com/](https://www.bii.com/)
- [3] Закон о коришћењу обновљивих извора енергије („Сл. Гласник РС”, бр.40/2021 и 35/2023)
- [4] <https://www.solarni-paneli.co.rs/>
- [5] <https://www.energetskiportal.rs/>
- [6] Техничко упутство за соларне системе Laterne control – Sinowatcher Co. Ltd.2024.
- [7] Тасић С. (2022), Пројектовање пролаза путева кроз насеље, ТЕСИ 2022 Врњачка Бања
- [8] Закона о путевима („Сл. Гласник РС”, бр. 41/2018, 95/2018-др.закон и 92/2023-др.закон)

SUMMARY

Renewable energy sources in the service of technical traffic regulation (traffic light signaling – solar powered traffic lights)

Abstract: Caring for the environment is a priority of overall importance for society, and it implies a set of different measures and procedures that prevent the endangerment of the environment, with the aim of preserving the biological balance. A healthy environment is the basis for the preservation of human existence, the healthy development of society and it is an important factor for the standard of living of the population. New technologies from renewable energy sources play a very important role in reducing the emission of harmful gases into the atmosphere and environmental pollution, and on the other hand, they are energy-friendly and become competitive with conventional energy sources. Bearing in mind the importance and volume of traffic in the functioning of each country, as well as the harmful consequences that arise from it, one of the new technologies that is discussed in this paper, and which is already applied in the world, is the use of solar powered devices for regulation and management by traffic. The goal of the work is to bring new technologies and the advantages they bring to the authorities, who deal with the organization and management of traffic in the Republic of Serbia.

Key words: environmental protection, renewable energy sources, settlement, city network, modern traffic equipment, safety;

The Process of Identifying Road Sections and Locations for Installing Advisory Speed Signs

*Dragoslav Kukić, TSRD – Traffic Safety Research Development and AMSS-CMV
Research and development centre, Belgrade, kukicdragoslav@gmail.com
and kukicdragoslav@cmv.rs*

*Đorđe Stanislavljević, SAFEGE and TSRD – Traffic Safety Research Development,
Belgrade, djordje.stanisavljevic@suezconsulting.rs and djordjevr@gmail.com*

*Miloš Tučić, SAFEGE and TSRD – Traffic Safety Research Development, Belgrade,
milos.tucic@suezconsulting.rs and tucic.milos@gmail.com*

*Ognjen Čuljković, TSRD – Traffic Safety Research Development and AMSS-CMV
Istraživačko razvojni centar, Belgrade, ognjen.culjkovic@gmail.com*

Abstract: Changes in traffic flow, road profile, and other road elements, as well as changes in weather conditions, often result in dynamic changes in traffic flow, leading to a decrease in the level of service on roads. To improve traffic safety and better manage speeds on sections with specific technical and operational characteristics, as well as frequent changes in weather conditions, it is desirable to timely inform drivers about the necessary speed reduction. This type of information provision on roads can be achieved using advisory speed signs. When choosing an advisory speed sign, preference can be given to the so-called “smart (autonomous) traffic sign” for advisory speed, which addresses the “static” choice of advisory speed present in conventional traffic signs. The selection of locations for placing advisory speed signs plays a crucial role from the perspective of driver acceptance of the given information, which is challenging in situations where the credibility of the limited or advisory speed is lacking. Locations where it is desirable to place advisory speed signs are those that stand out due to their specific characteristics, which can be static (road characteristics) or dynamic (weather conditions or traffic flow conditions). This paper presents the procedure and process of identifying locations on roads where the placement of a smart advisory speed sign would have the most positive effect on the dynamic characteristics of traffic and traffic safety.

Key words: advisory speed, “smart traffic sign,” technical and operational characteristics, weather conditions

1 INTRODUCTION

Effective traffic management and road safety are critical components of modern transportation systems. One innovative approach to enhancing these aspects is the strategic placement of advisory speed signs. These signs provide drivers with advisory speeds helping to reduce accidents and improve traffic flow. The process of identifying road sections and locations for placing advisory speed signs is a comprehensive and data-driven approach to enhancing road safety and traffic management. In this paper, the

primary focus is on determining the macro-locations for placing advisory speed signs (road sections and segments).

However, determining the micro-location, i.e., the exact position of the sign, requires consideration of other aspects. The paper will also discuss a smart advisory speed sign that independently determines the safest recommended speed for current conditions, based on changes in weather, road characteristics and traffic flow.

When determining the micro-location, it is necessary to take into account the road alignment and cross-sectional profile (assess the road's physical characteristics, such as curves, slopes, and surface conditions) and also the time required to detect and recognize the sign, as well as the time needed for the driver to make a decision and react [1]. Areas with sharp curves, intersections, or other complex road features often require lower speeds than the mandatory speed limit. In these locations, advisory speed limits can have a significant impact on improving road safety.

Advisory speed signs should be placed to provide adequate perception-reaction time. When installing advisory speed signs, it is also important to consider the vehicle's speed and the distance before which the driver needs to be warned about the recommended speed, ensuring the driver has enough time to adjust the vehicle's speed. One of models suggest that advisory speed signs should be placed farther from the start of alignment changes at higher speeds to provide adequate reaction time, while closer placement is recommended when advisory speeds are within 30km/h of the approach speed [2].

2 SMART TRAFFIC SIGN FOR ADVISORY SPEED

A smart traffic sign for advisory speed can be defined as a complex system of elements that independently collects data on current road conditions, weather, and traffic flow. It processes the collected data and, using fuzzy logic, autonomously determines the safest vehicle speed for the current conditions, adhering to the latest scientific achievements and industry standards [3]. Fuzzy logic is one technique that is an effective way to deal with qualitative terms, linguistic vagueness, and human intervention [4]. The evolution of fuzzy logic controlling systems came to the more complex, more adaptive, and more intelligent frameworks that allow not only the use of fuzzy logic but also the combination with real-time data and optimization using, for example, genetic algorithms and neural networks [5].

A smart traffic sign for advisory speed continuously monitors the surrounding conditions (road surface state, weather conditions, and traffic flow) using its associated devices (sensors). It independently analyses the data obtained from the sensors, determines the safest speed for the current conditions, and locally informs traffic participants of the safest speed they can travel under the current conditions via a variable message sign, without central control or human assistance.

Safe traffic operations and driver behavior during rainfall, fog, or other adverse weather conditions present a highly complex issue. In such situations, the amount of information a driver receives from the environment decreases, making it difficult for the driver to determine and adjust their speed appropriately. By leveraging modern technology and real-time data, smart traffic signs for advisory speed provide a dynamic solution that can adapt to changing conditions, ultimately leading to safer and more efficient roads.

When adverse driving conditions arise (e.g., heavy rain combined with reduced visibility, strong winds, and traffic congestion), the smart traffic sign autonomously calculates and reduces the recommended speed for the current driving conditions. Then, when driving conditions improve, the smart traffic sign increases the recommended speed value in accordance with the current traffic conditions.



Figure 1. Smart Traffic Sign for Advisory Speed

A smart traffic sign is most effective on road sections where driving conditions frequently change (such as fog, rain, ice, strong wind gusts, frequent traffic jams, etc.). These are primarily high-risk sections where the most common types of traffic accidents are head-on collisions and vehicles running off the road. Examples include sections in gorges and valleys, viaducts, and roads alongside rivers. In urban areas, these include sections on bridges, boulevards, or streets near rivers [6].

3 DETERMINING LOCATIONS FOR INSTALLING ADVISORY SPEED SIGNS

Whether an advisory speed sign will fulfil its purpose and its goal depends on the places and sections where it will be installed. The primary effects of an advisory speed sign are reflected in the improvement of traffic safety by reducing the number of traffic accidents which occur due to vehicles traveling at speeds not adapted to current conditions. Changes in weather conditions such as rain, fog, sleet, snow, etc., not only reduce visibility but also affect the road surface characteristics, leading to a decrease in the friction coefficient. Combined with traffic congestion, these factors create extremely unfavourable driving conditions.

When determining locations for installing advisory speed signs, it is necessary to consider available data on traffic accidents caused by poor driving conditions, risk mapping data, analysis of hazardous locations (black spots), traffic load data analysis, weather conditions prevailing on the section throughout the year, and expected road conditions based on available data. The process of identifying road sections and locations for installing advisory speed signs is based on specific analyses and criteria. The analyses that can be applied for selecting locations where the advisory speed sign will be installed include the following analyses.

Risk Mapping based on Road Assessment Program (Safety Characteristics Analysis): Evaluating the safety features of the road. Risk mapping based on the analysis of road safety characteristics is conducted using specialized vehicles equipped with GPS devices and cameras. The recorded road characteristics are then analysed and evaluated in digital form. When selecting locations for the implementation of advisory speed signs that recommend speed limits, priority is given to sections rated with the lowest values, which are assigned specific weighting factors in the final calculation. The reason for prioritizing these sections is that they possess certain unsafe characteristics that could lead to traffic accidents.

Risk Mapping based on Traffic Accident Data: Analysing traffic accidents and their consequences. Risk mapping based on data about traffic accidents and their consequences on road sections is conducted based on two types of risks:

- Collective risk, which includes the risk of casualties relative to the length of the observed road section.
- Individual risk, which includes the risk of casualties relative to the number of vehicle kilometres travelled on the observed road section.

Given the importance of this type of risk mapping in identifying parts of the road network with an increased risk of traffic accidents based on historical data about accidents and their consequences, it is crucial to include this analysis when deciding on which road sections to implement advisory speed signs.

Analysis of Hazardous Locations (“Black Spots”): Identifying areas with a high frequency of accidents. The identification of hazardous locations (black spots) belongs to the so-called reactive method of traffic safety improvement. This method involves identifying and addressing problems only after an undesirable event, such as a traffic accident, has occurred. Given the importance of this tool in identifying the most critical locations on the road and street network based on historical data about traffic accidents and their consequences, it is necessary to include this analysis when deciding on which road sections to implement advisory speed signs.

Analysis of Locations Recognized by Existing Software Solutions: For example, used by traffic police to direct speed control activities or other software used by road authorities or road safety agencies.

Traffic Load Data Analysis for the Last 3 Years: Assessing traffic volume and patterns. Many factors can influence the occurrence of traffic accidents, including vehicle flow, traffic density, traffic flow structure, road section length, geometric road characteristics, access control, pavement condition, lighting, and more. Traffic flow is most commonly expressed as the Average Annual Daily Traffic (AADT), which is a key indicator of road network load. It is calculated as the ratio of the total vehicle flow at a given location over a year to the number of days in the year. Many studies indicate that the number and consequences of traffic accidents depend on AADT, which is why it is important to consider this data when selecting locations for the installation of advisory speed signs.

Weather Conditions Analysis: Evaluating wind, rain, fog, etc., throughout the year (monthly, seasonally) and expected road conditions (ice, frost) based on available data. The impact of meteorological or weather conditions on traffic safety has been studied for many years worldwide.

Research indicates that during adverse weather conditions, friction between tires and the road surface decreases, visibility is reduced, and vehicle handling becomes more difficult. Studies also show that the number of traffic accidents increases during precipitation, especially at the onset of rain. Scandinavian studies have shown that unexpected snowfall, the first autumn snow, and precipitation after long dry periods significantly increase the risk of accidents, particularly those involving casualties. Due to the influence of meteorological conditions on the occurrence of traffic accidents, the implementation of advisory speed signs that can provide timely information on the optimal (safe) speed for given conditions based on collected, processed, and analysed environmental data is crucial. This would enable quality and timely driver information about the advisory speed under current weather and other hydrometeorological conditions prevailing on the road.

Road Infrastructure and Equipment Analysis: Considering the presence of elements for easy installation of smart traffic signs (sufficient shoulder/sidewalk width, presence of guardrails, etc.). When selecting micro-locations for the installation of smart traffic signs recommending speed limits on specific road sections, it is essential to analyse the presence of elements that facilitate the easy installation of these signs. This serves as an additional criterion for choosing locations for smart traffic signs, aiding in the precise positioning of the devices on the road section.

Energy Efficiency Analysis: Assessing the availability of electrical power or the possibility of using solar panels in areas without electrical power. Energy efficiency analysis is an additional criterion considered when selecting micro-locations for the installation of smart traffic signs for advisory speed on specific road sections.

To calculate the final score for selecting locations for the implementation of advisory speed signs, it is first necessary to assign appropriate weight coefficients to the defined indicators (criteria), which are then used to multiply the obtained scores of the criteria. Indicators (criteria) are results from the above-mentioned analyses. Based on the obtained final score of the section according to all defined criteria for selecting locations for the implementation of advisory speed signs, ranking needs to be performed to determine which road sections should first implement advisory speed sign.

The previously described analyses determine the macro-locations, i.e., road sections, where the placement of advisory speed signs would have the greatest effect. To determine the micro-locations, additional analyses are needed, including the examination of the road alignment and cross-sectional profile, to identify the exact positions for placing advisory speed signs. Proper placement of advisory speed signs is crucial for giving drivers adequate time to respond to changes in road alignment.

When determining the micro-location for placing signs, it is also necessary to consider the vehicle's speed and the time required for the driver to adjust the vehicle's speed. Advance placement of warning signs should be adjusted based on approach speed and the appropriate speed for negotiating hazards, with higher speeds requiring signs to be placed farther from the hazard [7]. Advisory speed signs should be placed considering drivers' visual characteristics and operating speeds, with specific thresholds for speed differentials based on curve radius [8].

4 CONCLUSIONS

By following this structured approach, advisory speed signs can be strategically placed to maximize their positive impact on road safety and traffic management. Determining advisory speeds is a multifaceted process that requires careful analysis of road characteristics, traffic patterns, and environmental conditions. By setting appropriate advisory speeds, road authorities can significantly reduce the risk of accidents.

To fulfill its purpose and achieve the greatest effects, advisory speed signs should be installed on sections where there is a real need. When determining locations for installing advisory speed signs, it is necessary to consider available data on traffic accidents caused by poor driving conditions, risk mapping data, analysis of hazardous locations (black spots), analysis of locations used by traffic police to monitor compliance with prescribed speed limits, analysis of traffic load data, analysis of weather conditions prevailing on the section throughout the year, and expected road conditions based on available data.

As technology advances, the use of smart traffic management systems will likely play an increasingly important role in this process. Implementing smart traffic signs for advisory speed that adjusts based on weather conditions, road and traffic conditions, road safety can be further enhanced by providing real-time information and recommendations to drivers. By conducting the aforementioned analyses, it is possible to identify locations where it is optimal to install smart traffic signs that generate advisory speeds based on collected parameters for current conditions.

REFERENCES

- [1] U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. (2023). Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways. 11th Edition.
- [2] Hawkins, H., Brimley, B., & Carlson, P. (2016). Updated Model for Advance Placement of Turn and Curve Warning Signs. *Transportation Research Record*, 2555, 111 – 119. <https://doi.org/10.3141/2555-15>.
- [3] Kucic, D., Stanisavljevic, Dj., Nojkovic, D., Tucic, M. 2022. Application of the "Fuzzy logic" in the decision-making process related to vehicle advisory speed. In proc. XIII Conference on traffic Engineering Techniques TESi. doi: <https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954585/TESi.2022.042>
- [4] Quddus, M., Noland, R., & Ochieng, W. (2006). A High Accuracy Fuzzy Logic Based Map Matching Algorithm for Road Transport. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 10, 103 – 115. <https://doi.org/10.1080/15472450600793560>.
- [5] Koukol, M., Zajčková, L., Marek, L., & Tucek, P. (2015). Fuzzy Logic in Traffic Engineering: A Review on Signal Control. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2015/979160>.
- [6] Kucic, D., Stanisavljevic, Dj., Nojkovic, D., Tucic, M. 2023. Methodology for determining locations for installation of smart traffic signs for advisory speed. In proc. XVIII International conference road safety in local communities.
- [7] Hawkins, H., Brimley, B., & Carlson, P. (2016). Updated Model for Advance Placement of Turn and Curve Warning Signs. *Transportation Research Record*, 2555, 111 – 119. <https://doi.org/10.3141/2555-15>.
- [8] Yu-long, H. (2011). Curve advisory speed signs setting for freeway at mountain area. *Journal of Chang'an University*.

Proces identifikacije deonica i lokacija na putevima za postavljanje saobraćajnih znakova za preporučenu brzinu

Rezime: Promene u saobraćajnom toku, putnom profilu i drugim putnim elementima, kao i promene u vremenskim uslovima, najčešće rezultiraju promenama dinamičkih uslova u saobraćajnom toku, koji zatim dovode do pada nivoa usluge na putevima. U cilju poboljšanja bezbednosti saobraćaja i kvalitetnijem upravljanju brzinama na deonicama gde su prisutne specifične tehničko eksploatacione karakteristike u odnosu na trasu pružanja puta, kao i u odnosu na česte promene vremenskih uslova u saobraćaju, poželjno je pravovremeno informisati vozače o potrebnom smanjenju brzine. Ovakav vid pružanja informacija na putevima može se postići primenom saobraćajnih znakova za preporučenu brzinu kretanja. U slučaju izbora saobraćajnog znaka za preporučenu brzinu kretanja, prednost možemo dati izboru tzv. „pametnog (autonomnog) saobraćajnog znaka“ za preporučenu brzinu kretanja, čijom primenom rešavamo „statičan“ izbor preporučene brzine, što je prisutno kod konvencionalnih saobraćajnih znakova. Izbor lokacija za postavljanje saobraćajnih znakova za preporučenu brzinu ima ključnu ulogu iz perspektive prihvatanja date informacije od strane vozača, što je otežano u situacijama kada ne postoji kredibilitet ograničene ili preporučene brzine kretanja. Mesta na kojima je poželjno postaviti saobraćajne znakove za preporučenu brzinu kretanja su mesta koja se ističu po svojim specifičnim karakteristikama, koje mogu biti statične (karakteristike puta) ili dinamičke (meteorološki uslovi ili uslovi u saobraćajnom toku). U radu je predstavljen postupak i proces identifikacije lokacija na putevima na kojima bi izbor postavljanja pametnog saobraćajnog znaka za preporučenu brzinu imao najveći pozitivan efekat na dinamičke karakteristike saobraćaja i bezbednost u saobraćaju.

Ključne reči: preporučena brzina, „pametni saobraćajni znak“, tehničko eksploatacione karakteristike, meteorološki uslovi

Plenarna sesija 2

SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE
izazovi i iskustva

Преглед и примена српских стандарда из области саобраћајног инжењерства и усаглашеност са регулативом

Јелена Кртенић, ЈП „Путеви Београда”, Београд, jelena.krtenic@putevibeograda.rs

Јелена Скоковић, „Институт за стандардизацију Србије”, Београд,
jelena.skokovic@iss.rs

Ана Трпковић, „Саобраћајни факултет”, Београд, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

Резиме: Коришћење стандарда и њихова примена сматра се саставним делом добре инжењерске и регулаторне праксе. Стандарди садрже захтеве, спецификације, смернице и карактеристике који се могу користити са циљем да осигурају да материјали, производи, процеси и услуге буду безбедни, са захтеваним нивоом квалитета и у складу са својом сврхом. У складу са домаћим прописима дефинисан је начин доношења, као и примена српских стандарда у области саобраћајног инжењерства, односно саобраћајне сигнализације и опреме пута. Генерално, српски стандарди су у надлежности „Института за стандардизацију Србије” (ИСС), односно одговарајућих стручних Комисија формираних у оквиру ИСС-а, где су поделе рада извршене пре свега у циљу лакшег праћења ове обимне области. Рад Комисија и доношење стандарда мора бити у складу са правним оквиром релевантног регулативом, а посебно Правилником о саобраћајној сигнализацији. Стандарди из области саобраћајног инжењерства обезбеђују детаљну техничку разраду прописане саобраћајне сигнализације и опреме, као и различитих процеса, што свакако представља неопходан обиман стручни део и није предмет прописа. Примена стандарда као обавезног алата у инжењерском раду чини његов нераскидив део, односно сматра се и саставним делом добре регулаторне примене прописа у циљу униформности и постизању једнообразног и захтеваног квалитета саобраћајне сигнализације и опреме у домаћој и иностраној пракси. У раду је дат преглед стандарда из области рада Комисија за стандарде Z226, Опрема пута, и Z204, Безбедност друмског саобраћаја и интелигентни транспортни систем, које се баве стандардизацијом у области саобраћајног инжењерства. Такође, дат је осврт на досадашњи рад у области стандардизације на овом пољу, као и правци даљег развоја и потреба за стандардима у саобраћајном инжењерству.

Кључне речи: „Институт за стандардизацију Србије”, српски стандард, саобраћајна сигнализација, прописи, усаглашеност, примена

1 УВОД

Добар начин да се додатно промовише и подржи коришћење стандарда у привреди и инжењерској пракси је да се у креирању јавне политике у некој области, употреба стандарда представи као обавезан алат у процесу дефинисања и примене релевантне регулативе.

Основна сврха стандарда је пре свега постизање униформности у раду и примени, са коначним циљем постизања утврђеног квалитета производа на домаћем и међународном тржишту на којем су конкурентне цене.

Стандарди су алат, односно подразумевају разрађивање бројних техничких детаља, који нису предмет прописа, јер би такав пропис био крајње „оптерећујућ” за кориснике који нису стручна лица. Такође, примена стандарда у било којој области није обавезујућа, све док је прописи не одреде као такву.

У области саобраћајне сигнализације, примена српских стандарда у складу са националним прописима је обавезна у саобраћајном инжењерству. Правилником о саобраћајној сигнализацији („Сл. гласник РС”, бр. 85/17, 14/21 и 21/24), односно чланом 4. прописано је да се техничке карактеристике саобраћајне сигнализације изводе у складу са српским стандардом, а усвојен европски стандард је такође српски стандард. Тренутно је у току измена овог прописа, где је усвојена иницијатива да се у „Институту за стандардизацију Србије” на званичној адреси објаве и редовно ажурирају сви српски стандарди у области саобраћајне сигнализације, што ће бити од велике користи свим заинтересованим странама у примени стандарда.

Саобраћајни инжењери који поседују лиценце, пре свега за пројектовање и извођење радова, као обавезан део програма за лиценцирање, морају показати знање у области познавања и примене српских стандарда.

Саобраћајни инжењери, као чланови Комисија за стандарде у области саобраћајног инжењерства при „Институту за стандардизацију Србије”, а већи број колега и са више деценијским радом у Комисијама ИСС-а, су својим дугогодишњим радом и искуством у струци у различитим областима саобраћаја и привреде, где се подразумева и примена стандарда. Такође, велики допринос раду Комисије, од њеног оснивања до данас, дале су колеге са Саобраћајног факултета Универзитета у Београду, где су се поставили темељи и развијали национални стандарди у предметној области. Узимајући активно учешће у раду релевантних Комисија и данас значајно доприносе својим радом, а индиректно и кроз едукацију студената, будућих саобраћајних инжењера. Може се са правом рећи да је Комисија кроз бројно чланство састављена од еминентних стручњака у области саобраћајног инжењерства који су упознати и са свим проблемима у пракси у имплементацији стандарда, те самим тим доприносе њеном стручном квалитету у раду.

Коришћење стандарда и њихова примена у области саобраћаја сматра се саставним делом добре регулаторне и инжењерске праксе, о чему ће детаљније бити речи у раду.

2 СРПСКИ СТАНДАРДИ

„Институт за стандардизацију Србије” је домаће тело надлежно за српске стандарде, доношење, измену, иновирање, усклађивање, ажурирање и сл.

Примарни задатак „Института за стандардизацију Србије”, као националног тела за стандарде, јесте да развија и одржава српске стандарде, уз могућност учешћа у развоју и одржавању европских и међународних стандарда. Он пружа услугу продаје српских стандарда, али и стандарда других земаља са којима има потписане уговоре о продаји, а поред тога, Сертификационо тело „Института за стандардизацију Србије” нуди услуге сертификације система менаџмента.

„Институт за стандардизацију Србије” је посвећен и едукацији о стандардима и њиховој примени, а у свету је препознат као пуноправна чланица међународних и европских организација за стандардизацију. Послује у складу са успостављеним интегрисаним системом менаџмента квалитетом и безбедности информација.

Стандарди су добровољни инструменти тржишта, јер одражавају актуелне потребе и стања на тржишту и управо из тог разлога корисницима пружају лакшу препознатљивост, поузданост и конкурентност производа, процеса или услуга на тржишту.

Насупрот томе, прописи који су у надлежности државних органа су обавезни за примену. У спречи важеће регулативе и стандарда, регулатива увек има предност над добровољном применом стандарда, што значи да се захтеви садржани у регулативи морају поштовати, без обзира на евентуално постојање строжих или блажих захтева у стандардима.

У суштини, стандарди су договорен начин између заинтересованих страна за постизање постављеног циља. Могу се односити на спецификације за производе, системе и услуге, методе испитивања, терминологију, захтеве за информацијама, интерфејсе и процесе.

Развијају се на отворен и транспарентан начин, а пре објављивања доступни су за коментарисање свим заинтересованим странама током трајања јавне расправе. Провера њихове адекватности врши се кроз систематско преиспитивање у периоду од највише 5 година.

2.1 Шта је српски стандард и ко га припрема?

Основа за доношење српских стандарда може бити међународни, европски или стандард других земаља, док посебан значај има развој изворних стандарда који су најзаступљенији у области саобраћајних знакова на путевима.

Српски стандард је стандард који је донео „Институт за стандардизацију Србије” (ИСС) – национално тело за стандардизацију у Републици Србији. Као основа за његово доношење користе се међународни или европски стандарди, национални стандарди других држава или се могу доносити изворни српски стандарди.

Ознака српског стандарда почиње скраћеницом SRPS док остали део ознаке указује на основу доношења. Посматрано практично, тумачење ознака у односу на основу доношења је следеће:

- SRPS EN или SRPS EN ISO – српски стандард настао преузимањем европског стандарда као идентичног, на српском или енглеском језику;
- SRPS ISO – српски стандард настао преузимањем међународног стандарда као идентичног, на српском или енглеском језику;
- SRPS (словна и бројчана ознака према српском стандарду SRPS A.A0.004) – српски стандард настао преузимањем националног стандарда друге државе, на српском или енглеском језику или изворни српски стандард на српском језику.

Припрема стандарда у ужим областима стандардизације одвија се у оквиру стручних тела ИСС-а која се називају Комисије за стандарде и сродне документе, скраћено Комисије за стандарде – KS. Свака комисија за стандарде има своју ознаку, назив и област рада, а формира се првенствено у делатностима где постоје стратешки, национално-економски интереси. У саставу Комисија за стандарде су

компетентни стручњаци које делегирају различите организације које су релевантне за одређену област стандардизације [1]. Рад Комисије за стандарде подржава основна начела стандардизације која се пре свега односе на право добровољног учешћа заинтересованих страна, консензусу заинтересованих страна и спречавању превладавања појединачних интереса над заједничким интересом заинтересованих страна. Управо из наведених разлога, веома је важно да у раду Комисије за стандарде буду заступљени представници што већег броја заинтересованих страна за предметну област (нпр. државни органи, тржишни надзор, произвођачи, увозници, образовне установе, струковна удружења, тела за оцењивање усаглашености, лабораторије за испитивања/еталонирања итд.) чиме се обезбеђује заступљеност широког спектра техничких гледишта, укључујући и она која се односе на друштвене и економске интересе.

Комисије за стандарде којима је у ужој области стандардизације саобраћајно инжењерство јесу следеће:

1. **KS Z226**, *Опрема пута*, чија је област рада подељена на још две поткомисије: **KS Z226/PKS 1**, *Опрема пута – Заштитне оградне на путевима и* **KS Z226/PKS 2**, *Опрема пута – Светлосна сигнализација на путевима*;
2. **KS Z204**, *Безбедност друмског саобраћаја и интелигентни транспортни системи*;
3. **KS P256**, *Примене на железници*;
4. **KS S020**, *Ваздухопловство*;
5. **KS R188**, *Бродоградња и поморске конструкције*;
6. **KS A331**, *Поштански саобраћај*;

У овом раду фокус је стављен на област рада **Комисија за стандарде KS Z226 и KS Z204**. Више информација о комисијама за стандарде, њиховој области рада, објављеним стандардима као и планираним и актуелним пројектима доступне су на веб-страни ИСС-а, www.iss.rs, падајући мени Стандардизација/Комисије за стандарде.

2.2 Преглед стандарда у области рада KS Z226 и KS Z204

Комисија за стандарде KS Z226, *Опрема пута*, са припадајућим поткомисијама KS Z226/PKS 1 и KS Z226/PKS 2 је једна од ретких у ИСС-у у којој се развија, објављује и одржава значајан број изворних српских стандарда, тачније њих 67. Ови стандарди настали су из потребе стручне јавности да се област саобраћајне сигнализације и опреме пута уреди на униформан начин са циљем постизања једнообразног и захтеваног квалитета.

Ови изворни стандарди груписани су у две класификационе групе, и то:

- Z.S2 – Опрема и инсталације за путеве, и
- U.S4 – Типизација путних, саобраћајних грађевинских објеката и конструкција; саобраћајни знакови.

Групу Z.S2 чини 44 стандарда који се највећим делом односе на графичко представљање, облик и мере као и техничке услове за саобраћајне знакове на путевима. Неки од стандарда из ове групе су: SRPS Z.S2.300:2020, *Саобраћајни знакови на путевима — Технички услови*; SRPS Z.S2.308:2020, *Саобраћајни знакови на путевима — Допунске табле — Технички услови*; SRPS Z.S2.238:2016, *Уздигнуте*

ознаке на коловозу – Маркери – Технички услови; SRPS Z.S2.301:2020, Саобраћајни знакови на путевима — Знакови опасности — Графичко представљање итд.

Групу U.S4 чини 23 стандарда која се највећим делом односе на ознаке на коловозу: уздужне, попречне и остале ознаке. У стандардима SRPS U.S4.201, SRPS U.S4.202, SRPS U.S4.203 и SRPS U.S4.204 дефинисани су облик и величина латиничних и ћириличних слова и бројки нормалне ширине као и уских латиничних и ћириличних слова и бројки, који служе за натписе на саобраћајним знацима. Поред ових стандарда треба поменути и три стандарда за заштитне жичане оgrade која су у поступку иновирања, SRPS U.S4.102, SRPS U.S4.106 и SRPS U.S4.112.

Сви изворни стандарди се периодично преиспитују на највише 5 година, ради утврђивања њихове адекватности, усаглашености са изменама прописа (ако их је било) или усклађивања са техничко-технолошким развојем на тржишту.

Такође, када постоји потреба, предлог за израду новог изворног стандарда или измену постојећег, поред комисије за стандарде, стручног савета надлежног за одговарајућу област стандардизације или државних органа Републике Србије, може доставити било која заинтересована страна тј. било које правно или физичко лице. Оправданост предлога за нови пројекат процењује надлежна комисија за стандарде, ако постоји, а у супротном, надлежни стручни савет. Највећи изазов у реализацији нових пројеката изворних стандарда јесте расположивост и доступност стручњака који ће учествовати у реализацији пројекта јер је чланство у комисијама за стандарде на добровољној основи.

Поред припреме и одржавања изворних стандарда, KS Z226 са припадајућим поткомисијама KS Z226/PKS 1 и KS Z226/PKS 2 преузима као српске стандарде све европске стандарде које доноси технички комитет CEN/TC 226, *Опрема пута*. Ови стандарди односе се на:

- хармонизоване европске спецификације (хармонизоване стандарде тј. српске стандарде којима су преузети хармонизовани стандарди) за фиксне, вертикалне саобраћајне знакове на путевима (серија стандарда SRPS EN 12899, делови од 1 до 3), знакове са изменљивим садржајем порука (SRPS EN 12966), екране против заслепљивања возача на путевима (SRPS EN 12966-1), системе за задржавање на путевима (SRPS EN 1317-5), материјале за обележавање пута (SRPS EN 1423 и SRPS EN 1463-1), лантерне (SRPS EN 12368) и светлосне уређаје за упозорење и безбедност (SRPS EN 12352). Ови стандарди су подршка примени Закона о грађевинским производима, на домаћем тржишту као и Уредбе о грађевинским производима бр. 305/2011, на европском тржишту.
- методе испитивања за верификовање карактеристика успостављених у стандардима за спецификације.

Комисија за стандарде KS Z204, *Безбедност друмског саобраћаја и интелигентни транспортни системи*, у свом предмету рада има више од 200 стандарда и сродних докумената (техничких спецификација и техничких извештаја) који се односе на интелигентне транспортне системе (е-безбедност, спецификације за размену података DATEX II које се користе за управљање саобраћајем и информисање, интерфејси података који се размењују између центара за информације о транспорту и управљачких система, саобраћајне и путничке информације путем

кодирања саобраћајних порука итд.), кооперативне интелигентне транспортне системе, електронске системе наплате и сервисни интерфејс за информације у реалном времену које се односе на рад јавног превоза.

Један од стандарда система менаџмента који припада KS Z204, а односи се на систем управљања безбедношћу друмског саобраћаја (БДС) јесте SRPS ISO 39001, *Системи управљања безбедношћу друмског саобраћаја (БДС) — Захтеви са упутствима за употребу*. Испуњавањем захтева из овог стандарда организација може да утиче на смањење погинулих и тешко повређених у незгодама у друмском саобраћају у мери у којој то омогућава њено деловање у систему друмског саобраћаја.

Комисија за стандарде Z226, Опрема пута, која се бави стандардизацијом у области опреме пута је једна од најбројних у „Институту за стандардизацију Србије” што говори о важности и развијености ове области. „Институт за стандардизацију Србије” обезбеђује бесплатан приступ нацртима стандарда на јавној расправи на свом веб-сајту.

Више информација о стандардима и сродним документима, као и преглед српских стандарда у области рада **KS Z226 и KS Z204**, доступан је у јединственом документу на веб-сајту Института за стандардизацију Србије: www.iss.rs. Овај преглед је у сталном процесу ажурирања и од велике помоћи код информисања о последњим издањима стандарда, у поступцима јавних набавки предузећа приликом позивања на важеће српске стандарде, код писања пројектних задатака, у изради техничке документације и вршења техничке контроле исте и сл.

3 ПРАВНИ ОКВИР

Један од законских начина за давање правног оквира примени стандарда, а којим располаже државни орган, јесте тај да се прописи темеље на стандардима, или да се у пропису позива на стандард како би пропис био потпунији. [2] Државни орган одлучује да ли ће и на који начин да се „ослони” на стандарде.

Позитивна страна позивања на стандарде у пропису огледа се у томе да се пропис, у већој или мањој мери, ослобађа исцрпних техничких одредби и детаља који су неопходни, а за које је стандаризовање прикладније, управо због начина на који се врши усаглашавање најбољег решења међу заинтересованим странама (одлучивање консензусом) и каснијег преиспитивања (одржавања) услед техничког развоја и промене услова.

У области саобраћајног инжењерства друмског саобраћаја, крајњи циљ прописа је примена јасне и недвосмислене саобраћајне сигнализације, узимајући у обзир сву релевантну регулативу и њихову хијерархију (чињеницу да су међународни прописи, тј. у овом случају „Бечка конвенција”, у хијерархији прописа изнад домаћих).

3.1 Хијерархија прописа у Републици Србији

- Међународне Конвенције;
- Устав Републике Србије;
- Закони (директиве Европске уније су примењене у Законима);
- Подзаконска акта.

Узимајући у обзир чињеницу да се саобраћајна сигнализација сматра саставним делом пута, **крвни прописи којима се уређују области саобраћаја и грађевинарства су:**

- **Закон о планирању и изградњи** („Сл. гласник РС”, бр. 72/2009, 81/2009-испр., ...и 52/2021 и 62/23)
- **Закон о грађевинским производима** („Сл. гласник РС”, бр. 83/2018);
- **Закон о путевима** („Сл. гласник РС”, бр. 41/18, 95/18-др. закон и 92/23-др.закон)
- **Закон о безбедности саобраћаја на путевима** („Сл. гласник РС”, бр. 41/09, 53/10, 101/11, 32/13-одлука УС, 55/14, 96/15-др.закон, 9/16-одлука УС, 24/18, 41/18-др. закон, 87/18, 23/19, 128/2020-др. закон и 76/23)
- **Правилник о саобраћајној сигнализацији** („Сл. гласник РС”, бр. 85/2017, 14/2021 и 21/24).

Правилник о саобраћајној сигнализацији је намењен бројним категоријама: учесницима у саобраћају, органима у раду (МУП, инспекција за путеве, комунална полиција и др.), пројектантима, надзорним органима, извођачима радова, управљачима пута, произвођачима саобраћајне сигнализације, лабораторијама за испитивање квалитета и сл.

Све детаље у вези са саобраћајном сигнализацијом, а који су саставни део српског стандарда, није неопходно да познају сви корисници прописа, већ они у чијем раду су српски стандарди алат за рад. Као пример за напред наведено, а у вези са једним елементом саобраћајне сигнализације – саобраћајним знаком, где се у Правилнику о саобраћајној сигнализацији возачу даје приказ изгледа и значења саобраћајног знака, али бројни детаљи: димензије, боје, начин постављања, класа материјала, висина слова, пиктограми, стрелице, писмо, механичка отпорност и сл., подразумевају примену великог броја српских стандарда, што важи и за сваку другу саобраћајну сигнализацију и њих није неопходно да познаје возач, већ саобраћајни инжењер као алат за рад и примену прописа у раду.

Саобраћајна сигнализација је и грађевински производ, тако да се иста ближе уређује и са прописима који ближе уређују грађевински производ. У измени и допуни Правилника о саобраћајној сигнализацији је дат предлог да се покрене израда Правилника у складу са Законом о грађевинским производима („Сл. гласник РС”, бр. 83/18) којим би се додатно дао значајан допринос у утврђивању критеријума у вези са квалитетом саобраћајне сигнализације, који подразумевају и услове које морају да испуњавају лабораторије које се баве испитивањем саобраћајне сигнализације, поштујући принцип да критеријуми не фаворизују одређена предузећа, већ да су исти за све субјекте у овим пословима.

Такође, у измени и допуни Правилника о саобраћајној сигнализацији, која је у току, договорено је да се у предметном пропису не наводе посебна издања српских стандарда, јер би се њиховим ажурирањем морао мењати пропис, већ да ће „Институт за стандардизацију Србије” активно ажурирати попис свих српских стандарда који ће бити доступан на увид заинтересованим странама на званичном сајту и значајно допринети у раду свих корисника стандарда.

4 ЗНАЧАЈ СРПСКИХ СТАНДАРДА

Значај српских стандарда од оснивања Комисије за стандарде се стално истиче и промовише, учешћем чланова Комисије за стандарде у бројним Радним групама за измене и допуне прописа, као и на бројним стручним скуповима у различитим организацијама.

У периоду од последње одржане „Конференције о техникама саобраћајног инжењерства ТЕСИ“, одржане 2022. године, одржана су два стручна скупа у организацији произвођача саобраћајне сигнализације, на којима су биле и теме у вези са српским стандардима, а на којима су учешће у раду узели и чланови Комисија за стандарде.

Домаћи произвођачи саобраћајне сигнализације, кроз српске стандарде дефинишу критеријуме и услове за набавку материјала, опреме и др., када исте поручују од других произвођача, који могу бити и инострани, тј. са међународног тржишта по повољним ценама, чиме добијају финални производ саобраћајну сигнализацију у складу са прописима. Исто тако, уколико сами продају материјал, опрему и саобраћајну сигнализацију на међународном тржишту, уколико је испоштован српски стандард, постају конкурентни и изабрани, када су њихове цене мање од међународних, чиме доприносе бољем пословном успеху.

5 ЗАКЉУЧАК

Стандарди из области саобраћајног инжењерства, посебно изворни српски стандарди, обезбеђују детаљну техничку разраду прописане саобраћајне сигнализације и опреме, као и различитих процеса, што свакако представља обиман стручни материјал и није предмет прописа. У том смислу, може се рећи да стандарди „растеређују“ пропис у техничким деловима који су обавезујући алат намењен стручним корисницима у обављању њихових инжењерских послова, а који са друге стране није неопходан осталим корисницима прописа у општој употреби и разумевању.

Комисије при „Институту за стандардизацију“ настављају са радом на развоју, доношењу нових, ажурирању постојећих српских стандарда и као последица измене и допуне прописа, кроз залагање и стручно искуство у циљу постизања и одржавања квалитета српског стандарда.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] „Институт за стандардизацију Србије“ (2021) Интерна правила стандардизације – Део 2: Образовање и рад комисија за стандарде и сродне документе, 5, 8-12, доступно на линку: 4608 (iss.rs)
- [2] „Институт за стандардизацију Србије“ (2001) CENELEC GUIDE 3, Међусобна повезаност прописа и стандарда – Део 1: Позивање на стандарде – Основни начини примене Део 2: Хармонизација прописа и позивање на стандарде 5.1, 3, доступно на линку: Microsoft Word - CEN-CENELEC Guide 3.doc (iss.rs)
- [3] Правилник о саобраћајној сигнализацији („Сл. гласник РС”, бр. 85/2017, 14/2021 и 21/24)

SUMMARY**Review and Application of Serbian Standards in the Field of Traffic Engineering and Regulatory Compliance**

Abstract: Standards play a crucial role in ensuring good engineering and regulatory practices. They include requirements, specifications, guidelines, and characteristics that help guarantee the safety, quality, and suitability of materials, products, processes, and services. In Serbia, the approval and implementation of standards related to traffic engineering, such as traffic signals and road equipment, are governed by domestic regulations. The "Institute for Standardization of Serbia" oversees Serbian standards, and expert commissions within the institute are responsible for their development. This division of work aims to facilitate efficient oversight of this vast area. The development and approval of standards must comply with relevant laws and legislation, particularly the Rulebook on Traffic Signals. Standards in the field of traffic engineering offer detailed technical specifications for prescribed traffic signals and road equipment, as well as various processes. This technical aspect is essential and not subject to regulations. The application of standards as a mandatory tool in engineering work is an inseparable part of it, and it is considered an integral part of the good regulatory application of regulations with the aim of uniformity and achieving the uniform and required quality of traffic signaling and equipment in domestic and foreign practice. The paper provides an overview of standards from the area of work of the Commission for Standards Z226, Road equipment, and Z204, Road traffic safety and intelligent transport system, which deal with standardization in the field of traffic engineering. An overview of the previous work in the area of standardization in this field is also given, as well as directions for further development and the need for standards in traffic engineering.

Key words: „Institute for Standardization of Serbia”, Serbian standards, traffic signalization, regulations, harmonization

Nedostaci srpskih standarda za putokaznu signalizaciju

Dragan Nićiforović, Saobraćajni institut CIP d.o.o., Beograd, dragan.niciforovic@sicip.co.rs

Rezime: Projektovanje putokazne signalizacije na državnim putevima u Republici Srbiji kroz vreme postaje sve složeniji proces sa razvojem putne mreže. U Republici Srbiji još uvek nisu dovoljno jasno definisani i uređeni standardi u oblasti putokazne signalizacije i pored nastojanja upravljača puta i ostalih relevantnih činilaca da se sprovedu izmene saobraćajnih propisa. Nedostaci u standardima za izradu putokazne signalizacije uzrokuju najviše problema kako projektantima tako i proizvođači saobraćajne signalizacije i opreme. U ovom radu biće dat osvrt na probleme koji su uočeni u domaćim standardima uz određene primere iz prakse i eventualna rešenja koja bi mogla da se implementiraju.

Ključne reči: putokazna signalizacija, standardi, propisi

1 UVOD

Putokazna signalizacija u okviru sistema saobraćajne signalizacije ne bi imala smisla, bez postojanja i primene odgovarajućih standarda vezanih za ovu oblast.

Za svako projektovanje, pa i projektovanje saobraćajne signalizacije, postoje definisana pravila, pravilnici, standardi, tehnička uputstva i ostali važeći propisi. Standardi podrazumevaju dokumenta kojima se utvrđuju pravila, smernice ili karakteristike za određene aktivnosti ili njihove rezultate radi ostvarivanja optimalnog rada u određenoj oblasti. Za saobraćajnu signalizaciju to znači definisanje oblika, veličine i sadržaja saobraćajnih znakova kao i međusobni odnos elemenata na licu saobraćajnog znaka, kao i njegovog ukupnog kvaliteta.

I pored unapređenja i izmena standarda tokom proteklih godina, svedoci smo da se na putevima još uvek nailazi na veliki broj znakova koji po elementima ne odgovaraju važećim standardima i Pravilniku o saobraćajnoj signalizaciji. To ukazuje na nedoslednu primenu u pogledu projektovanja i izrade saobraćajnih znakova za vođenje saobraćaja, koji predstavljaju važan faktor u pružanju informacija vozačima na putu.

2 POSTOJEĆE STANJE

Postojeća regulativa, kako u prošlosti tako i danas, je prilično neizmenjena kada je reč o konvencionalnim rešenjima projektovanja putokazne signalizacije. Takav princip je u velikoj meri još uvek prisutan uz manje izmene i neka potencijalno nova rešenja, čija je primena još uvek u fazi pilot projekata, imajući u vidu da se kasni sa izmenama važećih propisa iz ove oblasti.

Kao regulatorni osnov za izradu projekata saobraćajne signalizacije se i dalje koristi važeća legislativa – Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, Zakon o putevima, Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji, Pravilnik o načinu regulisanja saobraćaja na putevima u zoni radova, Tehnička preporuka za označavanje radova na putu, važeći standardi i razna druga uputstva i propisi iz oblasti saobraćaja. Najvažniji dokumenat na koji se

„naslanjaju” važeći srpski standardi iz oblasti saobraćajne signalizacije jeste Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji. Kada govorimo o važećim standardima treba imati na umu da su srpski standardi (SRPS) nastali iz jugoslovenskih standarda (JUS), kako za putokaznu signalizaciju tako i za druge oblasti u okviru saobraćajne signalizacije.

Važeći srpski standardi koji se primenjuju za projektovanje i izradu znakova za vođenje saobraćaja na putevima u Republici Srbiji su:

- SRPS U.S4.201:2005, *Saobraćajni znakovi na putevima – Latinično pismo i brojke normalne širine za saobraćajne znakove – Oblik i veličine*
- SRPS U.S4.202:2005, *Saobraćajni znakovi na putevima – Latinično usko pismo i brojke za saobraćajne znakove – Oblik i veličine*
- SRPS U.S4.203:2005, *Saobraćajni znakovi na putevima – Ćirilичno pismo i brojke normalneirine za saobraćajne znakove – Oblik i veličine*
- SRPS U.S4.204:2005, *Saobraćajni znakovi na putevima – Ćirilичno usko pismo i brojke za saobraćajne znakove – Oblik i veličine*
- SRPS Z.S2.313:2013, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja za vođenje saobraćaja u zoni raskrsnice*
- SRPS Z.S2.314:2014, *Saobraćajni znakovi na putevima – Strelasti putokazi i putokazne table – Oblik i mere*
- SRPS Z.S2.315:2014, *Saobraćajni znakovi na putevima – Saobraćajni znakovi za vođenje saobraćaja na auto-putevima i putevima sa raskrsnicama u više nivoa – Oblik i mere*
- SRPS Z.S2.316:2014, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Potvrda pravca – Oblik i mere*
- SRPS Z.S2.317:2014, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Raskrsnica – Grafičko predstavljanje*
- SRPS Z.S2.317-1:2014, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Kružna raskrsnica – Grafičko predstavljanje*
- SRPS Z.S2.317-1:2014, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Predznak za obilazak – Oblik i mere*
- SRPS Z.S2.318:2014, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Prestrojavanje vozila – Grafičko predstavljanje*
- SRPS Z.S2.319:2014, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Broj puta – Oblik i mere.*
- SRPS Z.S2.321:2012, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Naziv naseljenog mesta, završetak naseljenog mesta, putni objekat, reka – Grafičko predstavljanje*
- SRPS Z.S2.324:2010, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Izbor natpisa na znakovima putokazne signalizacije*
- SRPS Z.S2.325:2011, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Tabla za označavanje odmorišta na putevima – Oblik i mere*
- SRPS Z.S2.328:2010, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Naziv petlje – Oblik i mere*
- SRPS Z.S2.600:2004, *Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja – Turistička signalizacija – Oblik i mere*

- SRPS Z.S2.601-1:2011, Saobraćajni znakovi na putevima – Znakovi obaveštenja - Simboli za opštu upotrebu – Grafičko predstavljanje

3 PROJEKTOVANJE NA OSNOVU STANDARDARDA

Što se tiče samog načina projektovanja putokazne signalizacije uopšteno gledano princip projektovanja je poprilično neizmenjen već više decenija. Putokazna signalizacija se projektuje po određenom sistemu koji je standardizovan, ali prilično nejasan, konfuzan. Predmetna signalizacija treba svima da bude jasno i lako čitljiva i razumljiva i da što jednostavnije omogući vozačima put do odredišta. Ali projektovanje, uz dobro poznavanje i korišćenje relevantnih standarda, podrazumeva posedovanje dodatnih znanja i „veština“. Baš zbog toga i srećemo nedovoljno jasnu signalizaciju i nepotpune znakove putokazne signalizacije ili nedosledno projektovane i postavljene znakove duž puta.

3.1 *Nedoumice i nedostaci srpskih standarda – opšta zapažanja*

Prvi i osnovni nedostatak primene standarda jeste neusaglašenost postojećeg Pravilnika o saobraćajnoj signalizaciji i važećih standarda u pogledu šifara znakova obaveštenja kojima se vrši vođenje saobraćaja na putevima u našoj zemlji.

Iako je prema SRPS Z.S2.324 definisano deonično vođenje saobraćaja sa jasno definisanim saobraćajnim težištima tu uvek postoje nedoumice oko pravilnog odabira odredišta. Imamo situaciju da su najzastupljenija državna težišta, pri čemu se dešava da su pojedina državna težišta na većini putokaznih tabli na putevima, zatim regionalna i tek na kraju opštinska težišta koja su u najinfernijem položaju. Saobraćajni inženjeri, kao stručnjaci iz oblasti projektovanja, izvođenja i proizvodnje elemenata saobraćajne signalizacije, bi trebali da imaju sveobuhvatan pristup kada se radi o projektovanju znakova za vođenje saobraćaja.

U većini navedenih standarda broj odredišta je najčešće ograničen na maksimalno dva odredišta po pravcu što smanjuje mogućnost kvalitetnog pružanja informacija vozačima. U ovom trenutku, srpskim standardima, kao sistem za vođenje saobraćaja odabran je deonični sistem vođenja i definisani su svi znakovi putokazne signalizacije. To daje mogućnost rasterećenja tokova duž predmetne kategorije puta uspostavljajući ustaljene putanje kretanja vozila, što ima za cilj bezbednije kretanja vozila u saobraćajnom toku.

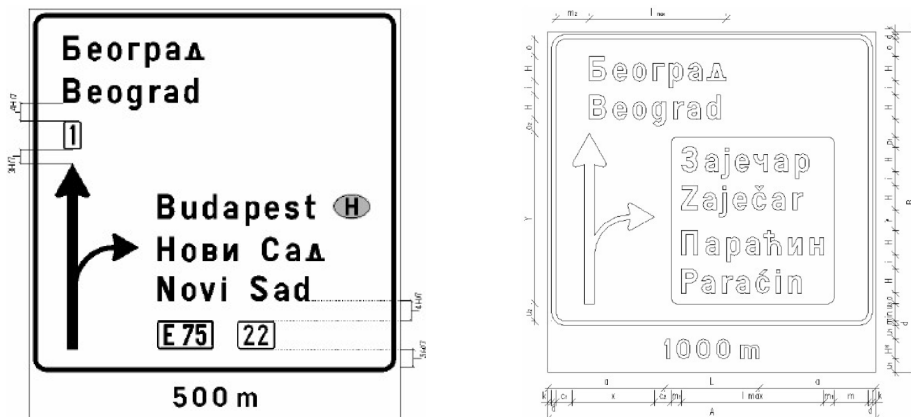
Korišćenje softvera prilikom projektovanja putokazne signalizacije zbog svoje specifičnosti je korisno, ali nažalost vrlo često dovodi do grešaka na znakovima za vođenje saobraćaja. U ovom trenutku, saobraćajno inženjerstvo kao struka ne poseduje adekvatno softversko rešenje koje bi u potpunosti bilo prilagođeno srpskim standardima i koji bi se moglo upotrebiti u svrhu projektovanja putokazne signalizacije. Softver Putokaz Cad razvijen od strane Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu je zastareo, dok je MARS table nekompletan.

3.2 *Nedoumice i nedostaci srpskih standarda – primeri*

U narednom delu ovog rada autor će pokušati da određenim primerima pokaže i ukaže na neke nedostatke i deoslednosti u važećim srpskim standardima.

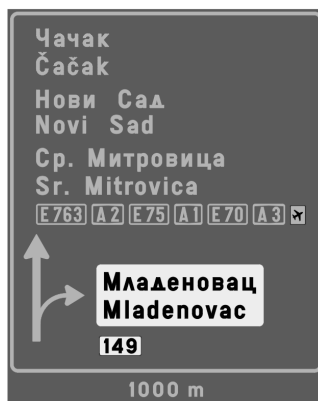
Primer 1. Projektovanje teksta iznad strelice na tablama III-208

Na slici 1 a) i 1 b) prikazana je tabla III-208 sa i bez broja puta, pri čemu je natpis Beograd projektovan na dva načina u liniji sa vrhom strelice i smaknuto u odnosu na nju. Nejasno je koji je od ova dva načina ispravan.



Slika 1 a) i 1 b). Putokazna tabla III-208 sa i bez broja puta

Posmatrajući Sliku 1 a) i 1 b) tj. ove dve varijante uslovno rečeno jedne iste table III-208, kao i Sliku 2, nejasno je da li je potrebno prema SRPS Z.S2.319 koristiti nacionalnu oznaku za broj puta, međunarodnu ili eventualno obe.



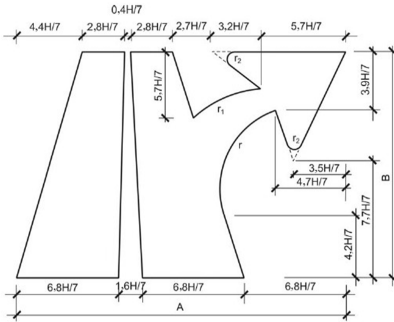
Slika 2. Putokazna tabla III-208 sa razliĉitom vrstom pisma broja puta

U vezi sa prethodno navedenim nedoumicama takođe je nedefinisano da li se predmete table smeju postaviti iznad kolovoza usled prostornih ograniĉenja na odgovarajućem portalnom nosaĉu.

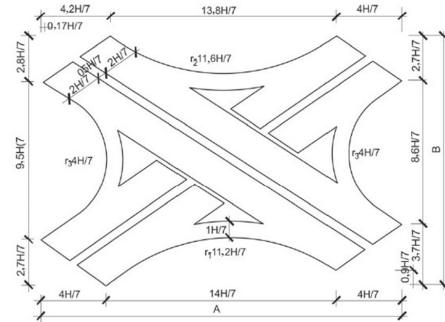
Primer 2. Prema vaŹećem standardu SRPS Z.S2.328 nemoguće projektovati simbol petlje na saobraćajnim znacima III-207 i III-207.1, a usled netaĉnih pojedinih mernih veliĉina.

Na Slici 4. uoĉene su pogrešne dve veliĉine koje onemogućavaju projektovanje ovog simbola, dok je sa simbolom na Slici 5. situacija još nepovoljnija jer na ovoj slici više od 5 veliĉina netaĉno.

Primer 3. Na putokaznim tablama, pre izlaska na autoput, na izlivnim krakovima rampi na deonici od Beograd do Niša, na skoro svim većim petljama je kao odredište navođen Niš, odnosno Beograd, bez pominjanja Kragujevca koji je takođe državno težište, ravnopravno kao i prethodna dva.

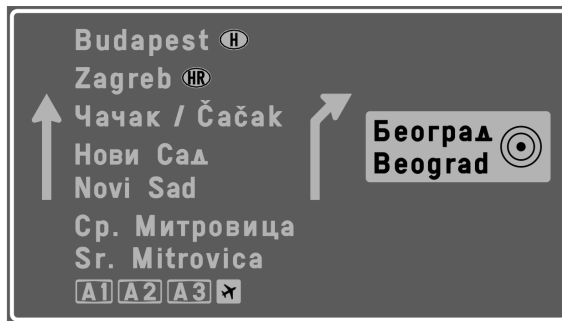


Slika 3. Simbol izlaska na običan put



Slika 4. Simbol za ukrštanje dva autoputa

Primer 4. Na prilazu petlji Bujanj Potok u smeru ka severozapadu iz pravca Niša, koji je na jugu, na putokaznim tablama vodi se Čačak koji se nalazi na jugozapadu i uopšte nije na predmetnom putnom pravcu. Ovakav koncept je sam po sebi besmislen, jer to znači da za Čačak treba ići sa juga ka severu obilazno preko Beograda.



Slika 5. Putokazna tabla III-211

4 PREDLOZI ZA UNAPREĐENJE

Posmatrajući prethodne primere uočava se korišćenje standarda po principu „od slučaja do slučaja”. Prvi i osnovni uslov za unapređenje postojećih standarda jeste usaglašavanje stručnih stavova po ovom pitanju i usklađivanju standarda i regulative sa potrebama razvoja putne mreže. Takođe, neophodno je organizovati permanentan rad i sazivanje sednica Komisije za standarde od strane Instituta za standardizaciju, kako bi se moglo izvršiti unapređenje i izmena ovih dokumenata. Potrebno je utvrditi redosled standarda po prioritetu koje treba izmeniti i dopuniti, kako bi se predmetne izmene što pre implementirale.

Takođe, bi trebalo usvojiti određeni dokument koji bi definisao u kojim izuzetnim slučajevima je moguće odstupiti od standarda i zbog čega.

Što se tiče konkretnih izmena u srpskim standardima, potrebno je dati ispravne detalje pojedinih elemenata na putokaznim tablama kao npr. broj puta, simbol petlje. Radi bolje informisanja vozača potrebno je povećati broj odredišta na putokaznim tablama sa 2 na 3 i više u određenim situacijama. Potrebno je jasno definisati koji se brojevi puta mogu prikazati na putokaznim tablama, kao i njihovu tačnu poziciju u okviru putokazne table.

Takođe, bilo bi svrsishodno ubaciti u standarde i neka netipična projektantska iskustva kako bi standardi bili što sveobuhvatniji.

Razmotriti ubacivanje opštinskih težišta kako na putevima IA reda tako i na ostalim putevima niže kategorije naročito IB reda na kojima skoro i da nema opštinskih težišta na putokaznim tablama.

5 ZAKLJUČAK

Trenutno stanje što se tiče srpskih standarda je nezadovoljavajuće i kao takvo iziskuje brzu reakciju nadležnih institucija za njihovu izmenu. Duži vremenski period ne postoji inicijativa od strane nadležnih institucija za izmenama standarda kako bi se unapredilo sadašnje stanje. Shodno tome, nastaviće se projektovanje i izvođenje putokazne signalizacije po principu „snađi se“, bez jasno definisanih pravila kao i do sad.

Takođe, kako bi srpski standardi bili što upotrebljiviji i efikasniji za primenu, rad na izmenama i dopunama standarda bi trebalo poveriti prevashodno stručnjacima koji se bave projektovanjem i izvođenjem saobraćajne signalizacije.

LITERATURA

- [1] Predrag S. Zdravković, Branimir Stanić, Smiljan Vukanović, Slobodan Milosavljević (2003). Elementi saobraćajnog projektovanja: Vertikalna signalizacija, Saobraćajni fakultet Beograd.
- [2] Srpski standardi SRPS Z.S2.315, SRPS Z.S2.319, SRPS Z.S2.324, SRPS Z.S2.328, Institut za standardizaciju Srbije Beograd, 2010.-2014.
- [3] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, „Službeni glasnik RS“, 76/2023
- [4] Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji, „Službeni glasnik RS“, 21/2024

SUMMARY**Deficiencies in the standards for road guide signs**

Abstract: Trough time the design of road guide signs along state roads in Republic of Serbia becomes an increasingly complex process with the development of the road network. In the Republic of Serbia, the standards in the field of road guide signs are still not sufficiently clearly defined and regulated, despite the efforts of road managing stakeholders and other relevant factors to implement changes to traffic regulations. Deficiencies in the standards for the production of road guide signs cause the most problems both for designers and manufacturers of traffic signals and equipment. This paper will give an overview of the problems that have been observed in domestic standards with certain examples from practice and possible solutions that could be implemented.

Key words: road guide signs, standards, regulations

Одређивање прегледности за безбедно претицање као предуслов за пројектовање разделне линије

Марија Живадиновић, магст. инж. саобр., С ПРОЈЕКТ ДОО, Београд, maja@s-projekt.rs

Мр Боривоје Алексић, дипл. инж. саобр., С ПРОЈЕКТ ДОО, Београд, bora@s-projekt.rs

Лазар Савковић, магст. инж. саобр., С ПРОЈЕКТ ДОО, Београд, lazar@s-projekt.rs

Кристина Радуловић, магст. инж. саобр., С ПРОЈЕКТ ДОО, Београд, kristina@s-projekt.rs

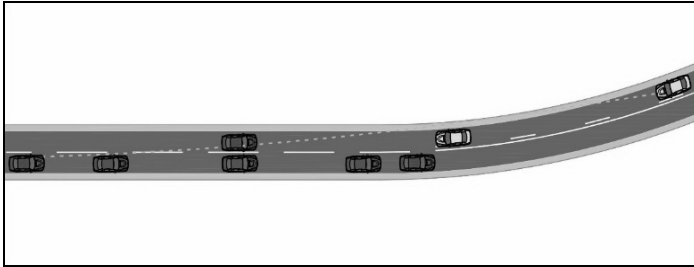
Резиме: Како се сва возила у саобраћајном току на двотрачном путу не крећу истим брзинама, а нарочито не на нивоу брзине за коју је пут пројектован, јавља се оправдана потреба за реализацијом маневра претицања међу возачима у току. Зато је неопходно на двотрачним путевима пројектовати разделну линију на начин да она омогући безбедну реализацију маневра претицања. Предуслов пројектовања и обележавања разделне линије на двотрачним путевима је спровођење поступка одређивања прегледности за безбедно претицање. Поред тога, одређивање прегледности за безбедно претицање дуж двотрачних путева је један од предуслова за израду Пројектата саобраћаја и саобраћајне сигнализације, значајан је сегмент у поступку провера безбедности саобраћаја, као и у поступку дефинисања зоне редовног одржавања путног појаса. Искуства са терена показују да постоје изражени проблеми у обележавању разделне линије дуж двотрачних путева. Случајеви да је возачима дозвољено претицање у непрегледним хоризонталним и вертикалним кривинама, као и случајеви забрањеног претицања на деловима пута где је то могуће извршити на безбедан начин се појављују у пракси. Овакви случајеви доводе возаче у недоумицу и доприносе стварању неповерења у постављену саобраћајну сигнализацију на путу. У овом раду је приказан поступак одређивања прегледности за безбедно претицање дуж двотрачног пута за двосмерни саобраћај као предуслов за пројектовање и обележавања разделне линије на путу.

Кључне речи: прегледност, безбедно претицање, пројектовање, методолошки поступак.

1 ПОСТУПАК ОДРЕЂИВАЊА ПРЕГЛЕДНОСТИ ЗА БЕЗБЕДНО ПРЕТИЦАЊЕ ДУЖ ДВОТРАЧНОГ ПУТА ЗА ДОСМЕРНИ САОБРАЋАЈ

Прегледност за безбедно претицање на двотрачном двосмерном путу подразумева могућност међусобног виђења два у сусрет наилазећа возила на растојању довољном да једно од њих изврши маневар претицања кретањем по

саобраћајној траци намењеној за супротан смер кретања и да се безбедно врати на своју саобраћајну траку (Слика 1).



Слика 1: Графички приказ маневра претицања на двотрачном двосмерном путу

Приликом одређивања прегледности, корисно је познавати брзину кретања возила на потезу где се сметња (препрека) појављује, било приближно или у форми просечних брзина у саобраћајном току. Информације о брзинама су потребне како би се могло знати да ли сметња (препрека) има утицај на прегледност потребну за претицање или не. Такође, корисно је познавати и основне принципе саобраћајног пројектовања, о чему ће више бити речи у наставку рада, по којима се прорачунава потребна прегледност за претицање, као и поједина уопштавања која се приликом прорачуна узимају у обзир.

Приликом одређивања тачке на терену од које је отклоњен узрок немогућности опажања између два возила која се крећу у сусрет дуж пута, тзв. тачке отварања прегледности за безбедно претицање, разликујемо три врсте физичких сметњи:

- физичке сметње у Хоризонталним кривинама (бочне физичке сметње)
- физичке сметње у Вертикалним кривинама (подужне физичке сметње)
- физичке сметње у Хоризонталним и Вертикалним кривинама заједно.

Овај поступак, одређивања на терену тачака од којих постоји могућност опажања између возила дуж пута, назива се одређивање прегледности за безбедно претицање дуж пута [1].

Тачка првог могућег међусобног опажања између два возила која се крећу у сусрет, назива се тачка отварања прегледности и одређује се за сваки смер вожње посебно. Одређивање прегледности за безбедно претицање на терену врши се у оба смера вожње, по стационажи дуж постојеће трасе пута.

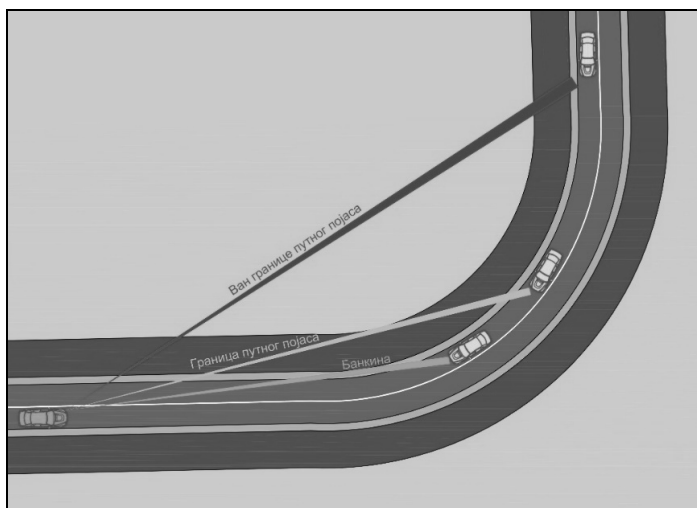
Резултат одређивања прегледности за безбедно претицање је:

- утврђене стационаже тачака отварања прегледности у оба смера вожње, односно стационаже од којих не постоје физичке сметње у опажању два у сусрет наилазећа возила дуж пута;
- утврђен узрок претходне физичке сметње, пре тачке отварања прегледности, а који може бити:

- Н – физичке сметње у Хоризонталним кривинама, тзв. Бочне физичке сметње
- V – физичке сметње у Вертикалним кривинама, тзв. Подужне физичке сметње
- М – Мешовите физичке сметње (физичке сметње у хоризонталним и вертикалним кривинама заједно).

Пре започињања процеса одређивања прегледности за претицање, неопходно је усвојити критеријуме за отварање прегледности за безбедно претицање [1]. Критеријуми за отварање прегледности за безбедно претицање (Слика 2), када су у питању физичке сметње у Хоризонталним кривинама могу бити:

- Ширина банке (тзв. „чиста банка“),
- Граница путног појаса (тзв. „чист путни појас“)
- Берма прегледности изван границе путног појаса.



Слика 2: Приказ критеријума за отварање Потенцијалне прегледности

Одлука о томе који критеријум применити директно утиче на послове нивоа редовног одржавања пута. Управљач пута треба да одреди који од наведена три критеријума ће бити примењен при спровођењу поступка одређивања прегледности за претицање. Одлука Управљача пута о примени критеријума за одређивање зоне посматрања физичке сметње у подручју Хоризонталне кривине, уједно је и његова преузета обавеза да у склопу редовног одржавања ту зону непрестано одржава видљиву за учеснике у саобраћају [1].

Прикупљене податке у поступку одређивања прегледности за претицање је неопходно унети у Инвентарски лист пута.

Резултат поступка одређивања прегледности за претицање представља „листинг“ по стационажи дуж пута, тачака отварања потенцијалне прегледности за безбедно претицање, у оба смера вожње.

2 АНАЛИЗА СНИМЉЕНИХ ПОДАТАКА И ОДЛУЧИВАЊЕ О ДОЗВОЉЕНОЈ ЗОНИ ПРЕГЛЕДНОСТИ ЗА БЕЗБЕДНО ПРЕТИЦАЊЕ

На основу прикупљених података са терена могуће је израчунати растојања између две међусобно одговарајуће тачке отварања потенцијалне прегледности за безбедно претицање, из оба смера вожње дуж пута.

Резултат снимљених и обрађених податка са терена, су одсеци пута дуж којих постоји могућност претицања возила са аспекта отклоњених физичких сметњи

(препрека). Ови одсеци пута представљају зону *Потенцијалне прегледности* дуж пута [1].

Потенцијална прегледност на двотрачном двосмерном путу подразумева одсек пута дуж којег постоји могућност међусобног виђења два у сусрет наилазећа возила, са аспекта отклоњених физичких сметњи (препрека). Крајња одлука да ли ће дуж ових одсека са потенцијалном прегледношћу за безбедно претицање бити дозвољено претицање за моторна возила, донеће се након следећих фаза које обухватају одређивање *Реалне прегледности* и анализу *Потребне прегледности за безбедно претицање*.

Реална прегледност на двотрачном двосмерном путу подразумева одсек пута, који је добијен од одсека пута са *Потенцијалном прегледношћу*, дуж кога нема осталих ограничења, која могу да утичу на забрану претицања за моторна возила, као што су раскрснице, аутобуска стајалиште, зона школе, мостови, станица за снабдевање горивом и сл.

Потребна прегледност за безбедно претицање је рачунска (теоретска) вредност дужине потребне за извршење маневра безбедног претицања дуж одсека пута где је утврђена реална прегледност. Одређује се рачунским путем, на бази елемената пружања трасе пута (ситуациони план, подужни профил), односно брзина кретања возила у функцији елемената пута.

Уколико је дужина *Реалне прегледности* дуж одсека пута мања од дужине *Потребне прегледности за безбедно претицање*, тада није могуће извршити маневар претицање на безбедан начин. У супротном случају, односно уколико је дужина *Реалне прегледности* већа или једнака од дужине *Потребне прегледности за безбедно претицање*, тада се дозвољава претицање моторним возилима на одсеку пута.

ДОЗВОЉЕНА ПРЕГЛЕДНОСТ ЗА БЕЗБЕДНО ПРЕТИЦАЊЕ је одсек пута са реалном прегледношћу чија је дужина једнака или већа од дужине *Потребне прегледности за безбедно претицање*. Ова вредност се рачуна за сваки смер вожње и чини основу за постављање вертикалне саобраћајне сигнализације (*саобраћајних знакова II-28 и III-12*) и за обележавање разделне линије на коловозу.

На наредним странама приказани су примери анализе и прорачуна прегледности за безбедно претицање и њихова примена у поступку саобраћајног пројектовања за следећа два карактеристична случаја:

- дужина реалне прегледности је већа од дужине потребне (теоретске) прегледности за безбедно претицање ($LRP > LTPBP$) (Табела 1)

- дужина реалне прегледности је мања од дужине потребне (теоретске) прегледности за безбедно претицање ($LRP < LTPBP$) (Табела 2)

при чему је:

L_{PP} - дужина потенцијалне прегледности (m)

L_{RP} - дужина реалне прегледности (m)

L_{TPBP} - дужина потребне (теоретске) прегледности за безбедно претицање (m)

L_{DPBP} - дужина ДОЗВОЉЕНЕ прегледности за безбедно претицање (m)

Табела 1: Пример анализе и прорачуна прегледности за безбедно претицање – случај $LRP > LTPBP$

Брзина (V_e):		80 km/h		Критеријум отварања прегледности:		„чиста банкина“
	Смер	Стационажа (km)		Дужина (m)	Узрок разлике дужине између L_{RP} и L_{RP}	
		Од km	До km			
Потенцијална прегледност (L_{PP})	Оба	134.023	134.907	884	зона школе, укрштаји	
Реална прегледност (L_{RP})	+	134.401	134.758	357		
	-	134.907	134.401	506		
Потребна (теоретска) прегледност (L_{TPBP})	Оба	330 m				
Дозвољена прегледност за безбедно претицање (L_{DPBP})	+	134.401	134.758	357		
	-	134.907	134.401	506		

Табела 2: Пример анализе и прорачуна прегледности за безбедно претицање – случај $L_{RP} < L_{TPBP}$

Брзина (V_e):		60 km/h		Критеријум отварања прегледности:		„чиста банкина“
	Смер	Стационажа (km)		Дужина (m)	Узрок разлике дужине између L_{PP} и L_{RP}	
		Од km	До km			
Потенцијална прегледност (L_{PP})	Оба	52.430	52.820	390		
Реална прегледност (L_{RP1})	+	52.430	52.510	80	укрштај, мост, аутобуско стајалиште, ССГ	
	-	52.510	52.430	80		
Реална прегледност (L_{RP2})	+	52.700	52.820	120	Није безбедно дозволити претицање у једном смеру	
	-	52.820	52.700	120		
Потребна (теоретска) прегледност (L_{TPBP})	Оба	200 m				
Дозвољена прегледност за безбедно претицање (L_{DPBP1})	+	52.430	52.510	80	Нема дозвољеног претицања	
	-	52.510	52.430	80		
Дозвољена прегледност за безбедно претицање (L_{DPBP2})	+	52.700	52.820	120		
	-	52.820	52.700	120		

The diagram illustrates the practical application of the sight triangle calculation method on a road intersection. It shows a horizontal road with a central crossing (ССГ) and a bus stop (БУС). The road is divided into two directions: 'смер (+)' (direction +) and 'смер (-)' (direction -). The diagram includes various sight triangles labeled with L_{PP} , L_{TPBP} , L_{RP1} , and L_{RP2} . It also shows the presence of a residential area (приватна домаћинству) and a crossing (приватна домаћинству). The diagram is divided into sections for L_{RP2} and L_{RP1} directions, with L_{TPBP} triangles shown for both directions.

Практична примена наведеног методолошког поступка одређивања прегледности за безбедно претицање приказана је на примеру државног пута 1Б реда, што је објављено у раду наведеном у литератури под редним бројем [2].

3 ЗАКЉУЧАК

Поступак одређивања прегледности за безбедно претицање се примењује на свим двотрачним путевима за двосмерни саобраћај без обзира на категорију пута.

У раду је приказан поступак одређивања прегледности за безбедно претицање на двотрачним путевима за двосмерни саобраћај.

Изложене су врсте прегледности које се анализирају у процесу одређивања прегледности за безбедно претицање. За сваку врсту прегледности за претицање је дата дефиниција и услови који морају бити задовољени како би се маневар претицања возила на путу могао извршавати без угрожавања безбедности учесника у саобраћају [3].

Приказани су примери анализе и прорачуна прегледности за безбедно претицање и њихова примена у поступку саобраћајног пројектовања за следећа два карактеристична случаја:

- дужина реалне прегледности је већа од дужине потребне (теоретске) прегледности за безбедно претицање ($LRP > LTPBP$)
- дужина реалне прегледности је мања од дужине потребне (теоретске) прегледности за безбедно претицање ($LRP < LTPBP$)

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алексић, Б., Живадиновић, М., Савковић, Л., Кирицић, Н. (2023) Поступак одређивања прегледности за безбедно претицање дуж двотрачног двосмерног пута, Међународна конференција "Безбедност саобраћаја у локалној заједници", 19.-22. април 2023. год., Копаоник, Зборник радова, 27-41.
- [2] Aleksić, B., Živadinović, M., & Savković, L. (2023). Analysis of sight distance for safe overtaking on road 22, section Mataruška Banja – Ušće, according to the criterion "clean shoulder". Journal of Road and Traffic Engineering, 69(4), 1-9. <https://doi.org/10.31075/PIS.69.04.01>
- [3] Алексић, Б., Живадиновић, М., Савковић, Л. (2024) Анализа добијених резултата прегледности за безбедно претицање на постојећем државном путу 22 од Матарушке бање до Ушћа применом два методолошка поступка, Међународна конференција "Безбедност саобраћаја у локалној заједници", 17.-20. април 2024. год., Златибор, Зборник радова, 39-54.

SUMMARY

Determination of sight distance for safe overtaking as a precondition for designing centre line

Abstract: As all the vehicles in the traffic flow on the two-lane road do not move at the same speed, and especially not at the speed level for which the road was designed, there is a justified need to realize overtaking manoeuvres among drivers in the flow. That is why it is necessary to design a centre line on two-lane roads in such a way that it enables the safe realization of overtaking manoeuvres. A precondition for designing and marking the centre line on two-lane roads is the implementation of the sight distance determination procedure for safe overtaking. In addition, the determination of sight distance for safe overtaking along two-lane roads is one of the preconditions for the development of traffic signage designs, an important segment in the process of Road Safety Inspections, as well as in the process of defining the zone of regular maintenance of the road belt. Experiences from the field show that there are pronounced problems in marking the centre line along two-lane roads. Cases where drivers are allowed to overtake in unpredictable horizontal and vertical curves, as well as cases of prohibited overtaking on parts of the road where it is possible to do so in a safe manner, appear in practice. Such cases put drivers in doubt and contribute to the creation of mistrust in the posted traffic signage on the road. In this paper is presented: the procedure for determining sight distance for safe overtaking along a two-lane road for two-way traffic as a precondition for designing and marking the centre line on the road.

Key words: sight distance, safe overtaking, designing, methodological procedure.

Стање и перспектива за коришћење возила за микромобилност у Републици Србији

Ана Трпковић, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет,
a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

Сретен Јевремовић, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет,
s.jevremovic@sf.bg.ac.rs

Бранимир Станић, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет,
b.stanic@sf.bg.ac.rs

Резиме: Подсистем микромобилности се од свог појављивања до данас, суочио и суочава са многобројним препрекама и проблемима по питању регулативе, инфраструктуре и начина коришћења ових возила. Од самог почетка, када је већина светских градова била затечена потпуном експанзијом ових возила, без довољно времена за реаговање, преко постепеног регулисања у појединим земљама, па све до садашњег тренутка, возила за микромобилност повећавају свој удео у видовној расподели. У овом тренутку, велики број земаља поседује регулативу којом се дефинише начин коришћења ових возила, док са друге стране, поједини светски градови ограничавају или чак потпуно забрањују јавну употребу возила за микромобилност. Србија је једна од земаља која је у претходном периоду радила на решавању изазова које са собом носи микромобилност. Продукован је одређен број научно-стручних радова и истраживања, израђена је Студија возила за микромобилност за подручје Републике Србије, извршено је ажурирање појединих законских и подзаконских аката, док је усвајање наведених измена већ спроведено и њихова примена је у току. Сходно наведеном, циљ овог рада јесте да сагледа тренутну позицију микромобилности у Републици Србији као и перспективу за коришћење ових возила, кроз ретроспективу досадашњих догађаја и усвојене регулативе. На основу поменуте анализе биће изнети предлози који имају за циљ унапређење постојећег стања, у смислу једноставнијег и безбеднијег коришћења ових возила на нашем подручју.

Кључне речи: возила за микромобилност, регулатива, инфраструктура

1 УВОД

Микромобилност се може дефинисати као технологија која омогућава ефикасно, флексибилно и еколошки прихватљиво путовање у простору и времену, доступна као приватна или јавна услуга у циљу задовољења различитог степена индивидуалних транспортних потреба корисника урбаних подручја, возилима на електро погон конструкцијски прилагођеним за ову врсту услуге [1]. Упркос чињеници да су се возила за микромобилност практично одомаћила у градовима, до сада још увек не постоји јасан консензус о томе која возила се убрајају у ову категорију, због чега се и дефиниције овог појма разликују, посебно када је реч начину на који се ова возила покрећу.

Сходно глобалном развоју наведеног подсистема и променама које су постепено наступале са све већим коришћењем возила за микромобилност, мењала се и палета превозних средстава која се убрајају у ову категорију.

Предности које са собом носи употреба возила за микромобилност су подстакле убрзану експанзију и развој овог система. Тек са његовим коришћењем и практичном применом уочени су различити проблеми који су подстакли на размишљање и потребу за редефинисањем иницијалних законских прописа и правила која су до тада важила.

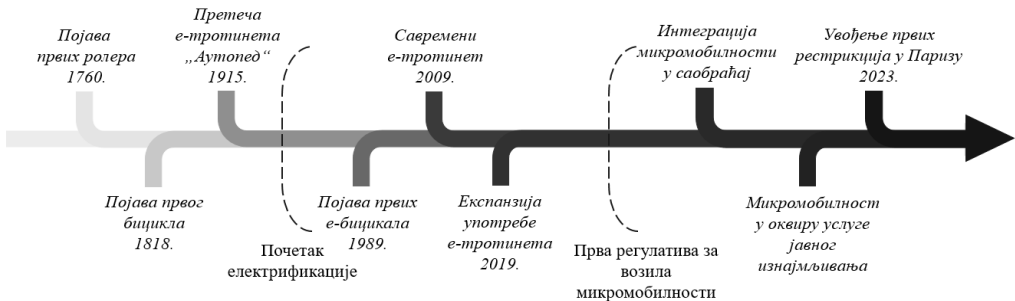
Најчешћи проблеми који су били предмет расправа доносиоца одлука у градовима, али и истраживача у научним круговима јесу питања законске регулативе, инфраструктуре и безбедности корисника возила за микромобилност али и безбедности других учесника у саобраћају. Продукт оваквих дискусија јесте континуално унапређење регулативе, које је обухватало практичне измене и модификацију инфраструктуре, али и низ других мера које су се односиле на опште унапређење саобраћајног система, са циљем интегрисања возила за микромобилност.

Ипак, наведене промене нису у потпуности успеле да реше све надлазеће проблеме овог подсистема, због чега се и даље разматрају нове могућности и мере којима би се третирале актуелне али и предстојеће негативне последице које са собом носи интеграција микромобилности у градовима.

Сходно наведеном, циљ овог рада јесте да сагледа тренутну позицију микромобилности у Републици Србији као и перспективу за коришћење ових возила, кроз ретроспективу досадашњих догађаја и усвојене регулативе. На основу поменути анализе биће изнети предлози који имају за циљ унапређење постојећег стања, у смислу једноставнијег и безбеднијег коришћења ових возила на нашем подручју.

2 ХРОНОЛОГИЈА РАЗВОЈА МИКРОМОБИЛНОСТИ У СВЕТУ

Интеграцију микромобилности у саобраћајне системе прати веома турбулентан развој, од саме појаве ових возила, преко израде регулативе и јавне употребе до појаве првих рестрикција. На Слици 1 дат је хронолошки приказ најзначајнијих догађаја у процесу развоја и имплементације микромобилности у градовима.



Слика 1. Хронолошки развој и имплементација возила за микромобилност у градовима

Важно је напоменути неколико догађаја: пре свега масовну електрификацију након 1915. године, експанзију употребе е-тротинета 2019. године на америчком континенту, а затим и на глобалном нивоу. Након овог догађаја почето је са развојем регулативе, ради интегрисања ових возила у саобраћајне системе. Убрзо након тога, возила за микромобилност обезбеђена су и у оквиру услуге за јавно коришћење/изнајмљивање, од стране Bird, Lime, Voi и других великих међународних компанија. Овај корак произвео је неколико проблема који се превасходно

односе на: питање (не)безбедности учесника у саобраћају, визуелни неред, паркирање ових возила и сл. То је условило и прве рестрикције када су у питању возила за микромобилност. Наиме, у Паризу 2023. године град је донео одлуку да се у потпуности забрани услуга јавног изнајмљивања, односно употреба дељених е-тротинета, управо због претходно наведених негативних последица. По угледу на ову одлуку други градови и земље разматрају сличне мере чији ће исход бити видљив у наредном периоду.

3 ПИТАЊЕ МИКРОМОБИЛНОСТИ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

У Републици Србији питање интеграције микромобилности у саобраћајни систем разматрано је скоро упоредо са експанзијом е-тротинета и других облика микромобилности у свету, а посебно у Европи.

У Табели 1 је дат приказ публикација које су пратиле ток развоја и имплементације микромобилности у Републици Србији.

Табела 1. Списак одабраних релевантних публикација у области микромобилности у РС

Р.бр.	Назив публикације	Година објаве	Разматрана област	Извор
1.	Утицај нових одрживих транспортних опција – микромобилности на урбану мобилност и безбедност у саобраћају	2024	И, Б	[2]
2.	Редизајн уличног простора као предуслов развоја урбане мобилности и безбеднијег саобраћајног окружења	2024	И	[3]
3.	Изазови интеграције микромобилности у савремене транспортне системе	2023	Р, И, Б	[4]
4.	Прерасподела простора улице у функцији микромобилности	2022	И	[5]
5.	Перцепција корисника о микромобилности и инфраструктури у Републици Србији	2022	И, С	[6]
6.	Улога и место микромобилности у развоју паметног града	2022	Р, И	[7]
7.	Потенцијал е-тротинета у урбаној мобилности града – студија случаја Београда	2021	Р, И, С	[8]
8.	Возила за микромобилност	2021	Р, И, Б, С	[1]
9.	Налет микромобилности у Републици Србији – постојећи трендови и будући изазови	2021	Р, И	[9]
10.	Утицај микромобилности на политике одрживог развоја и саобраћај	2021	Р	[10]
11.	Микромобилност – инфраструктурни, законодавни и безбедносни изазови	2021	Р, И, Б	[11]
12.	Револуција микромобилности – изазови и потенцијали	2019	Р, И, Б	[12]

Р – регулатива; И – инфраструктура; Б – Безбедност; С – Ставови учесника у саобраћају

Од наведених публикација потребно је посебно истаћи Студију: „Возила за микромобилност“ која је реализована 2021. године и у којој су пружене детаљне смернице за унапређење регулативе, класификацију возила, инфраструктуру намењену возилима за микромобилност, као и важне напомене и предлоге за безбедно учествовање у саобраћају. Целокупна студија израђена је по угледу на

светске примере најбоље праксе, уважавајући ставове експерата, корисника и потенцијалних корисника возила за микромобилност.

Ова Студија послужила је као основ за иницијална унапређења националне регулативе кроз два циклуса. Први циклус извршен је 2023. године, при чему су направљене измене у Закону о безбедности саобраћаја на путевима. Ова прва измена формирана је са циљем привременог категорисања возила за микромобилност и њиховог препознавања од стране домаће регулативе. Други циклус измена спроведен је 2024. године када су возила у потпуности интегрисана у домаћу регулативу, кроз измене Закона о безбедности саобраћаја на путевима. Спровођење новог Закона званично је започето 15. јуна 2024. године.

Током првих месец дана санкционисано је чак 627 возача електричних тротинета [13], док је за само прва четири дана контроле евидентирано 87 прекршаја. Структура прекршаја приказана је у Табели 2.

Табела 2. Структура прекршаја за прва четири дана контроле [14]

Р.бр.	Прекршај	N	[%]
1.	Вожња без заштитне кациге	34	39.1
2.	Вожња без идентификационе налепнице	30	34.5
3.	Вожња без ретрорефлектујућег прслука	18	20.7
4.	Превоз других лица на возилу	2	2.3
5.	Кретање недозвољеном површином	2	2.3
6.	Вожда под дејством алкохола	1	1.1

Из Табеле 2 се може видети да је највећи број прекршаја везан за опрему возача и возила (вожња без заштитне кациге, 39% и вожња без идентификационе налепнице, 35%). Оно што је забрињавајуће јесте и податак да је санкционисана једна особа која је управљала е-тротинетом под дејством алкохола (0.66%) [14].

Овакви резултати, а посебно њихов број за тако кратко време, указују на још увек актуелне проблеме које са собом носи овај релативно нови саобраћајни подсистем у Републици Србији.

4 ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА И ПРЕПОРУКЕ

У овом раду приказана је кратка ретроспектива развоја микромобилности у Републици Србији, од појаве првих возила овог подсистема на мрежи, до актуелних догађаја и тренутног стања. Иако су направљени помаци у регулаторном усаглашавању и ажурирању и даље постоје одређене области које је неопходно унапредити. Сходно томе, аутори овог рада предлажу разматрање следећих важних аспеката:

Динамичко унапређење регулативе – иако су направљене иницијалне измене, оне не би смеле бити једнократног карактера. Унапређење регулативе мора пратити актуелне промене и развој, па чак и претходити њиховом догађању, како би се обезбедио квалитетан и ефикасан саобраћајни систем.

Унапређење постојеће и изградња нове инфраструктуре – неопходно је радити на обезбеђивању инфраструктуре за возила микромобилности и њеној интеграцији са постојећом мрежом. Обезбедити паркирање за возила микромобилности.

Унапређење сигнализације и опреме – унапредити постојеће инфо-системе којима би се обухватила и препознала возила за микромобилност.

Омогућити интермодалну интеграцију – имајући у виду да је регулативом направљена адекватна основа и подршка, потребно је извршити и интеграцију између видова превоза, при чему микромобилност своје место може имати као интегрални део система јавног превоза, на краћим релацијама.

Подржати приватну и јавну употребу возила за микромобилност – омогућити једноставнију имплементацију микромобилности као понуде за јавно коришћење/изнајмљивање.

Додатно, поред наведених, примарних мера, одређен сет активности треба усмерити и на саме кориснике, али и потенцијалне кориснике како би се овај подсистем адекватно промовисао и развијао. Потребно је омогућити приступачност подсистема, пружити адекватне подстицаје за његово коришћење, али пружити и савете о правилном и безбедном начину за коришћење возила за микромобилност у оквиру саобраћајног подсистема.

LITERATURA

- [1] Република Србија – Агенција за безбедност саобраћаја, „Возила за микромобилност,” 2021.
- [2] П. Живановић *et al.*, „Утицај нових одрживих транспортних опција – микромобилности на урбану мобилност и безбедност у саобраћају,” in *Безбедност саобраћаја у локалној заједници*, 2024, p. 14.
- [3] А. Трпковић and С. Јевремовић, „Редизајн уличног простора као предуслов развоја урбане мобилности и безбеднијег саобраћајног окружења,” in *Безбедност саобраћаја у локалној заједнициУ*, 2024, p. 16.
- [4] В. Milovanović, А. Trpković, S. Jevremović, P. Živanović, S. Bajčetić, and А. Nađ, “Challenges of the Integration of Micromobility Vehicles into Modern Traffic and Transportation Systems,” *Promet – Traffic Transp.*, vol. 35, no. 6, pp. 871–885, 2023.
- [5] А. Трпковић, Б. Станић, and С. Јевремовић, „Прерасподела простора улице у функцији микромобилности,” in *XIII Конференција са међународним учешћем о Техникама Саобраћајног инжењерства*, 2022, pp. 97–104.
- [6] В. Milovanović *et al.*, “Users’ perception on micromobility vehicles and infrastructure in the Republic of Serbia,” in *20th International Conference on Transport Science, Portorož, Slovenia*, 2022, pp. 241–245.
- [7] А. Трпковић and С. Јевремовић, „Улога и место микромобилности у развоју паметног града,” in *XIV Научно-стручна конференција са међународним учешћем „Паметни градови и интеграција технологија четврте индустријске револуције 4.0,”* 2022, pp. 186–197.
- [8] D. Glavić, А. Trpković, M. Milenković, and S. Jevremović, “The E-Scooter Potential to Change Urban Mobility—Belgrade Case Study,” *Sustain.*, vol. 13, no. 11, p. 29, 2021.
- [9] А. Трпковић *et al.*, “Налет микромобилности у Републици Србији – постојећи трендови и будући изазови,” in *8. Међународна конференција “У сусрет хуманом граду,”* 2021, pp. 103–110.
- [10] С. Јевремовић, Н. Бојковић, Т. Живојиновић, and А. Трпковић, “Утицај микромобилности на политике одрживог развоја саобраћаја,” in *8. Међународна конференција “У сусрет хуманом граду,”* 2021, pp. 95–102.

- [11] D. Glavić, A. Trpković, S. Jevremović, and M. Milenković, "Micromobility – Infrastructure, legislative and safety challenges," in *3rd International Scientific Conference „Transport for Today’s Society”, Bitola, North Macedonia, 2021*, pp. 26–29.
- [12] A. Trpković, B. Stanić, S. Tića, S. Jevremović, and P. Živanović, „Револуција микробилности – изазови и потенцијали,” in *7. Међународна конференција “У сусрет хуманом граду,” 2019*, pp. 231–239.
- [13] Б92.нет, „Возачима тротинета се не прашта: Написано преко 600 казни,” *Б92*, 2024. [Online]. Available: <https://www.b92.net/automobili/aktuelno/45181/vozacima-trotineta-se-ne-prasta-napisano-preko-600-kazni-video/vest>.
- [14] Тањуг, „Почела контрола возача е-тротинета: већ откривено 87 прекршаја,” *Б92*, 2024. [Online]. Available: <https://www.b92.net/automobili/aktuelno/33057/pocela-kontrola-vozaca-e-trotineta-vec-otkriveno-87-preksaja/vest>.

SUMMARY

Current state and perspective for the use of micromobility vehicles in the Republic of Serbia

Abstract: Since its emergence, the micromobility subsystem has faced and continues to face numerous obstacles and problems regarding regulation, infrastructure and the way these vehicles are used. From the very beginning, when most of the world's cities were surprised by the expansion of these vehicles, without enough time to react, through gradual regulation in certain countries, until the present moment, micromobility vehicles are increasing their share in the modal split. At the moment, a large number of countries have regulations that define the way these vehicles are used, while on the other hand, some cities around the world limit or even completely ban the public use of micromobility vehicles. Serbia is one of the countries that in the previous period worked on solving the challenges that micromobility brings with it. A certain number of scientific and professional papers and researches were produced, a Study of micromobility vehicles for the territory of the Republic of Serbia was prepared, certain legal and by-laws were updated, while the adoption of certain changes and their implementation is currently active. Accordingly, the goal of this paper is to review the current position of micromobility in the Republic of Serbia as well as the perspective for the use of these vehicles, through a retrospective of past events and adopted regulations. On the basis of the aforementioned analysis, proposals will be made that aim to improve the current situation, in terms of simpler and safer use of these vehicles in our area.

Key words: micromobility vehicles, regulation, infrastructure

Stavovi i preferencije starijih osoba u Srbiji prema biciklističkoj infrastrukturi

*Sreten Jevremović, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet,
s.jevremovic@sf.bg.ac.rs*

Ana Trpković, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

*Marjana Čubranić Dobrodolac, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet,
marjana@sf.bg.ac.rs*

Rezime: Različiti autori predviđaju da će do 2050. godine svaka šesta osoba u svetu biti starija od 65 godina. Ovakav trend će se nastaviti i u daljoj budućnosti. Ako se tome pridoda i opadanje fizičke aktivnosti starijih, a posebno smanjenje upotrebe održivih vidova prevoza/kretanja, postavlja se logično pitanje o spremnosti gradova i postojeće saobraćajne infrastrukture da odgovore na zahteve ove specifične grupe korisnika. Cilj ovog rada je da se ispituju stavovi starijih osoba u Republici Srbiji, po pitanju korišćenja bicikla i da se utvrde njihove preferencije ka različitim tipovima biciklističke infrastrukture. Ukupan uzorak ispitivane populacije iznosi 105 korisnika. Sve osobe obuhvaćene istraživanjem su starije od 50 godina. Podaci su analizirani primenom testa vizuelnih preferencija i standardnih statističkih metoda. Rezultati su pokazali sklonost ispitanika ka sigurnijem, opreznijem ponašanju i bezbednijim tipovima biciklističke infrastrukture. Dobijeni rezultati predstavljaju adekvatnu bazu na osnovu koje se mogu sagledati sve različitosti, stavovi i preferencije ove specifične grupe korisnika, po pitanju upotrebe bicikla. Takođe, rezultati ovog rada mogu poslužiti i donosiocima odluka kao pomoć pri izboru i projektovanju adekvatne biciklističke infrastrukture, uvažavajući zahteve starijih učesnika u saobraćaju.

Ključne reči: starije osobe, biciklistička infrastruktura, stavovi korisnika, preferencije

1 UVOD

Biciklizam predstavlja zdrav i aktivan oblik mobilnosti, koji se smatra održivom i atraktivnom alternativom motornim vozilima na kratkim relacijama. Poslednjih godina uočen je trend povećanja broja starijih osoba koje voze bicikl [1] sa ciljem održanja željenog nivoa zdravlja i bavljenja fizičkom aktivnošću.

Međutim, nedovoljno se pažnje, još uvek, posvećuje potrebama starijih biciklista. Takođe, kako broj starijih biciklista raste, neophodno je razumeti njihove preferencije, ali i način razmišljanja. To je posebno važno s obzirom na prirodne psihomotorne promene koje se javljaju sa starenjem [2]. Pomenute promene mogu uticati na nivo samopouzdanja [3], na precenjivanje sopstvenih sposobnosti, što često dovodi do povećanog rizika od povreda [4], pa i saobraćajnih nezgoda u konačnom ishodu. Ovakvi efekti obično su vezani za lošije sagledavanje okruženja, a posebno infrastrukture, brzine kretanja i drugih učesnika u saobraćaju.

Imajući u vidu da se stavovi starijih biciklista po pitanju biciklističke infrastrukture, bezbednosti i komfora mogu razlikovati u zavisnosti od godina, nivoa samopouzdanja i sl., u ovom radu su analizirane preferencije i karakteristike starijih biciklista (50+) na području Republike Srbije.

Osnovni cilj ovog rada jeste sagledati potencijalne razlike koje postoje između ispitanika po pitanju komfora i bezbednosti određenih tipova biciklističke infrastrukture, ali i željenog načina korišćenja analizirane infrastrukture.

Imajući u vidu veoma mali udeo biciklista u vidovnoj raspodeli u Srbiji (npr. u Beogradu udeo biciklista iznosi 0.7%), kao i značajno loše pokazatelje bezbednosti ove grupe korisnika (na primer, u Republici Srbiji za period od 2018. do 2020. godine svaki drugi poginuli biciklista (48%) je starija (65+) osoba [5]), autori smatraju da je jedan od važnih koraka, u postupku adekvatnog tretiranja biciklističkog saobraćaja u Srbiji, jeste sagledavanje postojećeg stanja, preferencija, potreba i zahteva starijih biciklista.

2 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Za potrebe ovog rada izrađen je poseban upitnik i izvršeno anketiranje korisnika. Istraživanje je sprovedeno online, putem Google Forms platforme, tokom maja i juna, 2023. godine, za područje Republike Srbije. Ciljna grupa su bili biciklisti stariji od 50 godina, a ukupan uzorak anketiranih korisnika je 105 osoba (Tabela 1).

Tabela 11. Struktura upitnika

I deo: Socio-demografske karakteristike
Starost: a) 50-59, b) 60-69, c) više od 70 godina
II deo: Opšte karakteristike o upotrebi bicikla
Kojim tipom bicikliranja se bavite? (napomena: moguće je izabrati više odgovora) a) Vangradsko, b) Turističko, c) Planinsko, d) Gradsko, e) Trke U koje svrhe koristite bicikl? (napomena: moguće je izabrati više odgovora) a) Posao, b) Šoping, c) Rekreacija i druženje, d) Lagana vežba, e) Biciklističke trke U koji tip biciklista biste svrstali sebe? a) Zainteresovan ali zabrinut, b) Opušten i donekle samouveren, c) Iskusan i samouveren, d) Kombinacija prethodnih tipova
III deo: Preferencije korisnika
Kuda biste se kretali navedenom infrastrukturom? (napomena: u zavisnosti od tipa infrastrukture ponuđeni su različiti odgovori: kolovoz, biciklistička staza/traka, deljena infrastruktura, sredina kolovoza, ivica kolovoza itd. Moguće je izabrati više odgovora) a) Rezidencijalna ulica bez biciklističke infrastrukture, b) Ulica sa obostranim biciklističkim trakama, c) Glavna gradska saobraćajnica, d) Ruralni put, e) Kružni tok, f) Deljeni prostor, g) Pešačko-biciklistička staza, h) Suburbana sabirna ulica, i) Rezidencijalna ulica sa deljenom biciklističkom trakom, j) Biciklistička staza, k) Rezidencijalno-komercijalna ulica Ocenite Vaš nivo komfora i bezbednosti prilikom kretanja infrastrukturom iz prethodnog pitanja? 1 – Veoma nebezbedno i nekomforno, 2 – Donekle nebezbedno i nekomforno, 3 – Nisam siguran, 4 – Donekle bezbedno i komforno, 5 – Veoma bezbedno i komforno

Upitnik je podeljen na tri dela. Prvi deo obuhvata opšte socio-demografske karakteristike (od kojih je za potrebe ovog rada analizirana samo starost ispitanika), drugi deo obuhvata opšte karakteristike bicikliranja, dok treći, poslednji odeljak obuhvata

pitanja koja se odnose na bezbednost i komfor različitih tipova infrastrukture, kao i način korišćenja biciklističke infrastrukture.

Sva pitanja su bila zatvorenog tipa, osim drugog pitanja u III odeljku, gde je korišćena petostepena Likertova skala (od 1 do 5, pri čemu 1 označava najniži, a 5 najviši nivo bezbednosti i komfora), kao što je prikazano u Tabeli 1.

Pri analizi i obradi podataka korišćene su standardne statističke metode, kao i metoda vizuelnog testiranja (eng. Visual Preference Testing), dok su podaci obrađivani u Excel i IBM SPSS softveru.

3 REZULTATI

U cilju jednostavnijeg sagledavanja svih dobijenih rezultata, ovo poglavlje podeljeno je na dva dela: prvi deo obuhvata odeljke I i II, dok drugi deo obuhvata odeljak III iz ankete u Tabeli 1.

3.1 Socio-demografske karakteristike i opšte karakteristike bicikliranja

Socio-demografske karakteristike i opšte karakteristike bicikliranja se odnose na starost ispitanika, tipom bicikliranja kojim se ispitanici bave, svrhu bicikliranja i tip biciklista (Tabela 2).

Tabela 12. Socio-demografske i opšte karakteristike bicikliranja

Starost:	n	%
50-59	41	39.0
60-69	34	32.4
Više od 70 godina	30	28.6
Kojim tipom bicikliranja se bavite?	n	%
Vangradsko	59	56.1
Rekreativno	90	85.7
Planinsko	7	6.7
Gradsko	78	74.3
Trke	3	2.9
U koje svrhe koristite bicikli?	n	%
Posao	24	22.9
Šoping	47	44.8
Rekreacija i druženje	94	89.5
Lagana vežba	90	85.7
Biciklističke trke	3	2.9
U koji tip biciklista biste svrstali sebe?	n	%
Zainteresovan ali zabrinut	12	11.4
Opušten i donekle samouveren	26	24.8
Iskusan i samouveren	58	55.2
Kombinacija prethodnih tipova	9	8.6












Iz Tabele 2 se može videti da su ispitanici skoro ravnomerno raspoređeni kada je u pitanju njihova starost. Kada je u pitanju tip bicikliranja, najviše je zastupljeno rekreativno (86%), zatim gradsko (74%) i vangradsko bicikliranje (59%). Bicikl se najčešće koristi u svrhu rekreacije (90%), i lagane vežbe (86%). Ukoliko se posmatra percepcija samopouzdanja,

odnosno tip bicikliste, može se uočiti da najveći broj korisnika sebe smatraiskusnim i samouverenim biciklistom (55%), dok je najmanje zainteresovanih ali zabrinutih biciklista (11%), ukoliko se izuzme opcija „kombinacija nekog od tipova”.

3.2 Preferencije korisnika

U ovom potpoglavlju je izvršena analiza ocena bezbednosti i komfora biciklističke infrastrukture, kao i način kretanja korisnika na prikazanoj infrastrukturi. Rezultati su dati u Tabeli 3. Važno je napomenuti da su u tabeli prikazane samo opcije (željene putanje) kretanja koje je izabrao najveći broj korisnika.

Tabela 13. Ocena bezbednosti i komfora infrastrukture i način kretanja korisnika

Lokalna ulica bez bic. infrastrukture	Ulica sa obostranim biciklističkim trakama	Glavna gradska saobraćajnica	Ruralni put
			
Dalje od parkiranih vozila, trotoar	Biciklistička traka	Ivica kolovoza, trotoar	Kolovoz u prisustvu drugih biciklista
3.5	3.0	2.5	3.2
Kružni tok	Deljeni prostor	Pešačko-biciklistička staza	Prigradska sabirna ulica
			
Trotoar, pešački prelaz	Ivice kolovoza	Pešačko-biciklističkom stazom	Biciklističkom trakom
3.0	3.3	4.2	3.2
Lokalna ulica sa deljenom bic. trakom	Biciklistička staza	Rezidencijalno-komercijalna ulica	
			
Deljenom biciklističkom trakom	Biciklističkom stazom	Biciklističkom trakom, ivicom kolovoza	
3.1	4.4	2.9	

Iz Tabele 3 se može videti da je najmanja prosečna ocena bezbednosti i komfora data za glavnu gradsku saobraćajnicu (2.5), što je i očekivano, imajući u vidu karakteristike ovog tipa infrastrukture: veliki protok vozila, veće brzine i možda najvažnije: nepostojanje biciklističke infrastrukture. Shodno tome, najveći broj biciklista izjavio je da bi se kretao trotoarom, a zatim i desnom ivicom kolovoza. Sa druge strane, najveće prosečne ocene dobijene su za biciklističku stazu (4.4) i pešačko-biciklističku stazu (4.2). Ovaj rezultat je

takođe očekivan imajući u vidu da je pomenuta infrastruktura namenjena za kretanje isključivo biciklista (fizički odvojena biciklistička staza) i pešaka i biciklista (pešačko-biciklistička staza). Ono što je interesantno napomenuti jeste to, da su korisnici svu infrastrukturu bez prisustva motornih vozila (ili tamo gde je njihovo prisustvo svedeno na minimum), ocenjivali prosečno većim ocenama, u odnosu na infrastrukturu gde je omogućeno prisustvo motornih vozila. Takođe, ukoliko se posmatra pozicija kretanja na analiziranoj infrastrukturi, jasno je da korisnici biraju sigurnije opcije, koje podrazumevaju formiranje fizičke distance od motornog saobraćaja (tamo gde je on prisutan). S obzirom na obim rada, u nastavku će biti samo kratko pomenuti rezultati koji se odnose na preferencije korisnika u odnosu na starost i tip biciklista.

Kada je starost u pitanju, dobijeni su rezultati koji ukazuju na to da se sa povećanjem godina starosti smanjuje osećaj komfora i bezbednosti na svim tipovima infrastrukture. Ovo je posebno izraženo za tipove: lokalna ulica bez biciklističke infrastrukture, glavna gradska saobraćajnica, kružni tok i deljeni prostor. O specifičnosti ovih tipova govori i izabrani položaj korisnika u poprečnom profilu određene infrastrukture. Naime, za sve navedene tipove korisnici su birali „sigurnije” opcije: trotoar, kolovoz dalje od parkiranih vozila, ivica kolovoza i sl., bez obzira što su svoj nivo samopouzdanja ocenili kao: iskusan i samouveren. Ovakvi rezultati odudaraju od rezultata zabeleženih npr. na teritoriji Kanade i SAD, gde se korisnici istog nivoa samopouzdanja kreću znatno slobodnije (obično kolovozom), veoma retko birajući trotoar kao primarnu opciju [6].

Na osnovu svega navedenog, može se reći da se dobijeni rezultati podudaraju sa drugim sličnim istraživanjima, posebno po pitanju preferencija infrastrukture. Naime, sva dosadašnja istraživanja, kao optimalno rešenje, potenciraju fizički odvojenu infrastrukturu za sve korisnike bicikala [7], [8]. U slučaju da ovakva infrastruktura ne može biti obezbeđena, preporučuje se bilo koji tip biciklističke infrastrukture (staza, traka i sl.) koji je jasno naznačen u odnosu na motorni saobraćaj. Krajnje opcije jesu deljena infrastruktura, ili saobraćajnice bez obeležene biciklističke infrastrukture, koje su se pokazale kao najmanje bezbedne [9], [10], kao rezultat istraživanja predstavljenih u ovom radu.

4 ZAKLJUČAK

U ovom radu su ispitivani stavovi i percepcija starijih biciklista (50+) u Republici Srbiji prema biciklističkoj infrastrukturi. Istraživanje je pokazalo da najveći broj korisnika sebe smatra iskusnim vozačima bicikla, što može uticati na nešto povoljnije rezultate po pitanju percepcije infrastrukture. Shodno tome, u budućim istraživanjima bi trebalo povećati uzorak i učešće ostalih tipova biciklista u cilju jasnijeg sagledavanja celokupne situacije.

Rezultati su pokazali da biciklisti generalno preferiraju ekskluzivnu biciklističku infrastrukturu ili (ukoliko ona ne može biti obezbeđena) infrastrukturu koja je jasno naznačena u odnosu na motorni saobraćaj. Najmanje je prihvatljiva deljena infrastruktura. Takođe, rezultati su pokazali da sa godinama ispitanika opada percepcija komfora i bezbednosti biciklističke infrastrukture, pa bi shodno tome istu trebalo redovno održavati, unapređivati i učiniti je „starosno” osetljivom, tj. prilagoditi je korisnicima različitih starosnih dobi.

LITERATURA

- [1] K. Mcleod, "Benchmarking insights on older adults," The League of American Biczclists.
- [2] R. Kerr, C. Blais, and J. I. Toward, "Age-related changes in psychomotor performance," *Hum. Perform.*, vol. 9, no. 4, pp. 349–361, 1996, doi: 10.1207/s15327043hup0904_3.
- [3] J. Pucher and R. Buehler, *City Cycling*. London: The MIT Press, 2012.
- [4] D. L. Murman, "The Impact of Age on Cognition," *Semin. Hear.*, vol. 36, no. 3, pp. 111–121, 2015, doi: 10.1055/s-0035-1555115.
- [5] Road Traffic Safety Agency, "Road Safety of 65+ cyclists," Belgrade, 2021.
- [6] S. Jevremović, A. Trpković, S. Čičević, M. Čubranić Dobrodolac, and C. Kachadoorian, "Age-Friendly Cycling Infrastructure – Differences and Preferences Among 50+ Cyclists," 2024.
- [7] J. Van Cauwenberg, I. De Bourdeaudhuij, P. Clarys, B. De Geus, and B. Deforche, "Older adults' environmental preferences for transportation cycling," *J. Transp. Heal.*, vol. 13, no. October 2018, pp. 185–199, 2019, doi: 10.1016/j.jth.2019.03.014.
- [8] S. A. Useche *et al.*, "Cross-culturally approaching the cycling behaviour questionnaire (CBQ): Evidence from 19 countries," *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.*, vol. 91, no. September, pp. 386–400, 2022, doi: 10.1016/j.trf.2022.10.025.
- [9] F. Orsini, M. Batista, B. Friedrich, M. Gastaldi, and R. Rossi, "Before-after safety analysis of a shared space implementation," *Case Stud. Transp. Policy*, vol. 13, no. September 2022, p. 101021, 2023, doi: 10.1016/j.cstp.2023.101021.
- [10] R. Methorst, J. Gerlach, D. Boenke, and J. Leven, "Shared Space: safe or dangerous? A contribution to objectification of a popular design philosophy," *Proc. Walk21 Conf. Toronto Oct.*, no. October, pp. 1–17, 2007, [Online]. Available: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Shared+Space+:+Safe+or+Dangerous+?#0>

SUMMARY**Attitudes and preferences of elderly people in Serbia towards cycling infrastructure**

Abstract: Different authors predict that by 2050, every sixth person in the world will be over 65 years old. This trend will continue in the future. If we add to this the decline in the physical activity of the elderly, and especially the reduction in the use of sustainable modes of transport/movement, a logical question arises about the readiness of cities and the existing transport infrastructure to respond to the demands of this specific group of users. The aim of this paper is to examine the attitudes of elderly people in the Republic of Serbia regarding the use of bicycles and to determine their preferences for different types of bicycle infrastructure. The sample analyzed in this paper is 105 users. All persons included in the research are older than 50 years. The data were analyzed using the visual preference test and standard statistical methods. The results showed respondents' preference for safer, more cautious behavior and safer types of cycling infrastructure. The obtained results represent an adequate base on the basis of which all the differences, attitudes and preferences of this specific group of users can be viewed, regarding the use of bicycles. Also, the results of this paper can serve decision-makers as an aid in the selection and design of adequate bicycle infrastructure, taking into account the requirements of older road users.

Key words: elderly people, cycling infrastructure, user attitudes, preferences

Десет најчешћих грешака у саобраћајним пројектима привремене саобраћајне сигнализације – искуства града Београда

Љиљана Кузмановић, Секретаријат за саобраћај, Градска управа града
Београда, ljijana.kuzmanovic@beograd.gov.rs

Резиме: Привремена саобраћајна сигнализација се користи за обележавање зоне радова, приредби на путу, препрека, ограничења на путу... Према важећој законској и подзаконској регулативи за извођење оваквих радова (осим хитних радова до 24 часа) и приредби на путу потребно је решење органа надлежног за послове саобраћаја. Прописи регулишу поступак добијања решења и предвидели су као потребан услов израду саобраћајног пројекта. Саобраћајни пројекат може урадити саобраћајни инжењер који поседује одговарајућу лиценцу. Иако је за добијање лиценце потребно и знање (најмање 300 ЕСПБ, стручни резултати, итд.) и искуство (минимум 3 године стручног искуства), понекад се деси да приликом израде пројекта пројектант превиди или заборави неко правило. Техничка контрола је такође ту да исправи евентуалну грешку, али се и поред тога дешава да неодговарајући пројекти дођу у Секретаријат за саобраћај. Овакви пројекти процентуално не вуку велики део у односу на све пројекте, али су међу њима уочене грешке које се понављају и имају висок удео у укупним грешкама. У раду је представљено 10 најчешћих грешака, разлози због којих до њих долази и, где је потребно, начин исправљања. Циљ овог рада је да се пројектантима скрене пажња на најчешће грешке које се појављују при пројектовању режима саобраћаја у зонама радова на градској уличној мрежи, како би обратили пажњу и избегли их.

Кључне речи: саобраћајни пројекат, радови на путу, привремена саобраћајна сигнализација, раскопавање, заузеће

1 УВОД

У Секретаријату за саобраћај Градске управе Града Београда просечно се годишње обради око 2.000 предмета из области привременог режима саобраћаја, односно режима саобраћаја док трају радови на путу, врше се радови поред пута (изградња објеката...), припремају и спроводе спортске приредбе и друге манифестације. Из искуства у раду на овим пословима (најразличитије врсте захтева, разноврсне позиције и обими локација, различити услови извођења радова, итд.) издвојило се неколико грешака у пројектантском раду, које се често понављају.

Циљ овог рада је да се пројектантима скрене пажња на најчешће грешке које се појављују при пројектовању привременог режима саобраћаја, како би обратили пажњу и избегли их.

Напомена: Рад се односи на општинске путеве и улице на територији града Београда и израз пут се користи у том значењу.

2 ЗАКОНСКЕ ОСНОВЕ И ПРОПИСИ

Основна законска регулатива релевантна за наведену проблематику обухвата следеће:

- Закон о безбедности саобраћаја на путевима;
- Правилник о саобраћајној сигнализацији;
- Правилник о начину регулисања саобраћаја на путевима у зони радова;

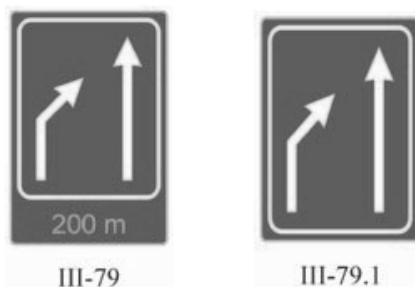
3 ПРОБЛЕМАТИКА, ОБРАЗЛОЖЕЊЕ И РЕШЕЊЕ

Приликом израде саобраћајног пројекта, обично услед комплексности проблематике или кратког временског рока за израду или било ког другог разлога дешава се да пројектант превиди, изостави или не испуни неки део правила струке. Наравно, док је све у складу са прописима не представља проблем за примену на терену, али дешава се да се појаве грешке и најчешће су следеће:

3.1 Типска решења

Најчешће се појављује код пројектаната који су радили пројекте привременог режима саобраћаја на државним путевима. За велики број локација на државним путевима пројекти привремене сигнализације се могу радити приближно неким типским решењима, наравно, уз одређена одступања. На улицама је сасвим другачији приступ. За разлику од државних путева постоји значајан број елемената који се морају додатно узети у обзир: паркинг места, колски улази, дрвореди, јавна расвета, контејнери, зоне школа, пешачке зоне, кретања пешака, објекти од значаја... Док са једне стране представља велики пројектантски изазов избалансирати зону радова и сигнализацију са свим елементима на које се утиче, са друге стоји и обавеза плаћање накнаде за заузеће и раскопавање јавне површине, па морају бити јасно раздвојене површине коловоза, тротоара и паркинг места.

3.2 Неадекватно постављање знакова III-79 и III-79.1



Често се дешава да се пре зоне радова, постави знак III-79 као обавештење о затварању саобраћајне траке, али није написана удаљеност до места где се трака затвара, што је саставни део овог знака.

Такође зна да буде неодговарајуће и постављање знака III-79.1, односно да буде постављен независно од почетка сужења саобраћајне траке, иако знак означава тачно место почетка сужења.

3.3 Затварање деонице улице која је била једносмерна без постављање одговарајућих знакова за двосмеран режим

Овај пропуст се најчешће односи на раскрсницу на којој у сталном режиму саобраћаја није било возила из смера затворене деонице, а у привременом режиму ће се возила појавити и из тог смера (јер деоница постаје „слепа” и двосмерна), а немају одговарајућу сигнализацију (најчешће знакови II-1 или II-2 и неки знак из категорије обавезних (II-43, II-43.1, II-43.2, II-43.3 или II-43.4) или дозвољених смерова (II-44, II-44.1 или II-44.2)).

3.4 Необраћање пажње на пешачке токове

За радове који се обављају на тротоару третирају се пешачки токови и пешаци се преводе на другу страну или се спроведу поред зоне радова. Међутим, у случајевима кад су радови на коловозу и то на пешачком прелазу или у његовој зони, дешава се да се пропусти укидање пешачког прелаза и онемогућавање пешака да на том месту пређу коловоз помоћу запрека или вођење на други адекватан начин.

3.5 Занемаривање постојања семафора

Често се у пројектима, како у графичком прилогу тако ни у техничком извештају, уопште не помиње постојање семафора, не разматра се његов рад и да ли је потребно променити сигнални план или извршити другу измену. Такође, било је више примера пројеката у којима је само у техничком извештају наведено да је потребно изменити сигнални план, без навођења на који начин.

3.6 У сигналном плану коришћење неодговарајућег трајања жутог светла

У Правилнику о саобраћајној сигнализацији, члан 73. став 8, прописано је да жуто светло у зонама радова на путу траје 4 секунде. Пројектанти то некад преvide и користе 3 секунде као за редован режим рада, односно за брзине до 60 km/h.

3.7 Приликом обележавања привременог пешачког прелаза неукидање паркинг места пре пешачког

У случајевима кад се заузима цела површина тротоара (најчешће приликом изградње објеката високоградње) и пешаци се морају превести на тротоар са друге стране, а постојећи пешачки прелази нису довољно близу, уводи се привремени пешачки прелаз. Ако не постоји друга могућност и због обележавања привременог пешачког прелаза се мора укинути паркинг место, пројектанти обично поставе знак II-34 (забрањено заустављање и паркирање) са допунском таблом која се односи на једно паркинг место где је пешачки прелаз. Међутим, законска обавеза је да се обезбеди 5 м прегледности и због тога се мора укинути паркинг место пре, односно после привременог пешачког прелаза (чиме се повећава и накнада коју корисник плаћа).

3.8 *Непонављање знакова са леве стране на путевима са две и више саобраћајних трака по смеру*

Правилником о начину регулисања саобраћаја на путевима у зони радова, члан 16. став 8, дефинисано је да се у случају пута са две или више саобраћајних трака по смеру саобраћајни знакови се постављају са обе стране коловоза, а дешава се да се то не испоштује у пројектима – поставе се знакови са десне стране, без понављача са леве. У случају кад је то на терену немогуће или нецелисходно извести (трамвајска баштица се налази на средини коловоза, а са друге стране коловоза постоји паркирање и знакови неће бити уочљиви...) то одступање од Правилника мора бити образложено у техничком опису, а не само изостављено постављања знакова.

3.9 *Ручно регулисање саобраћаја у ноћним условима*

Често пројектант нема тачне информације о периоду трајања радова, па се определи за ручно регулисање саобраћаја, а инвеститор поднесе захтев за измену режима саобраћаја на неколико дана, колико трају радови. То представља проблем јер, у складу са Правилником о начину регулисања саобраћаја на путевима у зони радова, члан 13. став 5, ручно регулисање саобраћаја у зони радова се обавља у условима добре видљивости и не обавља се у ноћним условима. То значи да се не може ручно регулисати у ноћним условима, а привремени режим саобраћаја мора и тад да буде успостављен.

Други случај је кад инвеститор наведе да радове изводи само дању, (нпр. у радно време од 7 до 15 сати), за време дневних услова. Међутим, раскопани део остаје и током ноћи и мора бити обезбеђен и успостављен привремени режим саобраћаја без обзира што се тада конкретно не изводе радови – нема радника на градилишту.

3.10 *Давање предности правцу који није приоритетан по сталној сигнализацији*

У типским решењима привременог режима саобраћаја, као и у највећем броју привремених режима, приликом раскопавања коловоза на по половини профила улице предност се даје смеру на ком се не врше радови (знак III-1), док возила из смера на ком се изводе радови морају да сачекају да прођу возила из супротног смера (знак II-33).

Међутим, погрешно је уопштавати ову логику и применити на све случајеве. Када се раскопава коловоз у зони раскрснице на улици која нема првенство пролаза (II-1 или II-2) јавља се дилема ко има првенство пролаза на суженом делу коловоза. Сталним режимом је првенство дато једној улици, а привременим другој. Да не би долазило до оваквих дилема потребно је ускладити сталну и привремену сигнализацију да не буду контрадикторне.

4 УМЕСТО ЗАКЉУЧКА

Приликом израде саобраћајних пројеката привремене сигнализације док трају радови на путу пројектанти морају да узму у обзир велики број чинилаца који утичу на безбедност саобраћаја. Понекад се провуку и грешке, као и у сваком послу – не

греши само онај ко не ради и у овом раду су наведени неки пропусти који се најчешће дешавају, како би пројектанти обратили пажњу да их не превиде.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон о безбедности саобраћаја на путевима („Службени гласник РС”, бр. 41/09, 53/10,101/11 и 32/13- Одлука УС , 55/14, 96/15 др .закон 9/16- одлука УС, 24/18, 41/18, 41/18 – др. закон, 87/18, 23/19, 128/20 – др. закон и 76/23)
- [2] Правилник о саобраћајној сигнализацији („Службени гласник РС”, бр. 85/17, 14/21 и 21/24)
- [3] Правилник о начину регулисања саобраћаја на путевима у зони радова („Службени гласник РС”, бр. 134/14)

SUMMARY

Ten most common mistakes in traffic projects of temporary traffic signals – experiences of the city of Belgrade

Abstract: Every day on the street network of the city of Belgrade, you can see over 100 locations where works are being carried out. Most often, these are works (construction, reconstruction, rehabilitation, regular maintenance, emergency works...) on infrastructural facilities located in the road. According to the current legal and by-law regulations, a decision of the competent authority is required for the performance of such works (except for urgent works up to 24 hours). The regulations regulate the procedure for obtaining a solution and have foreseen the development of a traffic project as a necessary condition. A traffic project can be done by a traffic engineer... with a license... To get a license, a minimum of 2 years... work in the profession is required. Although obtaining a license requires knowledge and experience, sometimes it happens that the designer overlooks or forgets a rule when creating a project. Technical control is also there to correct a possible error, but it still happens that inappropriate projects come to the Secretariat for Traffic. Although they themselves do not account for a large percentage of all projects, there are repetitive errors observed among them and they have a high share of total errors. The paper presents the 10 most common mistakes, the reasons why they occur and, where necessary, the way to correct them. This work represents an example of established good practice, which can be accepted and applied by other local self-purification units.

Key words: road works, traffic project, temporary traffic regime, excavation

Упутство за одређивање минималних ширина заузећа приликом извођења радова на тротоару

Љиљана Кузмановић, Секретаријат за саобраћај, Градска управа града Београда, Ijjana.kuzmanovic@beograd.gov.rs

Резиме: Свакодневица у урбаним насељима су радови на улицама и општинским путевима. Најшечће су то радови (изградња, реконструкција, санација, редовно одржавање, хитни радови...) на инфраструктурним објектима који се налазе у трупку пута. Према важећој законској и подзаконској регулативи за извођење оваквих радова (осим хитних радова до 24 часа) потребно је решење надлежног органа. Прописи регулишу поступак добијања решења, али није детаљно разрађена веза између самих грађевинских радова и саобраћајног обезбеђења градилишта. Како се у пракси дешавало да се примењују различита решења у зависности од пројектанта, Секретаријат за саобраћај је установио јединствену методологију које се пројектанти морају придржавати. Овај рад представља пример успостављене добре праксе, који могу прихватити и применити и остале јединице локалне самоуправе.

Кључне речи: радови на путу, привремени режим саобраћаја, раскопавање, заузеће

1 УВОД

У Секретаријату за саобраћај Градске управе Града Београда просечно се годишње обради око 2.000 предмета из области привременог режима саобраћаја, односно режима саобраћаја док трају радови на путу, врше се радови поред пута (изградња објеката...), припремају и спроводе спортске приредбе и друге манифестације. Искуство у најразноврснијим захтевима, широком обиму локација, различитом спектру пројектантских прилаза решавању режима саобраћаја изнудило је увођење референтних вредности за одређени тип – конкретно, раскопавања и заузећа тротоара на улицама.

Циљ овог поступка је остваривање и одржавање безбедности најрањивије категорије учесника у саобраћају – пешака, који су постали угрожени због смањивања зоне заузећа тротоара у пројектима, да би се снизила висина накнаде. Дефинисањем минималних димензија заузећа тротоара којих се пројектанти морају придржавати приликом пројектовања, без обзира на захтеве инвеститора, на саобраћајног пројектанта или обрађивача предмета, омогућава се потребна безбедност пешака.

2 ЗАКОНСКЕ ОСНОВЕ И ПРОПИСИ

На основу тада важећег Закона о безбедности саобраћаја на путевима и у складу са тада важећим Правилником о саобраћајној сигнализацији, 2014. године је донет Правилник о начину регулисања саобраћаја на путевима у зони радова. Овим правилником је прописано техничко регулисање саобраћаја на делу пута на коме се изводе радови – у зони радова.

Правилником су дефинисани критеријуми за зоне радова и подкритеријуми за сваки критеријум, како би се прецизно одредили сви могући сценарији за које се утврђује начин регулisaња саобраћаја и на основу њих изабрао начин регулisaња саобраћаја.

Без обзира какво саобраћајно решење је изабрано, израђује се саобраћајни пројекат који се доставља надлежном органу за издавање решења.

У току 2018. године донет је Закон о накнадама за коришћење јавних добара и на основу њега Одлука о накнадама за коришћење јавних површина за територију града Београда, на основу које почиње наплата накнада за коришћење јавних површина за време раскопавања и заузећа пута.

Наплата се обрачунава на основу заузете/ раскопане саобраћајне површине ($y m^2$) по дану (00-24 h је један дан). Површина се даље дели на:

- раскопавање коловоза и тротоара и то у зависности од периода: једна тарифа је од 1. априла до 31. октобра, а друга у току тзв. „зимског периода“ од 1. новембра до 31. марта
- заузеће коловоза, тротоара и паркинг места, при чему се заузеће коловоза дели на заузеће коловоза у улицама којима саобраћају возила јавног превоза или не.

3 ПРОБЛЕМАТИКА

Увођењем и наплатом накнада приликом раскопавања и/или заузећа пута долази до промена у саобраћајним пројектима и значајно се смањују приказане површине које се раскопавају и заузимају.

Реално, на терену се заузимају исте површине као и раније, али због плаћања у пројектима је представљено да су површине значајно мање. Ово се, пре свега, односи на раскопавање тротоара било за електричне инсталације, гасовод, телекомуникационе или оптичке каблове.

Како у Правилнику о начину регулisaња саобраћаја на путевима у зони радова није прецизирано растојање за радове на тротоару (прилог 5) [2]:

НАЧИН ПОСТАВЉАЊА ЗАПРЕКА У ОДНОСУ НА ИВИЦУ ГРАДИЛИШТА И САОБРАЋАЈНУ ТРАКУ У ЗОНИ РАДОВА

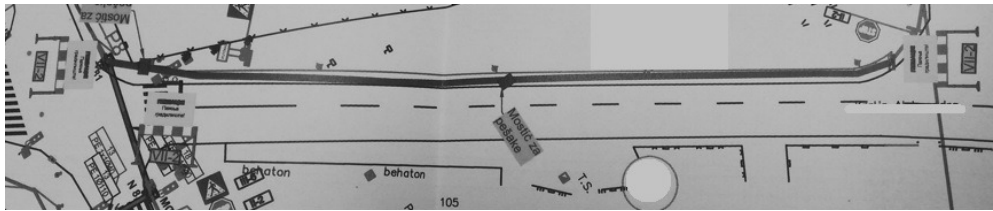
Удаљеност ивице запрека	Минимално растојање (cm)
Удаљеност ивице запреке у односу на ивицу саобраћајне траке у зони радова	25
Удаљеност ивице запреке до ивице градилишта (бочног заштитног подручја) у насељу	30
Удаљеност ивице запреке до ивице градилишта (бочног заштитног подручја) ван насеља	50
Удаљеност ивице заштитне оградe до ивице саобраћајне траке у зони радова	25



све је било препуштено слободној процени пројектаната и обрађивача предмета.

У пракси, кад год се раскопава тротоар ручно (што је најчешћи случај због великог броја инсталација и услова ималаца јавних овлашћења) заузета је цела ширина тротоара (ров, материјал који се ископа, радници, алат, често и возило...),

али је у пројектима најчешће представљено да се раскопава тачно ширина рова и поред се заузима ширина од на пример 0,2 м и да пешаци могу да прођу тротоаром поред зоне радова (Сл. 1, извор Архива Секретаријата за саобраћај).



Слика 1. Пример из пројекта раскопавања тротоара и проласка пешака поред зоне радова

Наравно да је овакав случај неспроводив у пракси, али пројектанти га, у складу са захтевом инвеститора, представе на такав начин и једина могућност која преостаје је да надлежне службе инспекцијских послова контролишу стање на терену и кажњавају кад се фактичко стање разликује од дозвољеног.

Осим тога, све чешће су биле притужбе пројектаната да инвеститори ангажују колеге који највише смање површину заузећа и раскопавања како би што мањи износ накнаде био плаћен.

4 РЕШЕЊЕ

У циљу превазилажења различитих тумачења и расправа са пројектантима око површина раскопавања и заузећа тротоара, у Одељењу за привремени режим саобраћаја је покренуто питање доношења јединственог става ког ће се сви придржавати. Након детаљног разматрања свих предложених решења, неколико спроведених стручних расправа, консултација са колегама грађевинске струке и више итерација донет је заједнички закључак као упутство за све радове на тротоару. Ширине заузећа поред зоне раскопавања су сведене на минималне потребне за извођење радова, што значи да испод тих димензија не могу бити одобрене.

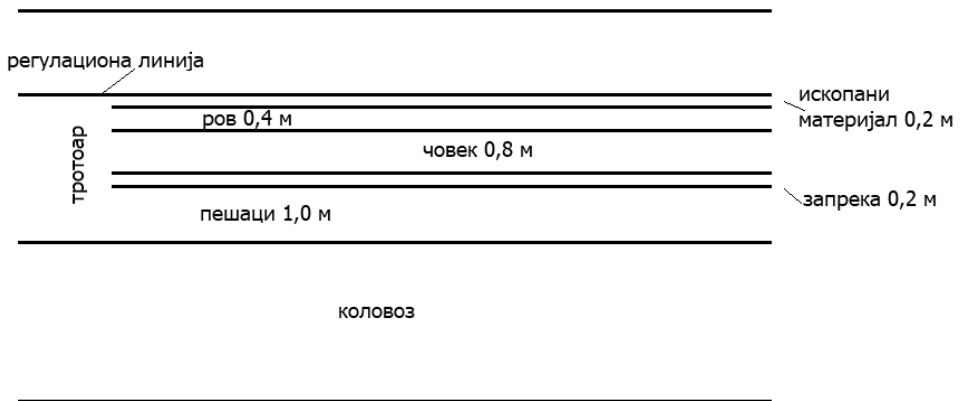
У следећој табели наведене су димензије уз образложење (намену) заузећа:

Табела 1. Минималне потребне ширине приликом ручног раскопавања тротоара

Ширина (m)	Образложење заузећа
0,2	ширина потребна за депоновање материјала (за време копања, док се избацује из рова)
0,4 (0,6...)	ширина рова
0,8	ширина радника
0,2	ширина запреке/ постоља
1,0 – 2,0	ширина потребна за пролаз пешака (у зависности од јачине пешачких токова)

Све димензије су дате као минималне потребне и упутство се примењује као минимум потребан да се изводе радови, све шире од тога је добродошло.

Према наведеним условима, потребна ширина тротоара на ком је могуће оставити пешачке токове поред зоне радова, у случају да је ширина рова 0,4 м и где су слаби пешачки токови, износи 2,6 м (Сл. 2).



Слика 2. Шема минималних ширина за ров ширине 0,4 м

У свим другим случајевима: већа ширина рова, интензивнији ток пешака и сл. тротоар мора бити још шири. Ако ширина тротоара не испуњава овај услов пешаци се морају, на већ постојећим или привременим пешачким прелазима превести на другу страну или обезбедити на други начин.

Пројектант који се не придржава задатих димензија мора да образложи тачно коју ставку и на основу чега је смањио.

5 ЗАКЉУЧАК

У постојећој законској и подзаконској регулативи у области саобраћаја не постоји јасно дефинисан начин дефинисања заузетих и раскопаних површина приликом извођења радова на путу. Као последица тога у пракси су за исте радове била присутна различита решења и различите вредности су варирале зависно од пројектанта. Како би се превазишле ове несугласице Одељење за привремени режим саобраћаја Секретаријата за саобраћај је одредило минималне димензије испод којих се не може издавати решења за заузеће и раскопавање тротоара на уличној мрежи Града Београда. Примена оваквог поступања траје скоро две године, вредности су прихваћене и од пројектаната и од инвеститора и препорука је да се овај метод може применити и у осталим локалним заједницама.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон о безбедности саобраћаја на путевима ("Службени гласник РС", бр. 41/09, 53/10, 101/11 и 32/13- Одлука УС, 55/14, 96/15 др. закон 9/16- одлука УС, 24/18, 41/18, 41/18 – др. закон, 87/18, 23/19, 128/20 – др. закон и 76/23)
- [2] Правилник о начину регулисања саобраћаја на путевима у зони радова („Службени гласник РС”, бр. 134/14)

- [3] Закон о накнадама за коришћење јавних добара („Службени гласник РС”, бр. 95/18, 49/19, 86/19, 156/20, 15/21 – допуна, 15/23, 92/23 и 120/23)
- [4] Одлука о накнадама за коришћење јавних површина за територију града Београда („Службени лист града Београда”, бр. 118/18, 52/19, 114/19, 137/20, 156/20, 29/21, 120/21, 108/22 и 113/23)
- [5] Архива Секретаријата за саобраћај

SUMMARY

Instructions for determining the minimum widths of occupation during performing works on sidewalks

Abstract: Everyday in urban settlements are works on streets and municipal roads. Most often, these are works (construction, reconstruction, rehabilitation, regular maintenance, emergency works...) on infrastructural facilities located in the road. According to the current legal and by-law regulations, a decision of the competent authority is required for the performance of such works (except for urgent works up to 24 hours). The regulations regulate the procedure for obtaining a solution, but the connection between the construction works themselves and the traffic security of the construction site is not elaborated in detail. As it happened in practice that different solutions were applied depending on the designer, the Secretariat for Transport established a unique methodology that designers must adhere to. This work represents an example of established good practice, which can be accepted and applied by other local self-purification units.

Key words: road works, temporary traffic regime, excavation, occupation.

Idejno rešenje za redizajniranje klasične raskrsnice u kružnu – primer raskrsnice u Aleksandrovcu

Svetlana Živadinović, Saobraćajni fakultet, Beograd, szivadinovic99@gmail.com

Rezime: Rezultati različitih istraživanja pokazuju da se, u određenim situacijama, projektovanjem savremenih kružnih raskrsnica, umesto klasičnih četvorokrakih raskrsnica, unapređuje efikasnost saobraćaja i povećava aktivna i pasivna bezbednost: značajno se smanjuje potencijalni broj konflikata, redukuju se brzine pri kretanju raskrsnicom, manevri su svedeni na ulivanje i izlivanje itd. Imajući navedene prednosti u vidu, u ovom radu je razmatrana rekonstrukcija četvorokrake raskrsnice (ukrštanje državnih puteva IIA reda br. 207 i br. 211) u naselju Vitkovo (Aleksandrovac) u kružnu raskrsnicu. Prilikom inicijalne provere postojeće raskrsnice uočen je niz nepravilnosti koje se odnose na: pojavu zagušenja, nepoštovanje saobraćajnih propisa, pojavu težih konflikata, smanjenu preglednost u raskrsnici, loše stanje kolovoza i saobraćajne signalizacije i dr. Upravo pomenuti nedostaci podstakli su na razmatranje redizajniranje postojeće raskrsnice u kružnu. Na osnovu sprovedenih terenskih istraživanja, pregleda relevantne naučno-stručne literature i uz poštovanje propisanih zakonskih normi, predložena je kompaktna, jednotačna kružna raskrsnica sa prelaznim kolovozom. Smatra se da će predloženo rešenje, uz adekvatno projektovanje i postavljanje neophodne saobraćajne signalizacije, sa jedne strane unaprediti efikasnost saobraćaja: smanjiti potencijalna zagušenja i vreme čekanja za korisnike na sporednom pravcu, dok će sa druge strane unaprediti nivo bezbednosti saobraćaja kroz redukovanje broja konflikata i kontrolu brzine vozila u raskrsnici.

Ključne reči: četvorokraka raskrsnica, kružna raskrsnica, saobraćajno projektovanje, redizajniranje

1 UVOD

Povećanje broja motornih vozila i transportnih zahteva generalno, uslovalo je potrebu za razmatranjem različitih saobraćajnih rešenja. Istraživanja koja su sprovedena tokom prethodnih godina, ukazuju na prednost kružnih raskrsnica u odnosu na klasične četvorokrake raskrsnice.

Predmet ovog rada je ispitivanje mogućnosti primene kružne raskrsnice kao varijantnog rešenja četvorokrake raskrsnice u Vitkovu, opština Aleksandrovac. Motiv za izradu ovog rada je unapređenje postojećeg stanja raskrsnice, jer je uočen niz nepravilnosti koje se odnose na pojavu zagušenja, nebezbednost saobraćaja, smanjenu preglednost i dr. Potencijalno rešenje moglo bi da ima uticaj na unapređenje nivoa usluge, na smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu i sl., ali to treba potvrditi i simulacijom kroz koju bi se ispitali svi pozitivni i negativni uticaji rešenja.

Predmetni čvor formiraju krakovi koji su deo državnih puteva IIA reda. Ukrštaju se državni put broj 207 i državni put broj 211. Predmetna raskrsnica je četvorokraka i nije

semaforizovana. Režim saobraćaja je dvosmeran na svim krakovima, sa po jednom trakom na ulazu u raskrslu i jednom trakom na izlazu iz raskrslu.

Raskrslu je planirano mesto sukoba saobraćajnih tokova na uličnoj (ili putnoj) mreži. (Trpković, 2021) Postoje tri vrste saobraćajnih tokova: neprekinuti, delimično prekinuti i kombinovani saobraćajni tok. (Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji) Funkcionalno područje površinske raskrslu obuhvata sledeće zone: zone percepcije, prestrojavanja, postrojavanja, konflikta (kolizije) i ubrzavanja. (Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta, 2011) Kružna raskrslu reguliše konflikt tokova preraspodelom prioriteta na način da vozila koja se kreću kružnim delom raskrslu imaju u zonama konflikta preglednost u odnosu na tokove sa prilaza koji nameravaju da se uliju u kružni tok. (Maletin, 2009)

2 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Istraživački deo ovog rada obuhvata nekoliko različitih istraživanja sa ciljem prikupljanja podataka o protoku, strukturi toka, kvalitetu horizontalne i vertikalne signalizacije, stanja kolovoza.

Istraživanja koja su vršena za potrebe ovog rada odnosila su se na:

- Istraživanje saobraćajnog opterećenja i
- Ispitivanje kvaliteta signalizacije i kolovoza.

Prikupljeni podaci su obrađeni u programskom paketu „Excel 2013” i prikazani u formi tabela i grafika. Prikaz postojećeg i novoprojektovanog stanja raskrslu, kao i poprečnog profila, rađen je u programu „AutoCAD 2018”.

Brojanje saobraćaja je vršeno u sredu, 16.08.2023. godine, u karakterističnim periodima i to u jutarnjem vršnom periodu, od 07:00 do 08:00, kao i u popodnevnom vršnom periodu, od 14:00 do 15:00, kada je intenzitet saobraćajnih tokova (saobraćajno opterećenje) najveći, ali i u večernjem vršnom periodu, od 20:00 do 21:00 časa. Vremenska jedinica posmatranja u toku vršnog perioda bio je petnaestominutni interval.

Brojanje je vršeno manuelno, odnosno ručno, na osnovu posebno napravljenog brojačkog obrasca koji je definisan za potrebe istraživanja Saobraćajnog fakulteta. U ovom obrascu su obuhvaćeni putnički automobili, autobusi, laka i teška teretna vozila.

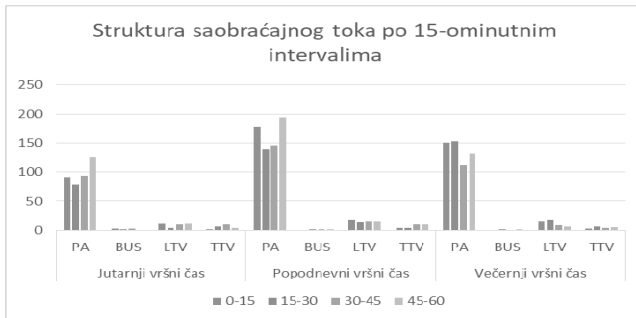
Ispitivanje kvaliteta vertikalne i horizontalne saobraćajne signalizacije, kao i stanja kolovoza na posmatranoj raskrslu, sastoji se iz nekoliko koraka: izlazak na teren, fotodokumentacija, analiza postojećeg stanja i ocena kvaliteta saobraćajne signalizacije i stanja kolovoza. Nakon pojedinačnog ocenjivanja daje se zbirna ocena stanja.

3 ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA PREDMETNE RASKRSLU

Predmetna raskrslu se nalazi u naselju Vitkovo, opština Aleksandrovac, koja je 229 km južno od Beograda. Predmetni čvor formiraju krakovi koji su deo državnih putevi IIA reda. Severni krak raskrslu čini deonica državnog puta broj 211, Vitkovo – Stopanja, a južni krak deonica Vitkovo – Brus. Zapadni i istočni krak čine deonice Vitkovo – Boturići i Vitkovo – Koševi koje pripadaju državnom putu broj 207. Predmetna raskrslu je četvorokraka i nije semaforizovana. Režim saobraćaja je dvosmeran na svim krakovima, sa po jednom trakom na ulazu u raskrslu i jednom trakom na izlazu iz raskrslu, a njihova

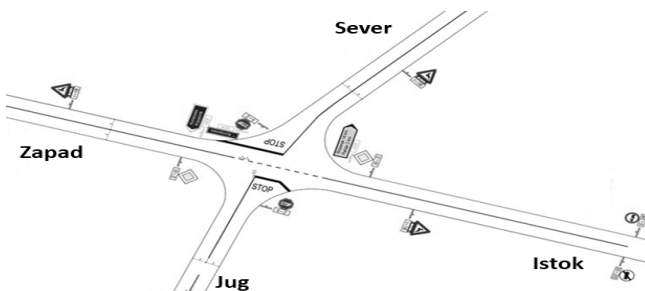
širina je 3 metra. Ne postoji trotoar za kretanje pešaka, kao ni odgovarajuća infrastruktura za bicikliste tako da svi koriste infrastukturu koja je namenjena motornim vozilima.

Brojanjem saobraćaja u jutarnjem vršnom času zabeleženo je ukupno 454 vozila koja su prošla raskrsnicom, u popodnevnom vršnom času bilo je 747 vozila, a u večernjem vršnom času 615 vozila. Najveći procenat zastupljenosti čini kategorija putničkih automobila (oko 87%), a najmanji procenat čine autobusi, u sva tri posmatrana perioda brojanja saobraćaja. Rezultati brojanja prikazani su na Grafiku 1.



Grafik 1. Struktura saobraćajnog toka po 15-ominutnim intervalima

Posmatrana raskrsnica je regulisana vertikalnom (saobraćajnim znakovima) i horizontalnom (oznake na kolovozu) saobraćajnom signalizacijom. Raskrsnica predstavlja nesemaforisanu raskrsnicu. Na severnom i južnom kraku, deonicama državnog puta IIA reda, broj 211, na prilazu je postavljen saobraćajni znak II-2 („STOP” tj. „obavezno zaustavljanje”). Dok je na ostalim krakovima postavljen znak III-3 („put sa prvenstvom prolaza”). Na Slici 1 prikazano je postojeće stanje predmetne raskrsnice.



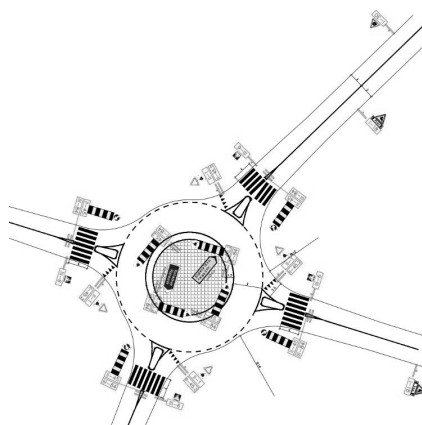
Slika 1. Postojeće stanje raskrsnice

Raskrsnica se nalazi na ravnom, preglednom i dovoljno prostranom terenu, gde se ukrštaju četiri kraka istog ranga i gde postoji ravnoteža protoka među prilaznim tokovima. Takođe, postoji mogućnost da se razvije velika brzina. Semaforisanje raskrsnice neće obezbediti efikasno i izbalansirano opsluživanje sporednih tokova, a na raskrsnici ne postoji adekvatna pešačka infrastruktura. Sve prethodno navedeno ukazuje na potrebu za implementaciju kružne raskrsnice. Ipak, postoje određeni kriterijumi koji ne pogoduju primeni kružne raskrsnice, i to su stajalište javnog prevoza u neposrednoj blizini raskrsnice i postojanje većeg nagiba na severnom kraku raskrsnice.

4 PREDLOG REŠENJA

Umesto postojeće četvorokrake raskrsnice projektovana je jednostručna kružna raskrsnica sa dodatnim prelaznim kolovozom. Prečnik kružne raskrsnice je 30.0 m, a poluprečnik centralnog ostrva je 7.5 m. Kružni kolovoz je širine 6.0 m, a širina prelaznog kolovoza, koji je namenjen za manevrisanje teških teretnih vozila i autobusa, je 1.5 m. Ulivni radijusi, počeci od severnog kraka pa na dalje, iznose 12 m, 14 m, 14 m, 14 m respektivno. Na centralnom ostrvu postavljeni su znakovi „kružni tok saobraćaja” (II-45.2) zajedno sa znakom „tabla za označavanje vrha razdelnog ostrva” (III-84) okrenuti licem ka vozilima koja se ulivaju u kružni tok.

Broj traka na prilazima je ostao isti, dakle, po jedna ulivna saobraćajna traka širine 3.5 m i jedna izlivna saobraćajna traka širine 3.5 m. Od vertikalne signalizacije na mestima ulivanja vozila u kružni tok imamo: „ustupanje prvenstva prolaza” tj. znak II-1 i „kružni tok saobraćaja” tj. znak II-45.2. Ovi znakovi su okrenuti licem vozilima koja se ulivaju kako bi ih vozači lakše uočili. Na udaljenosti od 60.0 m postavljen je znak „raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja”, znak I-30, kako bi najavili blizinu kružne raskrsnice i opomenuli vozače da prilagode brzinu kretanja vozila uslovima kretanja u kružnom toku. Pored standardne vertikalne signalizacije, na kolovozu je obeležena i „isprekidana linija zaustavljanja” (V-1.2) u vidu malih, obrnutih trouglova. Na Slici 2 prikazano je novoprojektovano stanje predmetne raskrsnice sa horizontalnom i vertikalnom signalizacijom.



Slika 2. Novoprojektovano stanje raskrsnice sa horizontalnom i vertikalnom signalizacijom

Razdelna ostrva služe za razdvajanje ulivne i izlivne saobraćajne trake i njihova širina je 1.6 m, a dužina 4.5 m, radijusa zaobljenja 1.0 m. Postoje i polja za usmeravanje saobraćaja ispred ostrva za razdvajanje saobraćajnih tokova (V-13.4).

Pošto u postojećem stanju ne postoji adekvatna pešačka infrastruktura, u novoprojektovanom stanju su planirani pešački prelazi na svim kracima predmetne raskrsnice. Širina pešačkih prelaza je 4.0 m i udaljeni su 5.0 m od početka kružnog dela kolovoza. Obeležena su odgovarajućom vertikalnom signalizacijom „pešački prelaz” (III-6), i elementima horizontalne signalizacije, oznakom „pešački prelaz” (V-4). Znak „divljač na putu” (I-18), sa odgovarajućom dopunskom tablom, postavljen na severnom, istočnom i zapadnom izlazu ostaje na istom mestu.

5 ZAKLJUČAK

Pravci budućih istraživanja trebali bi biti detaljna analiza stanja pre i posle, kao i simulacija postojećeg i novoprojektovanog rešenja kako bi se ona poredila po izabranim pokazateljima i potvrdile već navedene pretpostavke, unapređenje nivoa usluge, unapređenje bezbednosti saobraćaja, itd.

Cilj ovog rada je analiza i rekonstrukcija klasične četvorokrake raskrsnice u Vitkovu, u opštini Aleksandrovac, u kružnu raskrsnicu. Lokacija raskrsnice je pogodna za projektovanje kružne raskrsnice jer je na ravnom, preglednom i dovoljno prostranom terenu; ne postoje režimska ograničenja niti razlike u rang u saobraćajnice; nalazi se u blizini urbane zone pa je potrebno prilagoditi vozače urbanim uslovima saobraćaja; ostali načini regulisanja saobraćaja ne obezbeđuju efikasno i izbalansirano opsluživanje sporednih tokova u odnosu na dominantne tokove.

Predmetna četvorokraka raskrsnica, pre rekonstrukcije, ima srednje ocenjeno stanje vertikalne signalizacije, srednje ocenjeno stanje horizontalne signalizacije, a što se tiče stanja kolovoza, takođe, je ocenjeno kao srednje, u zavisnosti od oštećenja. Na raskrsnici su prisutni i veliki vremenski gubici vozila sa sporednog pravca, jer se teže uključuju u raskrsnicu zbog vozila na glavnom pravcu, i stvaranje zagušenja na raskrsnici u karakterističnim satima.

Novoprojektovana kružna raskrsnica bi imala vertikalnu i horizontalnu signalizaciju, kao i stanje kolovoza u odličnom stanju. Takođe, smanjili bi se vremenski gubici vozila koja se priključuju sa sporednog pravca, smanjio bi se broj konfliktnih tačaka, pa bi se povećala bezbednost učesnika u saobraćaju, smanjili bi se i negativni uticaji na okruženje.

LITERATURA

- [1] Trpković, Ana: ULIČNA MREŽA, Vodič za projektovanje raskrsnica u nivou, nastavni materijal sa predavanja, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2023.
- [2] Vranjevac, S., Gavran, D., Fric, S., Ilić, V., & Trpčevski, F. (2018). ANALIZA OPRAVDANOSTI PRIMENE KRUŽNIH RASKRSNICA UMETO KLASIČNIH RASKRSNICA SA PRESECANJEM SAOBRAĆAJNIH STUJA. 218-229
- [3] Jevremović, Sreten: KRUŽNE RASKRSNICE, nastavni materijal sa vežbi, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2023.
- [4] Maletin, Mihajlo: OSNOVE PLANIRANJA I PROJEKTOVANJA KRUŽNIH RASKRSNICA U GRADOVIMA, Građevinski fakultet, Beograd. 2009.
- [5] Šenica, G., Milošević, D.: SAVREMENE KRUŽNE RASKRSNICE SA KRUŽNIM TOKOM – PROCES PLANIRANJA, Institut za puteve, Beograd, 2007.
- [6] Ministarstvo saobraćaja: PRAVILNIK O SAOBRAĆAJNOJ SIGNALIZACIJI, ("Službeni glasnik RS", br. 85/17), Beograd, 2017.
- [7] JP „Putevi Srbije”: PRAVILNIK O USLOVIMA KOJE SA ASPEKTA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA MORAJU DA ISPUNJAVAJU PUTNI OBJEKTI I DRUGI ELEMENTI JAVNOG PUTA, („Službeni glasnik RS”, br. 50/11), Beograd, 2011.

SUMMARY

Conceptual solution for the redesign of a classic intersection into a roundabout – example of the intersection in Aleksandrovac

Abstract: The results of various researches show that, in certain situations, designing modern roundabouts, instead of classic four-arm intersections, improves traffic efficiency and increases active and passive safety: the potential number of conflicts is significantly reduced, speeds are reduced when moving through the intersection, manoeuvres are reduced on entrances and exits, etc. Keeping the above mentioned advantages in mind, this paper considered the redesign of the four-arm intersection (intersection of IIA state roads No. 207 and No. 211) in the settlement of Vitkovo (Aleksandrovac) into a roundabout. During the initial inspection of the existing intersection, a number of irregularities were observed, related to: the occurrence of congestion, non-compliance with traffic regulations, the occurrence of more serious conflicts, reduced visibility at the intersection, poor condition of the traffic signalization, etc. The mentioned shortcomings led to thinking about redesigning the existing intersection into a roundabout. Based on the conducted field research, a review of the relevant scientific literature, and in compliance with the prescribed legal norms, a compact one-lane roundabout with a transition lane was proposed. It is believed that the proposed solution, by adequately designing and installing the necessary traffic signals, will improve traffic efficiency on the one hand: reduce potential congestion and the waiting time of users on the side road, while on the other hand it will improve the level of traffic. traffic safety through reducing the number of conflicts and controlling the speed of vehicles at the intersection.

Key words: four-arm intersection, traffic design, roundabout, redesign

Istraživanje efekata vibracionih traka na smanjenje brzine kretanja vozila u zoni pješačkih prelaza

Milan Andrijašević, Samostalni savjetnik II za saobraćaj, Opština Bar, Bulevar revolucije 1, Bar, milan.1.andrijasevic@gmail.com

Vladimir Ilić, Mašinski fakultet Podgorica, Bulevar Džordža Vašingtona bb, vladimiri@ucg.ac.me

Boško Matović, Mašinski fakultet Podgorica, Bulevar Džordža Vašingtona bb, boskom@ucg.ac.me

Vuk Bogdanović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, vuk@uns.ac.rs

Radoje Vujadinović, Mašinski fakultet Podgorica, Bulevar Džordža Vašingtona bb, radojev@ucg.ac.me

Rezime: U cilju smanjivanja brzine kretanja u zoni pješačkih prelaza, primjenjuju se različite tehnike i sredstva za usporavanje saobraćaja. U praksi se na navedenim dionicama, naročito ukoliko predstavljaju prolaskе državnih puteva kroz naselje, primjenjuju vibracione trake. Vibracione trake predstavljaju tehnička sredstva za usporavanje saobraćaja na kolovozu koje pri prelazu vozila preko istih proizvode jače vibracije i zvučne efekte i na taj način upozoravaju vozače na potrebu smanjenja brzine kretanja vozila. S obzirom da se vibracionim trakama vozači ne primoravaju da smanje brzinu kretanja prinudnim putem, nameće se potreba da se ispituju efekti postavljanja vibracionih traka. Poznato je da vibracione trake proizvode zvučne vibracije, što utiče na nivo buke u okruženju u kojem su postavljene, naročito u uslovima gusto izgrađenih naselja. U tom smislu, u okviru rada su ispitani efekti postavljanja vibracionih traka u zoni pješačkih prelaza, na način što je mjerena brzina kretanja pojedinačnih vozila prije i poslije vibracionih traka. Rezultati su pokazali da je preko 80% vozila ostvarilo smanjenje brzine kretanja na dionici na kojoj se nalaze vibracione trake. Međutim, na lokaciji istraživanja je uočen i visok procenat prekoračenja dozvoljene brzine kretanja (skoro 80%). Ovo upućuje na zaključak da vibracione trake postavljene na lokaciji istraživanja imaju efekta u pogledu smanjenja brzine kretanja vozila u saobraćajnom toku (u prosjeku za oko 5 km/h), ali ipak ne „primoravaju“ vozače na poštovanje dozvoljene brzine kretanja.

Ključne reči: vibracione trake, pješački prelazi, brzina, mjere za smirivanje saobraćaja, DataFromSky

1 UVOD

Trenutni trendovi koji se odnose na smrtne slučajeve i povrede nastale u saobraćajnim nezgodama, ukazuju da je riječ o rastućem problemu na globalnom nivou. Procjena je da svake godine u saobraćajnim nezgodama život izgubi oko 1,35 miliona ljudi.

Takođe, povrede zadobijene u drumskom saobraćaju zauzimaju osmo mjesto, kada posmatramo najčešće uzročnike smrti u svim starosnim kategorijama. [1]

Brzina predstavlja jedan od ključnih faktora koji doprinosi nastanku i težini posledica saobraćajnih nezgoda. Prema različitim izvorima, povećanjem brzine kretanja za 1% povećava se rizik nastanka nezgode za oko 7,8%. Sa druge strane, različiti istraživači ukazuju da smanjenje prosječne brzine saobraćajnog toka za 1% odgovara smanjenju stope nezgoda od 1,5 do 3%. U Evropi, više od 68% ispitanika je izjavilo da vozi brže od ograničenja brzine na različitim kategorijama puteva, pri čemu je brza vožnja najčešće prijavljeno nebezbedno ponašanje [2].

Istraživanjem indikatora bezbjednosti saobraćaja u Crnoj Gori u 2023. godini, utvrđeno je da se više od polovine vozača kretalo brzinom koja je veća od ograničenja brzine na posmatranoj dionici puta (58,2%), dok je njih 41,8% poštovalo ovo ograničenje. Procenat prekoračenih brzina u 2023. godini povećao se u odnosu na 2022. godinu za 10,4% [3]. Ovi podaci najbolje pokazuju koliko je problem brzina izražen na putevima u Crnoj Gori, uz tendenciju pogoršanja stanja. Poštovanje dozvoljenih brzina kretanja je naročito važno u naseljima, gdje je povećano prisustvo ranjivih kategorija učesnika u saobraćaju. Ovo je izrazito važno na mjestu ukrštanja pješačkih i tokova vozila, naročito ako se uzme u obzir funkcionalna zavisnost sudarne brzine i rizika od stradanja pješaka.

Kruszyna i Matczuk-Pisarek [4] su izvršili evaluaciju različitih mjera koje imaju za cilj smanjenje brzine kretanja vozila u zonama pješačkih prelaza, pri čemu je istaknuta činjenica da oko 1/3 poginulih u saobraćaju čine pješaci, od kojih 25% pogine na pješačkim prelazima. Uočeni su brojni faktori koji utiču na nastanak saobraćajnih nezgoda u kojima učestvuju pješaci, i to: vidljivost pješačkih prelaza, ometanje slušne pažnje pješaka, vremenske prilike, okruženje puta i sl.

Kao izrazito rizične lokacije u urbanim sredinama predstavljaju prolasci državnih puteva kroz naselje, na kojima se, po pravilu, ostvaruju veće dozvoljene brzine, pa samim tim predstavljaju dionice sa povećanim rizikom za nastanak saobraćajnih nezgoda. U cilju smanjivanja brzine na pomenutim lokacijama koriste se različita sredstva, pri čemu se predmet interesovanja ovog rada odnosi na primjenu vibracionih traka, kao tehničkog sredstva za smirivanje saobraćaja u zoni pješačkih prelaza.

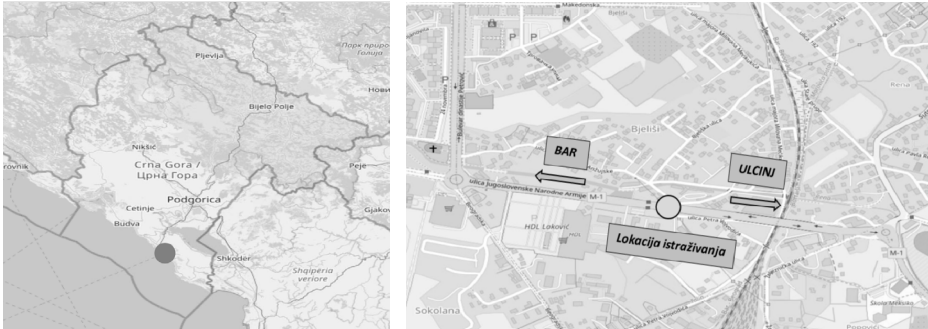
Vibracione trake pripadaju grupi sredstava za smirivanje saobraćaja koje vozače ne primoravaju fizički da smanje brzinu kretanja, poput, npr. „ležećih policajaca“. Prilikom prelaska vozila preko vibracionih traka proizvode se vibracije, koje se prenose do vozača, i na taj način utiču na povećanje opreznosti, i posledično smanjenje trenutne brzine kretanja. Postavljaju se u saobraćajnoj (kolovoznoj) traci poprečno na pravac kretanja vozila, u setovima ili parovima, pri čemu u zavisnosti od važeće brzine kretanja u zoni pješačkog prelaza, zavisi i međusobno odstojanje između vibracionih traka. Razmak između postavljenih traka smanjuje se od prvog ka posljednjem setu, gledano u smjeru kretanja vozila, zavisno od propisane brzine kretanja na dionici. Vibracione trake se izvode od plastičnih materijala, širine najčešće 12cm i visine 5mm.

2 ISTRAŽIVANJE

2.1 Metodologija i cilj istraživanja

Ispitivanje efekata vibracionih traka na smanjenje brzine kretanja vozila obavljeno je na dionici magistralnog puta M-1 Bar – Ulcinj, koja predstavlja dio državnog puta koji prolazi kroz naselje. Istraživanje je izvršeno u zoni pješačkog prelaza koji se nalazi na presjeku saobraćajnice, koja se sastoji od dvije kolovozne trake koje su fizički odvojene razdjelnim ostvrom, sa po dvije saobraćajne trake za kretanje u jednom smjeru, u zoni raskrsnice sa ulicom Petra Vojvodića i ulicom Kraljice Jelene Anžuijske. Dionica se nalazi u pravcu, bez izraženog uzdužnog nagiba u zoni pješačkog prelaza.

Prikaz makro i mikro zone na kojoj je vršeno istraživanje prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Prikaz makro i mikro zone istraživanja

Podvod za odabir lokacije istraživanja leži u činjenici da se na istoj dogodio veliki broj saobraćajnih nezgoda sa učešćem pješaka. U cilju unaprijeđenja bezbjednosti saobraćaja na predmetnoj dionici, upravljач puta je u toku 2022. godine izvršio primjenu seta saobraćajno-tehničkih mjera za poboljšanje bezbjednosti saobraćaja. Mjere su se sastojale u dodatnom naglašavanju predmetne zone saobraćajnom signalizacijom, kao i u ugradnji zvučno-vibracionih traka.



Slika 2. Lokacija na kojoj je vršeno istraživanje

Neophodni podaci za sprovođenje istraživanja prikupljeni su pomoću video snimka, sačinjenog uz pomoć drona. Korišćena je letilica marke "DJI Mini 3", koja omogućava evidentiranje video snimaka iz vazduha visoke rezolucije (Slika 3). Dron je opremljen

kamerom od 48 Mpix i posjeduje četiri propelera koji mu omogućavaju da u vazduhu razvije brzinu od 16 m/s, tako da je moguće lako mijenjati poziciju sa koje se snima.



Slika 3. Letelica korišćena za potrebe istraživanja

Snimak je sačinjen u toku radnog dana, u popodnevним satima, van perioda vršnog sata. Snimano je pod uglom od 0° u odnosu na površinu kolovoza, na visini od oko 200 m. Za vrijeme snimanja vremenski uslovi su bili povoljni (sunčano i bez prisustva vjetra). Sačinjeni snimak, dužine oko 20 minuta, je kasnije obrađen u programskom paketu „DataFromSky”, pomoću koga se došlo do potrebnih podataka o brzinama kretanja vozila u saobraćajnom toku, kao i vrijednostima njihovog usporenja prilikom prolaska kroz zonu u kojoj su postavljene vibracione trake. Prednost ovakvog načina prikupljanja podataka u saobraćaju ogleda se u činjenici da prikupljeni podaci oslikavaju realne uslove odvijanja saobraćaja, jer učesnici u saobraćaju nisu svjesni da su predmet snimanja u datom trenutku, pa nema nikakve promjene ponašanja usled toga.

„DataFromSky” predstavlja softver koji nudi različita analitička rješenja posvećena upravljanju saobraćajem. Ovaj softver raspolaže alatima koji omogućavaju da na osnovu sačinjenog video snimka odvijanja saobraćaja na nekoj dionici/lokaciji utvrdi brojne parametre saobraćajnih tokova za različite analize, od kojih su za potrebe ovog istraživanja najznačajniji brzina kretanja vozila, kao i vrijednosti njihovog usporenja. Uz pomoć softvera definisano je ukupno 4 gejta (poprečna presjeka) na kojima softver prepoznaje prolaskе objekata (vozila, pješaka, biciklista i sl.) (Slika 4). Po jedan ulazni gejt postavljen je ispred prvog seta vibracionih traka, dok je po jedan izlazni gejt postavljen neposredno iza posljednjeg seta vibracionih traka (posmatrano u smjeru kretanja). Posmatrana je brzina vozila prilikom njihovog prolaska kroz ulazni i izlazni gejt. Takođe, posmatrano je i maksimalno usporenje koje je vozilo ostvarilo prilikom kretanja između ulaznog i izlaznog gejta, sa tvrdnjom da je svako vozilo čije je ubrzanje negativno na tom putu usporavalo. Obim posmatranog uzorka iznosi 472 vozila, od kojih se 225 kretalo u smjeru ka centru grada, a 247 u smjeru ka Ulcinju. Dominantan tip vozila u saobraćajnom toku su putnički automobili, koja učestvuju sa preko 95%.



Slika 4. Prikaz gejtova definisanih u softveru DataFromSky

3 REZULTATI

U nastavku su prikazani rezultati istraživanja koji se odnose na analizu brzina kretanja vozila na predmetnoj dionici, analizu brzine na ulaznom i izlaznom gejtju, kao i vrijednost usporenja vozila. Statistička obrada podataka izvršena je u softveru „Statistica”.

3.1 Analiza brzina kretanja vozila

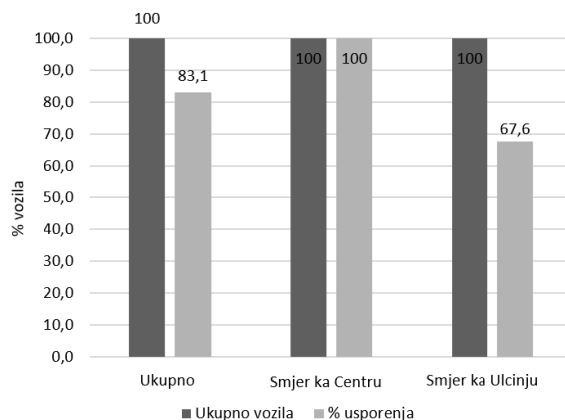
U tabeli 1 su prikazana osnovna obilježja snimljenih brzina kretanja vozila u saobraćajnom toku, gledano po smjerovima kretanja. Aritmetička vrijednost brzine kretanja u smjeru ka centru grada iznosi 66.39 km/h, dok u smjeru ka Ulcinju iznosi 55.03 km/h. I jedna i druga vrijednost veće su od ograničenja brzine na posmatranoj dionici, koje iznosi 50 km/h. Maksimalna izmjerena brzina iznosi 127.15 km/h i snimljena je u smjeru kretanja od Ulcinja prema centru grada.

Tabela 1. Obilježja brzina kretanja vozila po smjerovima [km/h]

	Obim uzorka	Srednja vrijednost	Medijana	Minimum	Maksimum	Standardna devijacija
Smjer ka Centru	225	66.39	66.31	38.47	127.15	12.42
Smjer ka Ulcinju	247	55.03	54.23	25.12	112.65	11.43
Ukupno	472	60.44	59.50	25.12	127.15	13.18

3.2 Analiza smanjenja brzina kretanja vozila

Od ukupno 472 vozila koja su snimljena u saobraćajnom toku, njih 392 je ostvarilo usporenje na putu između ulaznog i izlaznog gejtja. Sa dijagrama prikazanog na Slici 5 se uočava da su, posmatrano od Ulcinja prema centru grada, sva vozila ostvarila smanjenje brzine kretanja između početka i završetka vibracionih traka, dok je za suprotan smjer kretanja smanjenje brzine ostvarilo 67,6% vozila.



Slika 5. Raspodjela vozila koja su ostvarila usporeenje po smjerovima

Imajući u vidu da je između ulaznog i izlaznog gejta došlo do smanjenja trenutne brzine kretanja, potrebno je ispitati vrijednost smanjenja brzine, a kako bi se, pored činjenice da dolazi do smanjenja brzine kretanja, utvrdila njena vrijednost. Osnovna obilježja usporeenja prikazana su u tabeli 2. Srednja vrijednost usporeenja u smjeru ka centru iznosi -1.31 m/s^2 , dok u suprotnom smjeru iznosi -0.42 m/s^2 . Rezultati sprovedenog t-testa, pokazali su da postoji statistički značajna razlika između vrijednosti usporeenja, gledano po smjerovima.

Tabela 2. Obilježja usporeenja vozila po smjerovima

	Obim uzorka	Srednja vrijednost	Medijana	Minimum	Maksimum	Standardna devijacija
Smjer ka Centru	225	-1.31	-1.19	-3.82	-0.06	0.54
Smjer ka Ulcinju	167	-0.42	-0.28	-2.85	-0.01	0.47
Ukupno	392	-0.93	-0.89	-3.82	-0.01	0.67

U tabeli 3 prikazani su rezultati t-testa kojim je ispitana hipoteza da li postoji statistički značajna razlika između brzina na ulaznom i izlaznom gejtu, posmatrano samo za vozila koja su između ova dva gejta ostvarila usporeenje (392 vozila).

Tabela 3. T-test za upoređivanje brzina na ulaznom i izlaznom gejtu

	Srednja vrijednost brzine na ulazu	Srednja vrijednost brzine na izlazu	T vrijednost	df	p	Stand. devijacija brzina na ulazu	Stand. devijacija brzina na izlazu
Brzina na ulazu/ brzina na izlazu	63.14 km/h	58.21 km/h	5.014	782	0.000001	14.45 km/h	13.01 km/h

Rezultati t-testa pokazuju da postoji statistički značajna razlika između brzina kretanja vozila na ulaznom i izlaznom gejtu (p vrijednost od 0.000001 manja je od svih standardnih pragova značajnosti). Za ova vozila, srednja vrijednost brzina na ulaznom gejtu iznosi

63.14 km/h, dok na izlaznom gejtju iznosi 58.21 km/h, odakle slijedi da prosječno smanjenje brzine kretanja, na dionici od prvog do posljednjeg seta vibracionih traka, iznosi 4,93 km/h.

U tabeli 4 prikazana je raspodjela usporenja vozila po kategorijama. Najveći procenat usporenja nalazi se u rasponu $-1-0 \text{ m/s}^2$ (55%), dok usporenja manja od -4 m/s^2 nisu evidentirana.

Tabela 4. Raspodjela usporenja po kategorijama

Kategorija	Obim	Kumulativni obim	Procenat	Kulumativni procenat
$-5.00 < x \leq -4.00$	0	0	0.00	0.00
$-4.00 < x \leq -3.00$	3	3	0.76	0.76
$-3.00 < x \leq -2.00$	29	32	7.39	8.16
$-2.00 < x \leq -1.00$	143	175	36.47	44.64
$-1.00 < x \leq 0.00$	217	392	55.35	100.00

4 ZAKLJUČAK

Istraživanjem je obuhvaćeno ukupno 472 vozila, snimljenih iz vazduha uz pomoć drona. Lokacija istraživanja nalazi se na teritoriji opštine Bar, odnosno na dionici magistralnog puta oznake M-1, dionica Bar-Ulcinj.

Prosječna brzina kretanja, posmatrano za oba smjera, iznosi 60.44 km/h, što predstavlja vrijednost koja je veća od dozvoljene brzine kretanja, koja na lokaciji istraživanja iznosi 50 km/h. Najveća izmjerena brzina kretanja vozila iznosi 127.15 km/h i evidentirana je u smjeru ka centru Bara.

Sprovedenim istraživanjem dokazano je da postavljene vibracione trake daju rezultate u pogledu smanjenja brzine kretanja vozila. Posmatrano za oba smjera kretanja, nešto više od 80% vozila je ostvarilo usporenje između presjeka koji se nalazi neposredno ispred prvog seta postavljenih vibracionih traka i presjeka koji se nalazi neposredno iza posljednjeg seta traka, gledano u smjeru kretanja vozila. Što se tiče vrijednosti usporenja po smjerovima, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika. Prosječna vrijednost usporenja posmatrano u smjeru ka centru grada iznosi -1.31 m/s^2 , dok u suprotnom smjeru iznosi -0.42 m/s^2 . Više od polovine vozila koja su se kretala usporeno u posmatranoj zoni, ostvarilo je usporenje u rasponu $-1-0 \text{ m/s}^2$.

Statističkom analizom je utvrđeno da postoji značajna razlika između vrijednosti brzina na ulaznom i izlaznom gejtju, pri čemu je utvrđeno da prosječno smanjenje brzine kretanja iznosi 4,93 km/h.

Prethodno prikazani rezultati ukazuju na zaključak da vibracione trake dovode do smanjenja brzine kretanja vozila, ali imajući u vidu činjenicu na prosječnu vrijednost smanjenja brzine, kao i na ostvarene brzine koje su znatno veće od definisanog ograničenja brzine na istraživanoj dionici, može se zaključiti da je na ovakvim ili sličnim uslovima puta i okruženja potrebno primjeniti i druge saobraćajno-tehničke mjere za smirivanje saobraćaja, a samim tim za postizanje većeg nivoa bezbjednosti saobraćaja.

Pravci budućih istraživanja mogu biti usmjereni na ispitivanje nivoa buke koje emituju vibracione trake, čije stvaranje je naročito izraženo u urbanim sredinama, kakvo je i područje obuhvaćeno ovim istraživanjem.

LITERATURA

- [1] Svjetska zdravstvena organizacija, 2018. Globalni izveštaj o stanju bezbjednosti saobraćaja, Ženeva.
- [2] Torfs, K., Meesmann, U., Van den Berghe, W., & Trotta, M, 2016. ESRA 2015 – The results. Synthesis of the main findings from the ESRA survey in 17 countries. ESRA project (European Survey of Road users' safety Attitudes). Brussels, Belgium: Belgian Road Safety Institute.
- [3] Matović, Boško. 2023. Studija indikatora performansi bezbjednosti saobraćaja u Crnoj Gori. Podgorica: Ministarstvo saobraćaja i pomorstva,
- [4] Kruszyna & Matczuk-Pisarek. (2021). The Effectiveness of Selected Devices to Reduce the Speed of Vehicles on Pedestrian Crossings.

SUMMARY

Investigation of the effects of rumble strips on the reduction of movement speed in the pedestrian crossing zone

Abstract: In order to reduce the speed of movement at pedestrian crossings, different techniques and means for slowing down traffic are being implemented. In practice, on those sections – especially if these are the state roads passing through the settlement – the rumble strips are applied. Rumble strips represent technical means for slowing down traffic on the roadway, which produce strong vibrations and sound effects while vehicles pass over it. In that way, the rumble strips alert drivers of a need to reduce the speed of the vehicle's movement. Considering that the rumble strips do not oblige drivers – in an enforced manner – to reduce their speed, there is a need to examine the effects of installing rumble strips. Rumble strips are known to produce audible vibrations, which affects the noise level in the environment where they are installed, especially in the densely populated settlements. In that sense, this paper investigates the effects of installing rumble strips in the pedestrian crossings zones, by measuring the moving speed of individual vehicles before and after rumble strips. The results showed that over 80% of the vehicles reduced movement speed on the section where the rumbling strips are located. However, at the research location, a high percentage of speed limit violations was also observed (almost 80%). This leads to a conclusion that rumble strips installed at the research location have an effect in reducing the speed of the vehicle in the traffic flow (on average by about 5 km/h), however, it still does not “force” drivers to respect the posted speed limit.

Key words: rumble strips, crosswalk, speed, traffic calming measures, DataFromSky

Primena aktivnih tehničkih mera zaštite od buke u procesu projektovanja puteva

Sanja Fric, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, sfric@grf.bg.ac.rs

Dejan Gavran, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, dgavran@grf.bg.ac.rs

Vladan Ilić, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, vilic@grf.bg.ac.rs

Filip Trpčevski, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, ftrpcevski@grf.bg.ac.rs

*Stefan Vranjevac, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu,
svranjevac@grf.bg.ac.rs*

Miloš Lukić, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, mlukic@grf.bg.ac.rs

*Nikola Milovanović, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu,
nmilovanovic@grf.bg.ac.rs*

Rezime: Porast motorizacije savremenog društva je neupitno doveo do niza negativnih uticaja na životnu sredinu (zagađenje vazduha, vode i tla, povećan nivo buke i vibracija, zauzimanje prostora, angažovanje zelenih površina u svrhu realizacije saobraćajne infrastrukture, vizuelna degradacija prostora, uticaj na ljude, floru i faunu u najširem smislu). Struktura i obim uticaja zavise od mnogobrojnih faktora, između ostalog lokalnih prirodnih i društvenih uslova, sredstva prevoza, ranga saobraćajnice u mreži kao i saobraćajnog opterećenja predmetne saobraćajnice. U radu će akcenat biti na fenomenu buke, kao jednom od negativnih uticaja koje je najjednostavnije kvantifikovati, ali i smanjiti, kako u fazama samog projektovanja, tako i prilikom izbora specifičnih konstruktivnih rešenja. U radu će se prikazati moguća građevinska rešenja za smanjenje buke od motornog saobraćaja, kao i uporedna analiza efekata različitih aktivnih mera zaštite od buke.

Ključne reči: saobraćaj, motorizacija, negativni uticaji, projektovanje, buka, aktivne tehničke mere zaštite

1 UVOD

Nesporno je da saobraćaj i razvoj saobraćajne infrastrukture uopšte, sa sobom, pored evidentno pozitivnih, povlače i mnogobrojne negativne uticaje. Najznačajniji negativni uticaji saobraćaja na životnu sredinu su: trajno zauzimanje prostora, zagađenje vazduha, vode i tla, povećan nivo buke i vibracija, angažovanje zelenih površina u svrhu realizacije saobraćajne infrastrukture, vizuelna degradacija prostora, odnosno, uticaj na ljude, floru i faunu u najširem smislu.

Struktura i obim ovog uticaja zavise od mnogobrojnih faktora, kao što su lokalni prirodni i društveni uslovi, od sredstva prevoza, zatim od ranga saobraćajnice u mreži ali i od saobraćajnog opterećenja predmetne saobraćajnice.

Istraživanja krajem XX veka su pokazala da su od svih uzročnika zagađenja u gradovima, pre svega vazduha, 55-60% predstavljaju motorna vozila, zatim slede industrijska postrojenja sa 20%, termoelektrane sa 10-15% i na kraju grejanje sa 10%. Samim tim,

ukupna emisija od saobraćaja u Evropi tokom 2014.g. je za oko 20% veća u poređenju sa 1990.g. Kada su u pitanju kategorije pojedinih vozila, putnički automobili tome doprinose sa oko 44% a teška teretna vozila i autobusi sa oko 18%.

Na osnovu prethodno navedenog, ne čudi da je zvaničan stav Evropske agencije za životnu sredinu da je upravo saobraćajna infrastruktura osnovni uzročnik povećanja buke i aerozagađenja u velikim gradovima, ali i značajan činilac u degradaciji pojedinih životinjskih vrsta.

2 VIDOVI, KATEGORIJE I PRIRODA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Kada je u pitanu vidovna podela uticaja, postoje 3 osnovna tipa, u zavisnosti od njihovog vremena nastajanja:

1. Uticaji koji se javljaju tokom građenja objekata (privremeni uticaji)
2. Uticaji koji se javljaju u toku eksploatacije saobraćajnice (trajni uticaji)
3. Uticaji koji se karakterišu kao akcidenti (incidenti)

Zatim, po načinu delovanja, smatra se da postoje 3 različite kategorije uticaja na životnu sredinu:

1. Direktna → to su uticaji koji potiču od same saobraćajnice (npr. zauzimanje zemljišta, degradacija vegetacije, povećanje nivoa buke ili aerozagađenja i sl.)
2. Posredne → to su uticaji koji su obično vezani za određeni objekat ali ih je teško jasno predvideti kako pre tako i u fazi same realizacije/izgradnje objekta (npr. erozija zemljišta, povećanja eksploatacija šuma usled omogućenog pristupa novom saobraćajnicom i sl.). Nažalost, često imaju daleko veće posledice od direktnih uticaja, a nemogućnost njihovog predviđanja postaje poseban izazov u savremenom društvu.
3. Kumulativni → To su uticaji nastali ili kao posledica realizacije velikih infrastrukturnih objekata, zatim kao posledica realizacije niza infrastrukturnih objekata u jednom zajedničkom koridoru, ili kao posledica nekih prirodnih katastrofa udruženo; odnosno, to su združeni uticaji koji mogu razviti višestruke posledice i prouzrokovati otežano funkcionisanje jednog ili više ekosistema.

Po prirodi uticaja, razlikujemo sledeće uticaje:

- Pozitivni i negativni uticaji (npr. zatvoreni sistem odvodnjavanja ko autoputeva kao pozitivan uticaj, a zauzimanje prostora kao negativan uticaj)
- Verovatni i malo verovatni uticaji (npr. povećan intezitet buke u zonama prolaska autoputa kroz grad kao verovatan uticaj, a malo verovatan uticaj npr. akcidenti, odnosno izlivanje opasnih materija)
- Lokalni i rasprostranjeni uticaji (lokalni su u neposrednoj zoni saobraćajnice a rasprostranjeni se mogu javiti kilometrima daleko – npr. primer rasprostranjenog uticaja je naseljavanje duž koridora puta)
- Privremeni i trajni uticaji (kod privremenih uticaja nema trajnih posledica, npr. zagađenje vegetacije, a kod trajnih uticaja se nažalost posledice ne mogu sanirati)
- Kratkoročni i dugoročni uticaji (prvi uglavnom nastaju u toku same izgradnje ili neposredno nakon iste, a drugi u toku njene eksploatacije, odnosno životnog veka)

3 POJAM I MONITORING BUKE U DOMAĆOJ REGULATIVI

Na osnovu svega prethodno navedenog, buka predstavlja jedan od najizrazitijih negativnih uticaja razvoja saobraćajne infrastrukture na životnu sredinu. To je, na osnovu poznate podele, trajan, negativan uticaj koji potiče direktno od same saobraćajnice.

Intezitet emitovane buke od saobraćaja se svakako razlikuje u odnosu na pojedina sredstva prevoza i u ovom radu će akcenat biti na emitovanoj buci od drumskog saobraćaja mogućem smanjenju iste.

Kada je u pitanju zakonska regulative, u republici Srbiji je doneta „Uredba o indikatorima buke, graničnim vrednostima, metodama za ocenjivanje idikatora buke, uznemi-ravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini”, koja definiše granične nivoe buke u zavisnosti od specifične namene prostora:

zona	Namena prostora	nivo buke u dB (A)	
		za dan i veče	za noć
1.	Područja za odmor i rekreaciju, bolničke zone i oporavilišta, kulturno-istorijski lokaliteti, veliki parkovi	50	40
2.	Turistička područja, kampovi i školske zone	50	45
3.	Čisto stambena područja	55	45
4.	Poslovno-stambena područja, trgovačko-stambena područja i dečja igrališta	60	50
5.	Gradski centar, zanatska, trgovačka, administrativno-upravna zona sa stanovima, zona duž autoputeva, magistralnih i gradskih saobraćajnica	65	55
6.	Industrijska, skladišna i servisna područja i transportni terminali bez stambenih zgrada	Na granici ove zone buka ne sme prelaziti graničnu vrednost u zoni sa kojom se graniči	

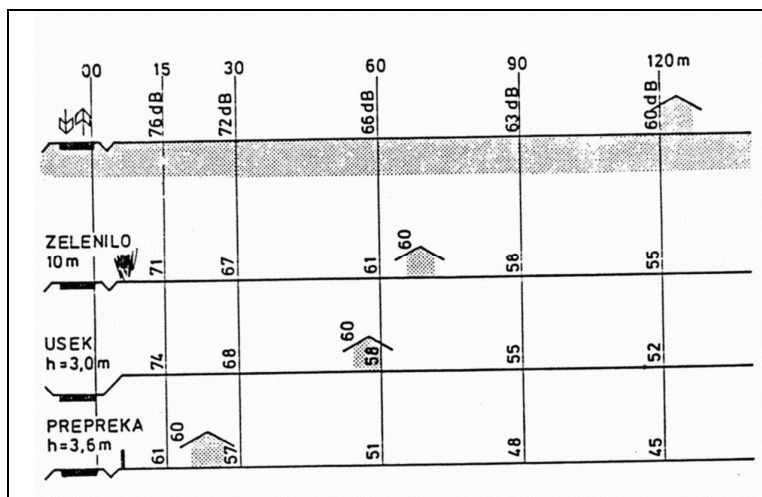
Slika 1. Granične vrednosti indikatora buke na otvorenom prostoru [1]

Na osnovu ove Uredbe, možemo videti da postoje značajne razlike u odnosu na gradsko i vangradsko područje, ali i u odnosu na dnevne i noćne uslove u kojima se intezitet buke prati.

4 OBLIKOVANJE PUTA I TEHNIČKE MERE ZA SMANJENJE INTEZITETA BUKE

Kada je u pitanju trasiranje puta u sve tri projekcije, smanjenje inteziteta emitovane buke od saobraćaja je moguće promenom položaja puta u poprečnom profilu, odnosno postavljanjem nivelete puta u usek ili na teren, umesto na nasip, sa ili bez određenih dodatnih inženjerskih konstrukcija.

Na narednoj slici se mogu videti uporedni prikazi šeme rasprostiranja i inteziteta buke u zavisnosti od toga da li je put na terenu, useku ili nasipu.

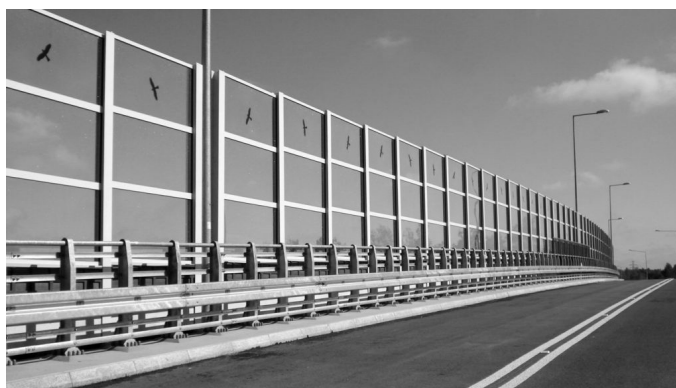


Slika 2. Intezitet buke u poprečnom profilu puta [2]

Jasno je da kosine useka svakako apsorbuju određeni intezitet buke i da je, u tim slučajevima, moguće i sam put dodatno približiti stambenim objektima, a da tom prilikom ne dođe do prekoračenja dozvoljenog nivoa buke (primer za to je prolazak autoputa kroz Beograd, naročito u zoni Novog Beograda).

Naravno da je ovaj efekat još bolji ako se te kosine skladno oplemene određenom vrstom zelenog pokrivača. Međutim, u tome treba biti dodatno obazriv, kako samo zelenilo ne bi ugrozilo stabilnost kosine, smanjilo preglednost ili npr. značajno otežalo redovno održavanje.

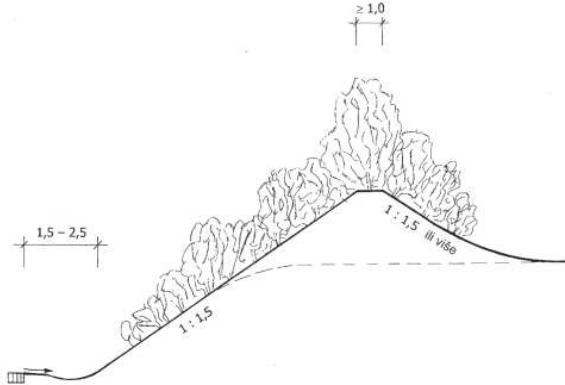
Od svih relativnih položaja puta i mera navedenih na slici 2, možemo sa sigurnošću potvrditi da se u domaćoj putnoj praksi, najčešće koristi poslednja mera koja podrazumeva primenu specifičnih inženjerskih konstrukcija (tzv. zidova/panela za zaštitu od buke).



Slika 3. Transparentni paneli za zaštitu od buke [3]

Međutim, postoje i druge mere u poprečnom profilu puta koje mogu efikasno smanjiti intezitet buke, ali je njihova promena nešto ređa u domaćoj putnoj praksi:

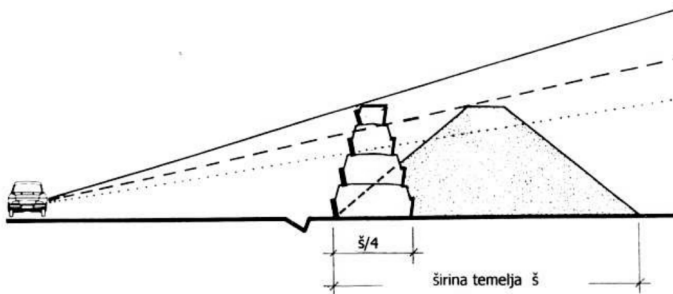
- Izgradnja nasipa za zaštitu od buke → mogu se koristiti sve vrste zemljanih i ostalih materijala (npr. leteći pepeo, otpadni materijal nastao rušenjem) koji obezbeđuju trajnu i stabilnu realizaciju. Jedan od razloga zašto je ova mera, uslovno rečeno nepopularna, je svakako, pored cene koštanja i dodatna eksproprijacija zemljišta u svrhu realizacije saobraćajnice.



Slika 4. Nasip za zaštitu od buke [1]

Zatim, često se ovakvi nasipi i dodatno ozelenjavaju, kako bi se što skladnije uklopili u postojeću životnu sredinu, što opet sa sobom iziskuje i određene dodatne troškove održavanja. nasipa za zaštitu od buke.

Pored zemljanih materijala, za ovakve nasipe se u zapadnim zemljama, koristi i armirana zemlja, koja može dovesti do uštede u angažovanom zemljištu, ali uz povećanje troškova izvođenja:



Slika 5. Nasip za zaštitu od buke od armiranog zemljanog materijala koji zahtevaju manji prostor za izvođenje [1]

Naravno, kada je u pitanju položaj trase u poprečnom profilu, jedna od najefikasnijih, ali svakako i investiciono najizazovnije mera je polaganje puta u tunelsku konstrukciju, sa osnovnim ciljem smanjenja inteziteta buke. Jedan od takvih primera su nemački autoputevi, gde su pojedine deonice „spuštene” pod zemlju, kako bi se smanjio intezitet buke u urbanom području.



Slika 6. Nemačka, Autobahn, Hamburg – polaganje autoputa u tunelsku konstrukciju u cilju smanjenja negativnih uticaja na urbanizovano područje, Altona tunel [4]

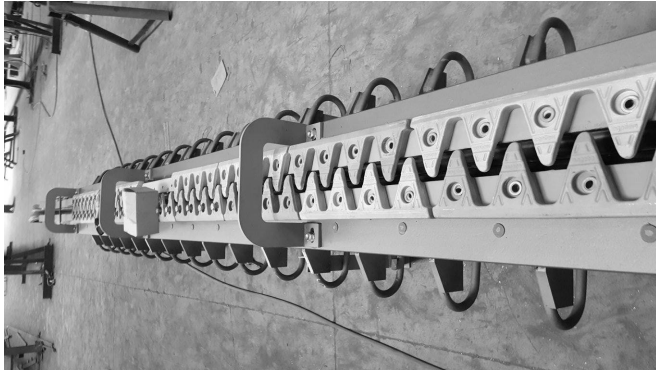


Slika 7. Nemačka, Autobahn, Hamburg, Altona tunel – Pogled „odozgo“ [4]

Konkretno, na slikama su prikazane animacije tunela Altona na autoputu u Nemačkoj, koji je projektovan prevashodno u cilju smanjenja inteziteta buke u neposrednoj okolini Hamburga. U pitanju je jedna od najopterećenijih autoputnih deonica u Nemačkoj, sa PGDS-om od oko 152000 vozila. Izgradnja tunela Altona je započeta 2021.god. i njen završetak je planiran za 2029.godinu. Investiciona vrednost izgradnje je u ovom trenutku procenjena na 580 miliona eura.

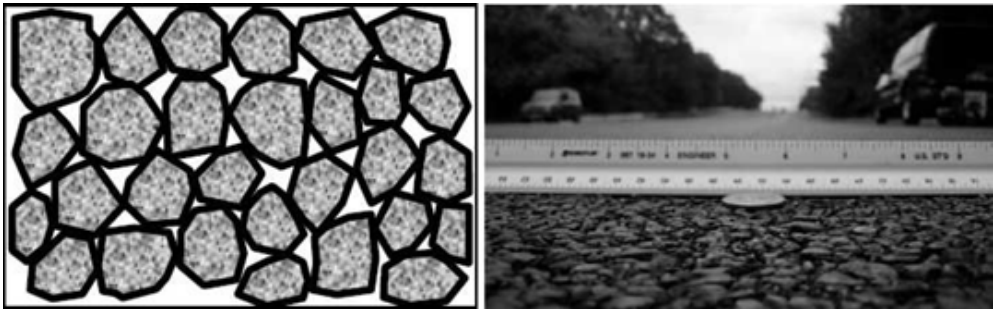
Kada su u pitanju druge konstruktivne mere, izdvaja se primena određenih savremenih kolovoznih zastora i elemenata gornjeg stroja puta:

- Specijalne konstrukcije mostovskih dilatacija koje smanjuju nivo buke pri prolasku vozila i do 80% i primenjuju se kod izuzetno opterećenih mostovskih deonica na autoputevima:



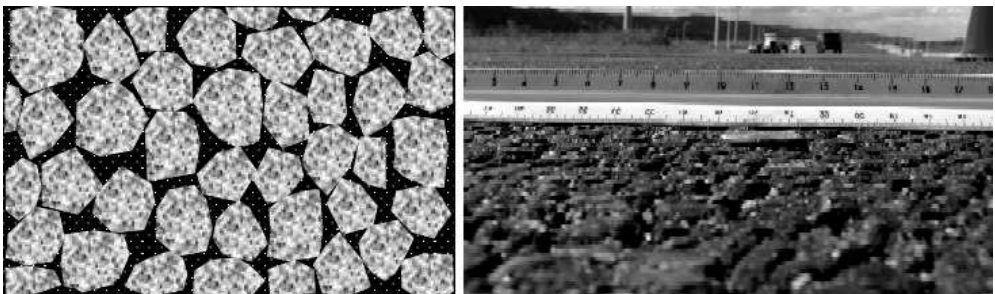
Slika 8. Primena savremenih rešenja mostovskih dilatacija [5]

- Porozni i dvoslojni porozni asfalt betoni → poroznost dobra za smanjenje buke, ali skupa za ugradnju i održavanje i ima kratku trajnost:



Slika 9. Primena poroznih asfalta kao završnog sloja kolovozne konstrukcije [6]

- Primena SMA mešavina kao završnog sloja kolovozne konstrukcije – skuplja u ugradnji u odnosu na obični asfalt, ali ekonomičnija u pogledu trajnosti i smanjenja buke:



Slika 10. Primena SMA mešavine kao završnog sloja kolovozne konstrukcije [6]

Za prethodno navedene mere, može se izvršiti njihovo upoređenje, sa akcentom na efikasnost u smanjenju nivoa buke, uzimajući u obzir i procenjenju vrednost investicionih troškova.

Tabela 1: Uпорedni prikaz primene različitih tehničkih mera za smanjenje inteziteta buke

Mere zaštite od buke	Efikasnost primenjenih mera	Procenjena vrednost primene
Zemljani nasip	Dobra mera ali angažuje dosta prostora	Može biti ekonomično rešenje pod uslovom da postoji deponovani materijal na trasi saobraćajnice. Treba uzeti u obzir i troškove eksproprijacije dodatno angažovanog zemljišta.
Zid za zaštitu od buke	Dobra mera i ne zahteva dosta prostora	Može biti višestruko skuplja tehnička mera od nasipa (u zavisnosti od tipa panela/zida) ali se svakako štedi na ekspropisanom zemljištu.
Podzemna, tunelska konstrukcija	Ekstremna opcija za izuzetno veliko saobraćajno opterećenje	Svakako najskuplje tehničko rešenje u odnosu na prethodno navedene. Do nekoliko desetina hiljada puta skuplje od zemljanog nasipa.
Intervencije na gornjem stroju (savremeni kolovozni zastori, savremeni gornji stroj pruge)	Srednja efikasnost	Troškovi ekvivalentni manje više primeni zemljanog nasipa, u zavisnosti od raspoložive tehnologije.

Svakako treba naglasiti da postoje i pasivne mere zaštite kao što su zvučna izolacija prozora i vrata zgrada (npr. dupli prozori apsorbuju oko 30dB emitovane buke), ali one ne predstavljaju rešenja koje su međuzavisna sa oblikovanjem puta u sve tri projekcije.

5 ZAKLJUČAK

Povećan intezitet buke u neposrednoj okolini puta i uopšte životnoj sredini, svakako utiče na svakodnevne životne okolnosti ljudi, na njihov komfor i udobnost, ali nepobitno i na njihovo zdravlje. Ovo poslednje predstavlja ključni faktor za identifikaciju mera koje mogu uticati na smanjenje inteziteta buke koja nas svakodnevno okružuje.

Jedan od najznačajnijih izvora buke je saobraćaj, pre svega kao rezultat povećanog broja motornih vozila i promena u samoj strukturi saobraćajnog toka. Smanjenje uticaja buke na životnu sredinu moguće je postići primenom brojnih i u osnovi različitih, ali inženjerima poznatih mera u praksi. U radu su prikazane ključne tehničke mere za smanjenje nivoa buke, koje je moguće primeniti u procesu projektovanja puteva i izvršena je njihova komparacija sa stanovišta efikasnosti, ali i sa stanovišta cene koštanja njihovog sprovođenja.

LITERATURA

- [1] Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji (2012), 7. Put i životna sredina, Javno preduzeće Putevi Srbije
- [2] Katanić J., Andjus V., Maletin M. (1983) Projektovanje puteva, Građevinska knjiga, Beograd

- [3] <https://www.multivario.rs/transparentni-paneli-protiv-buke>, pristupljeno: 08.09.2024.
- [4] https://www.tunnel-online.info/en/artikel/tunnel_DEGES_Awards_Major_Contract_for_A7_Altona_Tunnel_in_Hamburg_to_Hochtief_and-3622295.html, pristupljeno: 08.09.2024.
- [5] <https://naissus.rs/en/proizvodi/>, pristupljeno: 08.09.2024.
- [6] Ilić V., Milićević S. (2012). Savremeni kolovozni zastori sa smanjenim nivoom buke, 2nd International Scientific Meeting GTZ 2012, Tuzla, June 07-09, 2012

SUMMARY

Active Technical Noise Protection Measures in the Road Design Process

Summary: The increase in the motorization of modern society has undoubtedly led to a series of negative impacts on the environment (air, water and soil pollution, increased noise and vibration levels, occupation of space, engagement of green areas for the purpose of implementing traffic infrastructure, visual degradation of space, impact on people, flora and fauna in the broadest sense). The structure and scope of the impact depend on numerous factors, including local natural and social conditions, the means of transportation, the rank of the road in the network, as well as the traffic load of the road in question. The paper will focus on the phenomenon of noise, as one of the negative impacts that is easiest to quantify, but also to reduce, both in the stages of the design itself and when choosing specific constructive solutions. The paper will present possible construction solutions for reducing traffic noise, as well as a comparative analysis of the effects of various active noise protection measures.

Key words: traffic, motorization, negative impacts, design, noise, active technical protection measures

Tipični primeri nedostataka puta na kojima su identifikovana opasna mesta – „crne tačke”

*Dragoslav Kukić, TSRD – Traffic Safety Research Development i AMSS-CMV
Istraživačko razvojni centar, Beograd, kukicdragoslav@gmail.com i
kukicdragoslav@cmv.rs*

*Miloš Tučić, SAFEGE i TSRD – Traffic Safety Research Development, Beograd,
milos.tucic@suezconsulting.rs i tucic.milos@gmail.com*

*Đorđe Stanislavljević, SAFEGE i TSRD – Traffic Safety Research Development,
Beograd, djordje.stanisavljevic@suezconsulting.rs i djordjevr@gmail.com*

*Ognjen Čuljković, TSRD – Traffic Safety Research Development i AMSS-CMV
Istraživačko razvojni centar, ognjen.culjkovic@gmail.com*

Rezime: U radu je izvršena sistematizacija prepoznatih problema na identifikovanim crnim tačkama, sa najčešćim primerima iz Republike Srbije. Sistematizacija ovih specifičnosti može doprineti boljem razumevanju procesa nastanka i prevenciji saobraćajnih nezgoda, što će olakšati identifikaciju i primenu konkretnih mera sanacije za unapređenje bezbednosti na različitim putevima i deonicama puteva.

Ključne reči: crne tačke, saobraćajne nezgode, nedostaci puta, mere sanacije

1 UVOD

1.1 Pojam i značaj identifikacije i sanacije „crnih tačaka”

Prepoznajući put kao faktor koji značajno može doprineti prevenciji saobraćajnih nezgoda i smanjenju težine njihovih posledica, razvijene države su odavno u svoju praksu uvele sprovođenje različitih savremenih procedura unapređenja bezbednosti puta. Jednu od najprihvaćenijih svakako predstavlja procedura identifikacije i upravljanja „crnim tačkama”, u međunarodnoj stručnoj javnosti poznata kao Black Spot Management – BSM.

Procedura određivanja „crnih tačaka” je poznat koncept – alat koji se primenjuje u oblasti bezbednosti saobraćaja, a različite države imaju različite definicije i kriterijume za njihovo određivanje. U Srbiji, Zakonom o putevima je definisana obaveza upravljača državnih puteva da najmanje jednom u periodu od tri godine obezbedi projekte mapiranja rizika za utvrđivanje deonica najvećeg rizika, odnosno projekte identifikacije i rangiranja opasnih mesta (crne tačke), a za upravljača opštinskih puteva i ulica najmanje jednom u periodu od pet godina. Pravilnikom koji bliže uređuje ovu oblast, definisane su procedure za identifikaciju i rangiranje opasnih mesta (crnih tačaka).

2 TIPIČNI PRIMERI NEDOSTATAKA PUTA

U zavisnosti od mesta „nagomilavanja” saobraćajnih nezgoda i prepoznatih lokacija koje su identifikovane kao crne tačke, mogu se izdvojiti problemi koji su karakteristični za

puteve u naselju (ulice) ili van naselja, dok se pojedine vrste nedostataka mogu uočiti i kod jedne i kod druge kategorije.

2.1 Tipični nedostaci puta u naselju

Saobraćaj na putevima u naselju (ulicama) karakterišu niže brzine, veća gustina saobraćaja, kao i heterogenost (prisustvo većeg broja različitih učesnika u saobraćaju koji se kreću različitim brzinama i imaju različite potrebe). U naselju, ograničenja brzine su uglavnom niža nego van naselja, obično u rasponu od 30 km/h do 50 km/h. Pored toga, naselja, pogotovo urbane gradske sredine, karakteriše intenzivan pešački saobraćaj, zbog čega su ključni infrastrukturni elementi trotoari, pešački prelazi i semafori sa pešačkim signalima. Pešaci spadaju u ranjivu grupu učesnika u saobraćaju zbog povreda koje mogu zadobiti prilikom sudara sa vozilom, zbog čega je prilikom projektovanja puteva u naselju potrebno obratiti posebnu pažnju na elemente tzv. pešačke infrastrukture.

Zbog povećanog broja objekata atrakcije, stambenih zona (trgovinski objekti, škole, poslovni objekti), često se kao posledica javljaju zagušenja u saobraćaju, posebno u jutarnjim i popodnevrim satima kada ljudi odlaze ili se vraćaju sa posla. Usled zagušenja, povećava se koncentracija vozila i učesnika u saobraćaju na jednom mestu, što može uticati na promenu ponašanja učesnika (prelazak van pešačkog prelaza, prelazak kada je signalom na semaforu to zabranjeno, promena ponašanje usled nervoze i sl.), kao i do smanjene preglednosti usled velikog broja vozila. Takođe, potrebno je da koncentracija u saobraćaju bude na visokom nivou jer postoji veliki broj kretanja i potencijalnih opasnosti na koje istovremeno mora da sagleda učesnik u saobraćaju. Jedan od ključnih faktora koji razlikuje puteve u naselju od puteva van naselja je što putevi u naselju imaju veći broj raskrsnica, semafora, priključaka, na relativno kratkim udaljenostima, pri čemu dolazi do povećanja broja konfliktnih tačaka, a samim tim i potencijalno opasnih situacija.

Kada je reč o elementima puta koji su uticali na formiranje crnih tačaka, moguće je razlikovati elemente koji su doprineli nastanku saobraćajnih nezgoda (aktivna bezbednost) i elemente koji su doprineli težini posledica (pasivna bezbednost).

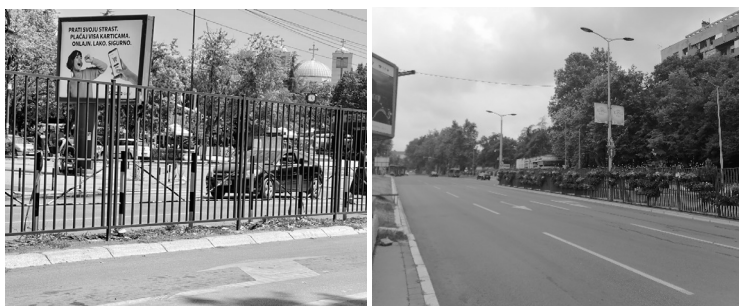
2.1.1 Nedostatak fizičkih prepreka u cilju onemogućavanja prelaska pešaka van pešačkog prelaza

Na pojedinim lokacijama uočeno je da postoje mesta na kojima pešaci prelaze preko kolovoza bez obzira na blizinu pešačkih prelaza ili podzemnih/nadzemnih prolaza ukoliko im je to omogućeno.



Slika 6: Prelazak pešaka preko kolovoza višetravnih saobraćajnica

Izvestan broj saobraćajnih nezgoda evidentiran je na saobraćajnicama kod kojih se jedna kolovozna traka sastoji od dve ili više saobraćajnih traka, uglavnom u urbanim sredinama sa velikim brojem objekata atrakcije sa obe strane puta. Situaciju dodatno narušava prisutnost teretnih vozila i tranzitnog saobraćaja na mestima gde imamo veliko prisustvo pešaka i ostalih ranjivih kategorija učesnika u saobraćaju. U osnovi problem je u neadekvatnoj funkciji puta i neuređenim pešačkim kretanjima (ABS, 2017, 2022). Na saobraćajnicama bulevarskog tipa, na pešačkim prelazima koji su regulisani svetlosnim saobraćajnim znakovima, uočeno je da pešaci prelaze na mestima gde im to predstavlja najkraću putanju do cilja. U velikom broju slučajeva se u blizini nalaze stajališta JLP. Imajući u vidu navedeno, jedno od rešenja može biti postavljanje ograde na sredini kolovoza koja bi fizički onemogućila jednostavan prelazak preko kolovoza.



Slika 7: Centralna ograda u funkciji sprečavanja prelazaka van pešačkog prelaza

Potrebu za ovakvom vrstom rešenja moguće je prepoznati već u početnoj fazi, odnosno prilikom projektovanja puta i opreme puta.

2.1.2 Smanjena preglednost na pešačkim prelazima i u raskrsnicama

Na pešačkim prelazima, pogotovo onim koji nisu semaforizovani, uočeno je da postoji smanjena preglednost i to najčešće usled nepropisno ili propisno parkiranih vozila, pozicije autobuskih stajališta (kada je autobus zaustavljen u stajalištu), kontejnera ili drugih fizičkih prepreka.



Slika 8: Konflikt prilikom prelaska pešaka preko kolovoza kada je autobus zaustavljen u stajalištu

Navedeni nedostatak posebno je izražen kod puteva koji imaju dve saobraćajne trake za jedan smer kretanja, bez izdvojenih površina (niša) za zaustavljanje vozila javnog prevoza. Kako bi se ovaj nedostatak prevazišao, potrebno odrediti adekvatnu poziciju

stajališta prilikom projektovanja, koja je u skladu sa preporukama iz Priručnika o projektovanju puteva u Republici Srbiji (JPPS, 2012).

Sa druge strane, na pojedinim lokacijama uočeno je da je preglednost smanjena usled nepropisno ili propisno parkiranih vozila. Navedeni problem posebno može biti izražen u zoni škole i na ostalim mestima gde se očekuje povećano prisustvo dece.



Slika 9: Smanjena preglednost na pešačkom prelazu usled parkiranih vozila

Potencijalna rešenja koja imaju uticaj na povećanje preglednosti mogu biti:

- kod nepropisnog parkiranja – postavljanje fizičkih prepreka (metalnih/elastičnih stubića, pešačkih ograda, ukrasnih žardinjera i sl.) u blizini pešačkog prelaza kako bi se ostvarila adekvatna preglednost,
- kod propisnog parkiranja – potrebno je obezbediti adekvatnu preglednost prilikom projektovanja mesta i površina za parkiranje na adekvatnoj udaljenosti od pešačkog prelaza. Za saniranje već projektovanog i izgrađenog rešenja, potrebno je zabraniti parkiranje, na navedenim mestima, što se može realizovati postavljanjem fizičkih prepreka.

Kada je u pitanju preglednost u raskrsnicama, pojedini elementi poput ograde bašte restorana, trafika, stubova električne rasvete i sl. mogu uticati na smanjenje preglednosti u raskrsnici. Pored toga, u određenim slučajevima je ugao ukrštanja ili spajanja puteva nepovoljan, što direktno utiče na preglednost kod vozača.

Čak i ako ne postoje fizičke prepreke, otežano je uveravanje vozača da je bezbedan prolazak kroz raskrsnicu pogotovo za one koji dolaze sa puta koji nema prvenstvo prolaza. Prilikom projektovanja teži se izbegavanju nepovoljnih uglova ukrštanja i generalnu obezbeđivanju adekvatne preglednosti, međutim ukoliko to nije izvodljivo, jedno od rešenja može biti i postavljanje saobraćajnog ogledala u cilju povećanja preglednosti u raskrsnicama.

2.1.3 Velika dužina nesemaforizovanih pešačkih prelaza

Jedan od uočenih problema na putevima u naselju je velika dužina pešačkih prelaza koji nisu regulisani svetlosnim saobraćajnim znakovima (semaforima). **U osnovi problem je u neadekvatnom poprečnom profilu puta za primarnu funkciju saobraćajnice.**



Slika 10: Velika dužina pešačkih prelaza

To su uglavnom saobraćajnice koje imaju četiri ili više saobraćajnih traka, sa većom širinom saobraćajnih traka, što dodatno može imati uticaj na percepciju vozača, što rezultira kretanje većom brzinom od ograničene. Pešaci koji pokušavaju da pređu širok kolovoz mogu biti manje uočljivi vozačima, posebno ako se u susednoj traci zaustavi vozilo (pogotovo većih gabarita) da propusti pešaka. S obzirom da širina kolovoza utiče na percepciju vozača i da se uglavnom kreću većim brzinama od predviđenih, povećava se i zaustavni put odnosno smanjuje se vreme koje vozač ima za reagovanje u cilju izbegavanja sudara sa pešakom. U blizini škola, domova zdravlja, pijaca itd., gde se mogu očekivati deca ili stariji učesnici u saobraćaju, ovakva vrsta pešačkih prelaza može predstavljati značajno narušavanje bezbednosti saobraćaja.

Kao predlog mera, svakako se predlaže izbegavanje projektovanja dugačkih pešačkih prelaza koji nisu regulisani svetlosnim saobraćajnim znakovima (semaforima), a ukoliko je to neophodno, poželjno je primeniti meru suženja kolovoza postavljanjem centralnog ostrva.

2.2 Tipični nedostaci puta van naselja

Puteve van naselja karakterišu i veće brzine, samim tim i teže posledice usled nastanka saobraćajnih nezgoda. Iako se van naselja očekuje manji broj pešaka i manja gustina saobraćaja, uglavnom postoji veći broj teretnih i poljoprivrednih vozila, divljih životinja i sl., što takođe može imati uticaj na bezbednost saobraćaja. Puteve van naselja karakterišu manji broj raskrsnica i priključaka, međutim imajući u vidu i veće brzine, uglavnom su nezgode na raskrsnicama sa većim posledicama. Van naselja, karakteristične su i deonice na pravcu omogućavaju dugotrajan tok bez prekida, što može dovesti do monotonije i smanjenja koncentracije kod vozača, kao i do umora i lošije procene saobraćajnih situacija. Povećan broj preticanja, pri većim brzinama takođe ima uticaj na povećanja broja konfliktnih tačaka.

2.2.1 Nedostatak saobraćajne signalizacije

Na pojedinim saobraćajnicama koje se nalaze van naselja, pogotovo nižeg ranga, uočen je nedostatak saobraćajne signalizacije. Pre svega, nedostatak saobraćajnih znakova za najavljuvanje i obeležavanje opasnih krivina posle dugog pravca gde vozač ne očekuje promenu pravca pružanja puta uz promenu ograničenja brzine.



Slika 11: Nedostatak signalizacije za najavljivanje i obeležavanje krivina

Nedostatak oznaka na kolovozu (razdelnih i ivičnih linija), takođe može imati značajan uticaj na percepciju vozača o pružanju puta, kao i nedostatak svetlosnih oznaka na putu (smerokaza). Krivine koje sa aspekta geometrijskih karakteristika mogu predstavljati opasnost za učesnike u saobraćaju potrebno je pravovremeno najaviti, obeležiti i izvršiti adekvatno upravljanje brzinama (pored samih znakova ograničenja, poželjno je postaviti i tehnička sredstva za usporavanje saobraćaja).

2.2.2 Pasivno nebezbedne prepreke pored puta

Jedan od aspekata o kojem je potrebno voditi računa prilikom projektovanja je **koncept „opraštajućih“ puteva (Forgiving roads Concept)**, koji je zasnovan na principu da vozači mogu da načine grešku u saobraćaju.

Primer „opraštajućeg“ puta je silazak vozila sa kolovoza, pri čemu ne dolazi do težih posledica usled udara u objekat pored puta, prevrtanja i sl., jer je formirana zaštitna zona i zaštićene su nebezbedne prepreke pored puta. Ovaj koncept posebno je važan na putevima van naselja gde su, po pravilu, brzine veće nego u naselju.



Slika 12: Pasivno nebezbedne prepreke pored puta

Osim fizičkih prepreka u okolini puta (stablo drveta, stub rasvete, kanal, strmi nagibi i sl.), u pojedinim slučajevima, pasivno nebezbedna prepreka može biti i oprema puta, npr. kosi početak/završetak čelične zaštitne ograde. Iako je ovakva vrsta početno završnih elemenata praksa u Republici Srbiji, kosi završeci pored puta mogu uticati na težinu posledica koje nastaju usled udara donjeg dela vozila u ogradu pri čemu dolazi do odvajanja vozila od tla, gubi se kontrola nad vozilom i može doći do prevrtanja vozila, čime se povećava rizik od nastanka težih posledica, što bi ovi elementi primarno trebalo da spreče. Kada je reč o drugim fizičkim preprekama potrebno ih je ukloniti ili zaštititi kako ne bi došlo do kontakta sa vozilom usled silaska sa kolovoza.

2.2.3 Neadekvatna zaštitna ograda za zadržavanje vozila

Prilikom analize elemenata puta koji su mogli doprineti težini posledica, na nekoliko lokacija uočeno je da je na mostovima, nadvožnjacima, vijaduktima i sličnim putnim objektima postavljena neadekvatna zaštitna ograda koja bi treba da spreči sletanje vozila sa puta. To su pretežno ograde koje bi trebalo da se koriste za usmeravanje kretanja pešaka jer nemaju ni približno dovoljan nivo zadržavanja vozila.



Slika 13: Primeri neadekvatnih ograda za zadržavanje vozila

U zavisnosti od kategorije puta i strukture saobraćajnog toka potrebno je izabrati zaštitnu ogradu sa adekvatnim nivoom zadržavanja, uzimajući u obzir karakteristike merodavnih vozila, brzinu kretanja, lokacijske uslove itd.

3 ZAKLJUČAK

Na osnovu različitih projekata u oblasti bezbednosti saobraćaja u kojima su autori učestvovali uključujući projekte identifikacije crnih tačaka, nezavisne ocene doprinosa puta nastanku ili posledicama saobraćajnih nezgoda, mapiranja rizika, provera bezbednosti saobraćaja i sl., uočeni su karakteristični nedostaci koji su mogu doprineti nastanku ili posledicama analiziranih nezgoda:

Na putevima u naselju:

- nedostatak fizičkih prepreka u cilju onemogućavanja prelaska pešaka van pešačkog prelaza,
- smanjena preglednost na pešačkim prelazima usled propisno ili nepropisno parkiranih vozila, pozicija autobuskih stajališta i sl.,
- velika dužina nesemaforizovanih pešačkih prelaza i
- nedostatak tehničkih elemenata za usporavanje saobraćaja,
- nedostatak pešačkih površina na prolasku državnog puta kroz naselje,
- nepostojanje ili neadekvatno osvetljenje pešačkih prelaza,
- zauzetost trotoara parkiranim vozilima,
- neadekvatno regulisani i zaštićeni pružni prelazi
- oštećenja kolovoza

Na putevima van naselja:

- nedostatak saobraćajne signalizacije, pogotovo za najavljivanje krivina i u samoj krivini
- pasivno nebezbedne prepreke pored puta, uključujući i opremu puta
- neadekvatan ugao raskrsnica ili pružnih prelaza

- neadekvatno regulisane i najavljene raskrsnice
- oštećenja kolovoznog zastora
- zadržavanje površinskih voda na kolovozu usled neadekvatnog odvodnjavanja
- neadekvatan koeficijent prijanjanja kolovoza
- neadekvatna zaštitna ograda za zadržavanje vozila
- neadekvatno osvetljenje na raskrsnicama, mostovima, tunelima i sl.,
- neadekvatno regulisani i zaštićeni pružni prelazi.

Navedeni nedostaci ukazuju na potrebu za sveobuhvatnim pristupom u unapređenju bezbednosti saobraćaja, koji se mogu identifikovati i prilikom sprovođenja ostalih projekata iz oblasti bezbednosti saobraćaja, dok je pojedine nedostatke potrebno eliminisati već u fazi projektovanja kako bi se preventivno delovalo na unapređenje bezbednosti saobraćaja. Pored toga, pojedine nedostatke moguće je identifikovati i eliminisati redovnim kontrolama i sprovođenjem redovnog održavanja puta, saobraćajne signalizacije, opreme puta itd.

LITERATURA

- [1]. Agencija za bezbednost saobraćaja, AMSS – Centar za motorna vozila, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet i S projekt. (2017, 2022). Projekat „Priručnik za sticanje licenci i stručno usavršavanje revizora i proveravača bezbednosti puta”. Beograd.
- [2]. EC, Directive (EU) 2019/1936 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2019 amending Directive 2008/96/EC on road infrastructure safety management
- [3]. Elvik, R. (2008). A survey of operational definitions of hazardous road locations in some European countries. *Accident Analysis and Prevention* 40 1830–1835.
- [4]. JP „Putevi Beograda”, 2023. Beograd, Projekat „Konačna identifikacija 10 crnih tačaka sa spiska potencijalnih crnih tačaka na lokalnim putevima u ulicama grada Beograda sa predlogom mera sanacije”,
- [5]. JP „Putevi Srbije”, 2012. Beograd, Priručnik o projektovanju puteva u Republici Srbiji,
- [6]. JP „Putevi Srbije”, 2019. Beograd, Projekat „Identifikacija crnih tačaka sa predlogom mera za sanaciju na državnim putevima Republike Srbije sa softverskom aplikacijom za automatsku identifikaciju crnih tačaka”,
- [7]. Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji („Sl. glasnik RS”, br. 85/2017, 14/2021 i 21/2024)
- [8]. Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta („Sl. glasnik RS”, br. 50/2011)
- [9]. Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima („Sl. glasnik RS”, br. 76/2023)
- [10]. Zakon o putevima („Sl. glasnik RS”, br. 41/2018)

SUMMARY**Typical examples of road defects on locations identified as
“black spots”**

Abstract: The paper systematizes recognized problems on identified black spots, with the most common examples from the Republic of Serbia. The systematization of these specifics can contribute to a better understanding of the process of occurrence and prevention of traffic accidents, which will facilitate the identification and application of concrete rehabilitation measures to improve safety on different roads and road sections.

Key words: black spots, traffic accidents, road defects, rehabilitation measures

Испитивање квалитета саобраћајне сигнализације на подручју основних школа у Чачку

Невена Маринковић, ЈП „Градац“, Чачак, nevenamarinkovic2@gmail.com

Ана Трпковић, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет, Београд,
a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

Сретен Јевремовић, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет,
Београд, s.jevremovic@sf.bg.ac.rs

Андреја Новаковић, Београд, atkianki@gmail.com

Резиме: Стање и квалитет саобраћајне сигнализације у зонама школа представљају важан аспект који директно утиче на ефикасно вођење корисника, правовремену размену информација и ниво безбедности учесника у саобраћају, а посебно деце као најрањивије категорије корисника. Адекватно пројектовање, одржавање и унапређење стања и квалитета саобраћајне сигнализације од суштинског је значаја за омогућавање видљивости и читљивости знакова, посебно у различитим саобраћајним и временским условима. Упркос важности, саобраћајна сигнализација у зонама школа често је у незадовољавајућем стању. Различити спољашњи утицаји попут: кише, снега, јаког ветра, директног излагања сунцу и сл., временом смањују ефикасност и квалитет знакова и ознака. Поред тога, додатни фактори као што су: вандализам, крађа, неадекватно постављање, али и недоследности у дизајну саобраћајне сигнализације само су неки од негативних утицаја на њен квалитет. Сходно наведеном, циљ овог рада јесте да се испита стање и квалитет знакова и ознака, као и да се да предлог за унапређење саобраћајне сигнализације на подручју основних школа у Чачку. Истраживањем је обухваћено 10 зона школа, за које је детаљно испитана постојећа хоризонтална и вертикална сигнализација. Најчешћи недостаци уочени током истраживања јесу избледелост, оштећеност и непостојање саобраћајне сигнализације, посебно на местима уласка/изласка у/из зоне школе. Предложене активности усмерене су на евидентираних недостатке и представљају иницијални корак у процесу избора и дефинисања мера за унапређење постојећег стања у зонама основних школа у Чачку. Методолошки оквир и резултати представљени у овом раду, са једне стране могу послужити као адекватна основа за подстицање сличних истраживања и на осталим локацијама, док се са друге стране доносиоцима одлука олакшава приоритизација и избор мера превенције за анализирана подручја.

Кључне речи: саобраћајна сигнализација, квалитет, зона школе, саобраћајно пројектовање

1 УВОД

Саобраћај спада у кључне људске активности неопходне за одржавање и развој квалитета живота. Густина саобраћаја, људска непажња и други фактори, могу да узрокују саобраћајне незгоде, за које се наводи да су водећи узрок смрти међу старосне категорије од 15 до 29 година у свету. [1] У зависности од земље, трошкови саобраћајних незгода процењени су на између 0,7 и 3 милиона евра по незгоди. [2]

Основна улога саобраћајне сигнализације јесте пружање информација учесницима у саобраћају. У предложеном Трећем пакету мобилности, Европска комисија препознаје критичну важност ознака на коловозу и за немоторизоване кориснике и за возаче, као и за нову технологију аутоматизованих возила. [3] Квалитет визуелног вођења учесника у саобраћају директно зависи од видљивости те су рефлективна својства знакова и ознака на од суштинског значаја, а сама оцена квалитета саобраћајне сигнализације заснива се на резултатима испитивања. Применом најновијих метода и поступака испитивања могуће је постићи висок и константан ниво квалитета, те на тај начин подићи ниво безбедности саобраћаја.

Разлог спровођења предметног истраживања је управо тај што хоризонталне ознаке и саобраћајни знакови имају значајан утицај на безбедно функционисање саобраћајног процеса, и у том смислу се морају контролисати како би се одржао одговарајући (захтевани) ниво квалитета. Зона школе, као зона у којој је неопходно обезбедити максималну безбедности због специфичности и карактеристика њених корисника, одабрана је као главно подручје овог истраживања.

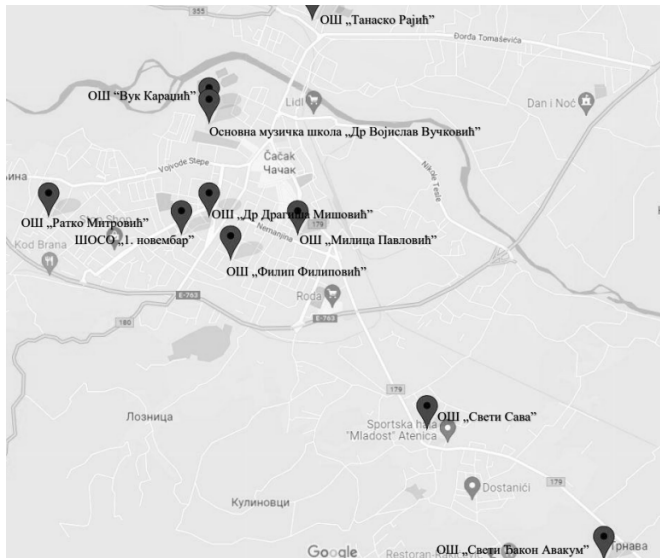
Само истраживање извршено је током августа 2022. године у граду Чачку на дефинисаним локацијама. Током наведеног периода, извршена је анализа постојећег стања хоризонталне и вертикалне сигнализације у зонама основних школа, као и формирање неопходне базе података са пратећом фотодокументацијом.

У наставку рада детаљније је објашњен методолошки поступак, приказани најважнији резултати истраживања и извршена кратка дискусија.

2 МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

За потребе овог истраживања, испитивана су подручја 10 основних школа у граду Чачку, а то су: ОШ: „Танаско Рајић”, Музичка школа: „Др Војислав Вучковић”, ОШ: „Вук Караџић”, ОШ: „Милица Павловић”, ОШ: „Др Драгиша Мишовић”, ШОМО: „1. новембар” Чачак, ОШ: „Филип Филиповић”, ОШ: „Ратко Митровић”, ОШ: „Свети Сава” као и ОШ: „Свети ђакон Авакум”.

На Слици 1 приказана је макролокација анализираних зона.



Слика 1. Макролокација истраживаних подручја

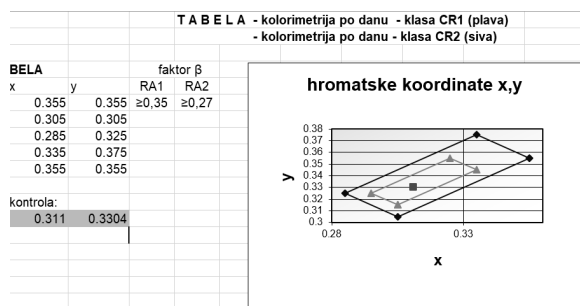
Истраживање је извршено током августа месеца 2022. године, са фокусом на стање и квалитет вертикалне и хоризонталне сигнализације. Када је реч о временским условима, време је било изузетно топло и без падавина што је додатно олакшало истраживање.

2.1 Испитивање квалитета вертикалне сигнализације

Испитивање квалитета вертикалне сигнализације извршено је у следећих шест корака, а у складу са претходно дефинисаном процедуром:

1. **Контрола етикете** прописане стандардном SRPS EN12899 на полеђини знака, као и контрола њеног садржаја, према истом стандарду.
2. **Контрола жига** прописаног стандардном SRPS EN12899 на лицу фолије на знаку, као и контрола његовог садржаја према истом стандарду.
3. **Визуелна контрола** изгледа знака у складу са SRPS стандардом.
4. **Провера захтеване класе ретрорефлексије** према Правилнику о саобраћајној сигнализацији, пројектној и другој техничкој документацији.
5. **Контрола колориметрије** вршена је теренским колориметром (За ово истраживање коришћен је Spectrophotometer CM 2500c). [4] Свака класа (RA1, RA2, R3A и R3B), и боја а зависно од технологије има своје хроматске/колор координате у SRPS EN12899 (перла) или CUAP (призме).

Након прикупљених података добијених мерењем колориметрије, формиран је низ координатних система према документу „Микропризматичне ретрорефлектујуће фолије“. Наредном сликом, слика 2, приказан је пример једног од координатног система коришћеног за анализу прикупљених података када су добијене вредности одговарајуће, односно када је знак исправан са аспекта колориметрије. У случају да је знак неисправан, тачка би се налазила ван ромба.



Слика 2. Пример координатног система намењеног за анализу боје саобраћајног знака

6. Контрола ретрорефлексије вршена је теренским ретрорефлектором (За ово истраживање коришћен је RetroSign, Type GR3 CEN). [5] Свака класа (RA1, RA2, R3A и R3B), и боја а зависно од технологије има своју референтну табелу у SRPS EN12899 (перла) или CUAP (призме).

Током мерења ретрорефлексије, мерени су коефицијенти ретрорефлексије под углом 5, 30 и 40 степени.

Добијени коефицијенти мерени су са табелама 3 и 4 из материјала „Фиксни, вертикални саобраћајни знакови на путевима“ који је писан по српском стандарду SRPS EN 12899-1.

Важно је напоменути да су колориметрија и ретрорефлексија мерене само за знакове III-6, III-28 и III-28.1 док су за остале знакове оцене донете искључиво на основу експертске процене (визуелног испитивања) лица знака и стуба знака.

Представљена процедура подразумева да се наведени кораци спроводе у назначеном редоследу, с обзиром на њихов елиминациони карактер, као и сам начин спровођења истраживања.

2.2 Испитивање квалитета хоризонталне сигнализације

Када је реч о анализи стања хоризонталних саобраћајних ознака, испитивање је вршено експертском проценом, односно визуелним прегледом без употребе посебних уређаја. Посебна пажња обрађала се на избледелост и оштећеност хоризонталних ознака, које су оцењиване применом Ликертове скале: додељиване су оцене од 1 до 5 у зависности од стања ознаке, при чему оцена 1 означава ознаку у лошем, а оцена 5 означава ознаку у добром стању. [7]

3 АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА САОБРАЋАЈНЕ СИГНАЛИЗАЦИЈЕ

3.1 Анализа постојећег стања вертикалне сигнализације

Анализа стања вертикалне сигнализације је обављена кроз следећа испитивања:

- визуелна инспекција и експертска процена стања знака,
- мерење колориметрије знака и утврђивање квалитета знака према регулативи и
- мерење ретрорефлексије знака и утврђивање квалитета знака према регулативи.

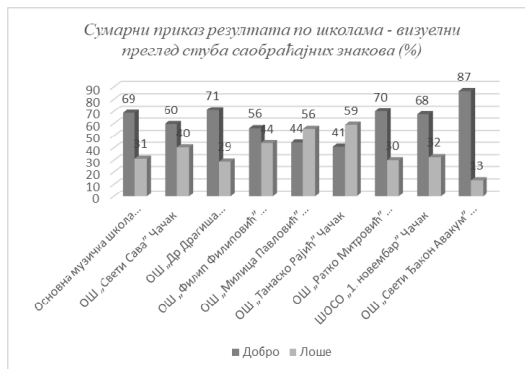
3.1.1 Визуелна инспекција знака

Наредним графиком приказан је сумарни преглед резултата визуелне инспекције саобраћајних знакова по школама. Ово истраживање је обухватило контролу исправности лица саобраћајних знакова, при чему се са графикана уочава да је највећи проценат саобраћајних знакова са неисправним лицем забележен у зони Школе за основно и средње образовање: „1. новембар” (86%).



Графикон 1. Стање лица знакова изражено у %

Наредним графиком, Графиком 2, приказани су сумарни резултати исправности саобраћајних знакова по школама са аспекта анализе стања стубова саобраћајних знакова, при чему је забележено да се највећи проценат неисправних стубова налази у зони Основне школе: „Танаско Рајић” (59%).



Графикон 2. Стање стуба знака изражено у %

3.1.2 Колориметрија знака

На графикону 3, приказан је сумарни преглед резултата мерења колориметрије по школама, при чему је уочено да се највећи проценат неисправних саобраћајних знакова са овог аспекта налази у зони Основне школе: „Свети Ђакон Авакум” (50%).



Графикон 3. Резултати испитивања колориметрије по школама изражени у %

3.1.3 Ретрорефлексија знака

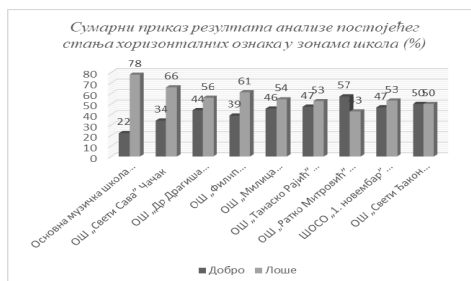
На графикону 4 приказан је сумарни преглед резултата мерења ретрорефлексије по школама, при чему је уочено да се највећи проценат неисправних саобраћајних знакова са аспекта мерења ретрорефлексије саобраћајних знакова налази у зонама Основне музичке школе: „Др Војислав Вучковић“ и Основне школе: „Вук Караџић“ (60%).



Графикон 4. Резултати испитивања ретрорефлексије по школама изражени у %

3.1.4 Анализа постојећег стања хоризонталне сигнализације

У наставку рада, приказани су сумарни резултати добијени испитивањем квалитета стања хоризонталних саобраћајних ознака у зонама школа (графикон 5). Са предметног графикана може се видети да се највећи проценат неисправне хоризонталне сигнализације налази у зони Основне школе: „Вук Караџић“ и Основне музичке школе: „Др Војислав Вучковић“ (78%).



Графикон 5. Квалитет хоризонталних ознака у зонама школа, изражен у %

4 ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧАК

Саобраћајна сигнализација има веома важну улогу у процесу пружања и размене информација у саобраћају. Како би захтеви видљивости и читљивости саобраћајне сигнализације били испуњени, неопходна је редовна контрола и испитивање квалитета.

Кроз приказано истраживање, циљ је био испитати квалитет саобраћајне сигнализације у зонама школа у граду Чачку. Основне школе изабране су као главни простор истраживања управо због рањивости најмлађих учесника у саобраћају. Како је саобраћајна сигнализација један од главних елемената за пренос информација возачима и осталим учесницима у саобраћају, тако је за што виши ниво саобраћајне безбедности неопходно да и ниво квалитета саобраћајних знакова буде што одговарајући.

Један од главних проблема који су уочени на предметном подручју, у зонама свих анализираних школа, јесте изгледелост хоризонталне саобраћајне сигнализације, а потом и недостатак исте. Када је реч о хоризонталној сигнализацији, ефикасност и трајност хоризонталних ознака на путу су подједнако значајни како управљачима, тако и корисницима пута. У погледу анализираних квалитета саобраћајних знакова, важно је истаћи да, осим ОШ: „Свети Ђакон Авакум“, ни у једној другој зони школе не постоји знак III-28.1 („завршетак зоне школе“). За разлику од њега, саобраћајни знакови III-28 („почетак зоне школе“) и III-6 („пешачки прелаз“) постављени су у свим зонама школа, међутим, њихов квалитет и исправност су упитни. Највећи проценат саобраћајних знакова са неисправним лицем знака забележен је у зони школе за основно и средње образовање „1. новембар“ (86%), док је најбоље стање забележено у ОШ: „Танаско Рајић“ (50%).

Генерално се може закључити да су резултати испитивања показали ни на једној од посматраних локација нису задовољени сви аспекти квалитета саобраћајне сигнализације, који су методолошки предвиђени истраживањем и усклађени са националном регулативом. Имајући у виду чињеницу да се зонама школа мора поклонити посебна пажња, потреба је перманентно радити на обезбеђивању квалитетног саобраћајног окружења, за шта је предуслов постојање релевантне и квалитетне саобраћајне сигнализације. Медијско информисање и апеловање на понашање возача, може бити додатни фактор у креирању безбедних зона школа, али сигурно не и једини, како је то у нашој пракси одомаћено. Како испитивање стања саобраћајне сигнализације у Чачку нема устаљену праксу, што је показано и резултатима истраживања, аутори овог рада предлажу редовну контролу стања и квалитета сигнализације кроз приказане показатеље, као и формирање катастра, који ће значајно олакшати процес контроле стања, евидентирања и отклањања свих неправилности уочених на терену.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] World Health Organisation (2015). Global status report on road safety 2015. https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/. .
- [2] Wijnen, W., Weijermars, W., Schoeters, A., van den Berghe, W., Bauer, R., Carnis, L., Elvik, R., & Martensen, H. (2019). An analysis of official road crash cost estimates in

- European countries. *Safety Science*, 113, 318–327.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.12.004>.
- [3] European Commission (2018). Proposal for a Directive of the European Parliament and of The Council amending Directive 2008/96/EC on road infrastructure safety management. COM (2018) 274 final, 2018/0129 (COD).
https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/3rd-mobility-pack/com20180274-proposal_en.pdf.
- [4] Spectrophotometer CM-2500c, Konica Minolta
[https://sensing.konicaminolta.asia/product/spectrophotometer-cm-2\[00c/](https://sensing.konicaminolta.asia/product/spectrophotometer-cm-2[00c/)
- [5] The professional choice for measuring all types of retroreflective sheetings for road signs, license plates and safety clothing, The RetroSign GR3 & GR1 retroreflectometer features <http://www.midsigncyprus.com/wp-content/uploads/2015/04/RetroSign-GR3-GR1.pdf>
- [6] Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji ("Sl. glasnik RS", br. 85/2017, 14/2021 i 21/2024)
- [7] Prof. Dr Ana Trpković, Upravljanje kvalitetom mreže i saobraćajne opreme, Pisani, nastavni materijali, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2022.
- [8] Prof. Dr Branimir Stanić, Ana Trpković, Knjiga *Elementi saobraćajnog projektovanja: horizontalna signalizacija*, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2022.
- [9] Prof. Dr Ana Trpković, Saobraćajno projektovanje – gradska mreža, Pisani, nastavni materijali, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2022.
- [10] Best Practices in School Zone Traffic Calming, Making road safer,
<https://www.radarsign.com/best-practices-school-zone-traffic-calming/>
- [11] RetroSign GR1 & GR3, DELTA – a part of FORCE Technology,
<https://roadsensors.madebydelta.com/products/discontinued-products/retrosign/>

SUMMARY

Traffic Signalization Quality Assessment in the Areas Surrounding Primary Schools in Čačak

The condition and quality of traffic signalization in school zones represent an important aspect that directly affects the efficient guidance of users, timely exchange of information, and the safety level of traffic participants, particularly children as the most vulnerable category of users. Adequate design, maintenance, and improvement of the condition and quality of traffic signalization are essential for ensuring the visibility and legibility of signs, especially under various traffic and weather conditions. Despite its importance, traffic signalization in school zones is often in an unsatisfactory state. External factors such as rain, snow, strong winds, direct exposure to sunlight, etc., gradually reduce the effectiveness and quality of signs and markings. Additionally, other factors such as vandalism, theft, improper installation, and inconsistencies in the design of traffic signs also negatively impact its quality. In line with the above, the aim of this paper is to examine the condition and quality of signs and markings and to propose improvements to traffic signalization in the areas surrounding primary schools in Čačak. The research covered 10 school zones, where the existing horizontal and vertical signalization was thoroughly examined. The most common deficiencies identified during the research include faded, damaged, or missing traffic signs, particularly at the entry/exit points of school zones. The proposed actions are focused on addressing the identified shortcomings and represent an initial step in the process of selecting and defining measures for improving the current state in the primary school zones in Čačak. The methodological framework and results presented in this paper can, on the one hand, serve as an adequate basis for encouraging similar research in other locations, while on the other hand, they assist decision-makers in prioritizing and selecting preventive measures for the analyzed areas.

Key words: traffic signage, quality, school zone, traffic planning.

Утицај категорије саобраћајнице на квалитет вертикалне саобраћајне сигнализације – пример зоне у Београду

Марина Николић, Саобраћајни факултет, Београд, marinaa.nikolicc@gmail.com

Резиме: Саобраћајна сигнализација има важну улогу у процесу вођења и комуникације између учесника у саобраћају, управљача пута и окружења. Различите врсте оштећења и других неправилности на знаку током његовог периода експлоатације директно утичу на квалитет постављене сигнализације, а самим тим и на безбедност и ефикасност саобраћајног система. У литератури су препознати многи фактори који могу негативно утицати на квалитет саобраћајне сигнализације попут: намерних оштећења (деловање човека – вандализованост, неадекватно одржавање и сл.) или ненамерних оштећења која су последица екстерних фактора: временских (не)прилика, квалитета ваздуха, карактеристика саобраћаја и др. Основни циљ овог рада јесте испитати утицај категорије саобраћајнице на квалитет вертикалне сигнализације на делу уличне мреже у Београду, кроз међусобан утицај различитих карактеристика попут: степена вандализованости знака, врсте материјала за израду знака и видљивости знака у односу на доба дана. Рад пружа методолошку основу и иницијалне кораке за спровођење сличних истраживања, док резултати овог рада могу помоћи доносиоцима одлука у процесу приоритизације и избора адекватних мера за унапређење стања и квалитета саобраћајне сигнализације на градској мрежи.

Кључне речи: Саобраћајна сигнализација, видљивост, вандализованост, управљање квалитетом саобраћајне сигнализације, категоризација мреже

1 УВОД

Саобраћајна сигнализација игра кључну улогу у стварању организованог и безбедног саобраћајног система, доприносећи квалитету живота и безбедности учесника у саобраћају. Њен значај огледа се у организацији саобраћаја, повећању безбедности, правилном усмеравању, смањењу времена путовања и стреса, као и у помоћи особама са посебним потребама [1]. Квалитет сигнализације зависи од видљивости, усаглашености са прописима, технолошког напретка, и редовног одржавања. Недостаци у сигнализацији, попут оштећења, застарелости и лоше видљивости, могу бити опасни и довести до нетачних информација. Брза замена оштећене сигнализације је одговорност надлежних власти и кључна је за очување безбедности у саобраћају [2]. Циљ истраживања је испитивање квалитета вертикалне сигнализације, као и повезаност квалитета сигнализације и ранга саобраћајнице. Сем оштећења сигнализације, акценат се стављао на класу материјала од којих су израђени саобраћајни знакови.

Истраживање спроведено на Универзитету у Јути 2011. године класификовало је оштећења саобраћајних знакова у три категорије: старење, утицај околине и вандализам. Најчешћа оштећења су савијање, пуцање, љуштење и намерна оштећења попут рупа од метака и боје. Више од 87% застарелих знакова функционисало је испод минималног нивоа ретрорефлективности, што угрожава њихову видљивост. Оштећења услед вандализма су чешћа у руралним подручјима и могу озбиљно нарушити читљивост знака, што је кључно за безбедност учесника у саобраћају [3].

MUTCD је успоставио минималне стандарде ретрорефлективности и предложио методе процене и управљања за одржавање ових нивоа. Транспортне агенције треба да планирају замену оштећених знакова кроз чешће инспекције и пријаве грађана. Истраживање показује да 15% знакова са ољуштеном легендом не задовољава стандарде и да је некада довољна поправка уместо замене [4].

2 МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања овог рада јесу деонице улица различитих категорија у централној зони града Београда. Од сваке категорије анализиране су по две саобраћајнице. Категорије саобраћајница које су узете у разматрање су: градске артерије (Булевар краља Александра и Булевар деспота Стефана), главне улице (Рузвелтова и Димитрија Туцовића), сабирне улице (Светог Николе и Северни булевар), локалне улице (Ђуке Динић и Топличка) и интегрисане улице (Грачаничка и Царице Милице).

Циљ истраживања је испитивање квалитета вертикалне сигнализације, као и повезаност квалитета сигнализације и ранга саобраћајнице.

Истраживање је вршено 29,30 и 31. јула 2023. године у поподневним и вечерњим сатима. Поподневна истраживања обухватала су периоде од 15 до 17 часова, док су вечерња обухватала периоде од 20 до 22 часа. Временски услови су били идеални, без падавина. Испитивање квалитета сигнализације вршено је визуелном инспекцијом. Утрђивала су се видљива оштећења знака, као и видљивост знака у дневним и ноћним условима.

Подаци о стању сигнализације забележени су путем мобилног телефона, након чега су се уписивали у базу. База садржи податке о шифри знака, називу градске општине, називу улице, категорији саобраћајнице, локацији знака (раскрсница/деоница) и објектима атракције у близини. Такође укључује оцене вандализованости и видљивости (дневне и ноћне). Оцене видљивости су: лоша (1), средња (2) и добра (3). Оцене вандализованости су: потпуно вандализован знак (1), делимично вандализован (2) и невандализован (3).

3 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

3.1 *Оцена дневне и ноћне видљивости вертикалне сигнализације*

Највећи проценат знакова на свим категоријама саобраћајница има веома добру дневну видљивост, док мали проценат знакова има средњу или лошу видљивост, што је приказано на Графику 1. Највећи проценат знакова који су добили лошу оцену ноћне видљивости забележен је на градским артеријама (73%), док је на главним

улицама највећи проценат знакова добио добру оцену ноћне видљивости (47%), што је приказано на Графику 2.

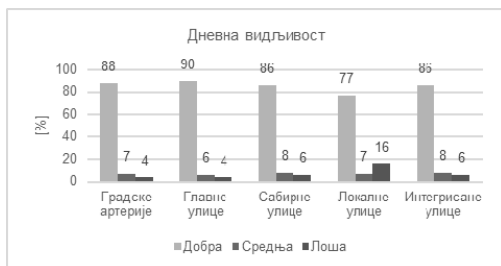


График 1: Дневна видљивост сигнализације

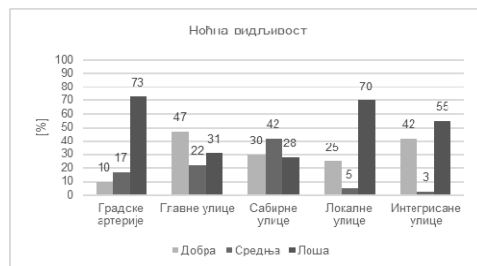


График 2: Ноћна видљивост сигнализације

Саобраћајни знакови прекривени вегетацијом и објектима на путу смањују видљивост и угрожавају безбедност учесника у саобраћају. Зато је важно правилно поставити знакове узимајући у обзир вегетацију и објекте, како би се осигурала њихова дуготрајна видљивост.

3.2 Вандализованост вертикалне сигнализације

Вандализованост саобраћајних знакова представља намерно оштећење или уништавање саобраћајне сигнализације на путу. Овакво недолично понашање има негативне последице и може значајно угрозити безбедност и ефикасност саобраћаја [5]. Као што је претходно речено, вандализованост знакова подељена је у три категорије: невандализовани, делимично и потпуно вандализовани. Извршена је анализа вандализованости по категоријама оштећења, за сваку категорију саобраћајнице, као што је приказано на Графику 3.

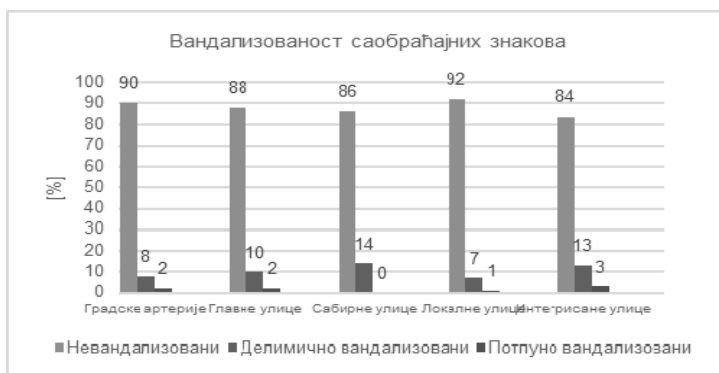


График 3. Вандализованост саобраћајних знакова

У Табели 1 приказан је проценат вандализованих знакова за сваку категорију саобраћајнице.

Табела 1: Процент вандализованих знакова

Категорија саобраћајнице	Процент вандализованости знакова	
	Вандализовани	Невандализовани
Градске артерије	12	88
Главне улице	28	72
Сабирне улице	14	86
Локалне улице	14	86
Интегрисане улице	13	87

Вандализам саобраћајних знакова, попут налепница, графита и оштећења, смањује њихову видљивост и угрожава безбедност у саобраћају. Највећи проценат вандализованих знакова је на главним улицама (28%), а најмањи на градским артеријама (12%). Разлог за мањи проценат на артеријама може бити чешћи полицијски надзор и боље ноћно осветљење, што обесхрабрује вандале.

3.3 Утицај класе материјала на видљивост знака

Ноћна видљивост саобраћајних знакова је кључна за безбедност у саобраћају, па се израђују од рефлектујућих материјала. Постоје три класе ових материјала, а видљивост знака ноћу зависи од примењене класе.

У Табели 2 приказне су минималне класе материјала које се користе за израду знакова на одређеним категоријама саобраћајница [6].

Табела 2: Класе материјала

Ауто-пут	Класа
Са јавном расветом	3
Без јавне расвете	2
На порталима	3
Мото-пут	Класа
Поред пута	2
На порталима	3
Остали оптички путеви	2
Улице	1

На градским артеријама и главним улицама већи је проценат заступљености друге класе материјала (63 и 75%), док је на сабирним, локалним и интегрисаним улицама већи проценат знакова израђених од материјала прве класе (55,70 и 52%). Приликом прикупљања података и визуелне инспекције, није уочено постојање знакова израђених од материјала треће класе, што је приказано у Табели 3.

Знакови од материјала прве класе углавном имају добру дневну видљивост, посебно на интегрисаним улицама. Код знакова од материјала друге класе, већина такође има добру видљивост, осим на главним улицама где је проценат знакова са добром и лошом видљивошћу једнак.

Знакови од материјала прве класе углавном имају лошу ноћну видљивост, осим на интегрисаним улицама где су сви знакови оцењени најбољом оценом. За знакове од материјала друге класе, већина има добру ноћну видљивост.

Табела 3. Процент заступљености класа

Категорија саобраћајнице	Процент заступљености класа		
	I	II	III
Градске артерије	37	63	0
Главне улице	25	75	0
Сабирне улице	55	45	0
Локалне улице	70	30	0
Интегрисане улице	52	48	0

4 ПРЕДЛОГ МЕРА

Теренским истраживањем вертикалне саобраћајне сигнализације у Београду уочени су проблеми у квалитету сигнализације. Након прикупљања података, формиран је катастар сигнализације који је коришћен за анализу проблема. Истраживање је спроведено визуелном инспекцијом, без употребе уређаја за детекцију карактеристика сигнализације. У Табели 4. приказани су проценти знакова које треба заменити.

Табела 4: Процент знакова које треба заменити

Ранг саобраћајнице	Процент знакова које треба заменити
Градске артерије	73
Главне улице	30
Сабирне улице	28
Локалне улице	72
Интегрисане улице	55

Разлог зашто је проценат знакова које треба заменити на појединим ранговима саобраћајница јако велики јесте лоша оцена ноћне видљивости. Потребна је замена свих знакова који не задовољавају прописане услове, као и редовно одржавање и контрола сигнализације.

Кораци који се могу спроводити приликом санирања оштећене сигнализације су следећи:

1. Пријављивање проблема
2. Инспекција
3. Поправка или замена
4. Редовно одржавање
5. Комуникација са јавношћу [7].

5 ЗАКЉУЧАК

У овом раду анализиран је квалитет вертикалне саобраћајне сигнализације на различитим категоријама саобраћајница у Београду, са фокусом на дневну и ноћну видљивост, као и вандализованост знакова. Испитивање је показало да је већина знакова невандализована, али је примећен проблем са знаковима прекривеним вегетацијом или другим објектима, што смањује видљивост и угрожава безбедност. Дневна видљивост већине знакова је веома добра, док је ноћна видљивост често зависила од квалитета рефлектујућег материјала. Највише знакова са лошом ноћном видљивошћу налази се на градским артеријама, док су главне улице углавном добро покривене.

На крају су предложене мере за побољшање стања, укључујући замену оштећених и вандализованих знакова, као и редовно одржавање сигнализације како би се осигурала њена дуготрајност.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Станић, Б., Здравковић, П., Вукановић, С., Милосављевић, С.,-Елементи саобраћајног пројектовања-Вертикална сигнализација, Саобраћајни факултет, Београд, 2003.
- [2] АМСС, „Испитивање саобраћајне сигнализације и фотометријска мерења у безбедности саобраћаја”, Саобраћајни факултет, Београд, 2023.
- [3] Voggs, W., Heaslip, K., Louisell, C. , *Analysis of Sign Damage and Failure: Utah Case Study*. Article. Dec 2013.
- [4] Federal Highway Administration, MUTCD-“Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways”, SAD 2009.
- [5] M.R. Warren, “Handbook of Road Technology”, December 12, 2019 by CRC Press.
- [6] „Правилник о саобраћајној сигнализацији”, „Службени гласник РС”, бр.134/14, децембар 2014.
- [7] Khalilikhah, M. , Heaslip, K., The effects of damage on sign visibility: An assist in traffic sign replacement, Department of Civil & Environmental Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, Arlington, VA 22203, USA, 2016

SUMMARY

The influence of the road category on the quality of traffic signs – Belgrade urban network example

Abstract: Traffic signalization plays an important role in the process of guidance and communication between road users, road managers and the environment. Various types of damage and other irregularities on the sign during its period of exploitation directly affect the quality of the posted signage, and therefore the safety and efficiency of the traffic system. The literature recognizes many factors that can negatively affect the quality of traffic signs, such as: intentional damage (human activity – vandalism, inadequate maintenance, etc.) or unintentional damage that is a consequence of external factors: weather, air quality, traffic characteristics etc. The main goal of this paper is to examine the influence of the road category on the quality of traffic signage on part of the street network in Belgrade, through the mutual influence of different characteristics such as: the degree of vandalism of the sign, the type of sign material and the visibility of the sign in relation to the time of day. The paper provides a methodological basis and initial steps for conducting similar research, while the results of this paper can help decision makers in the process of prioritization and selection of adequate measures to improve the existing condition and quality of traffic signs on the urban network.

Key words: Traffic signs, visibility, vandalism, traffic sign quality management, network categorization, urban street network

Plenarna sesija 3

EFIKASNOST PUTNOG SAOBRAĆAJA

Uticaj komercijalnih vozila na saobraćajni tok vangradskih puteva – studija slučaja Republike Srpske

Marko Subotić, Saobraćajni fakultet, Doboj, marko.subotic@sf.ues.rs.ba

Vladan Tubić, Saobraćajni fakultet, Beograd, vladan@sf.bg.ac.rs

Željko Stević, Saobraćajni fakultet, Doboj, zeljko.stevic@sf.ues.rs.ba

Rezime: Komercijalna vozila zauzimaju veći prostor od putničkih automobila, a operativne vozno-dinamičke karakteristike su znatno nepovoljnije nego kod putničkih automobila. Takođe, komercijalna vozila nepovoljno utiču na protok vozila, pre svega svojim dimenzijama vozila i operativnim karakteristikama (ubrzanje, usporenje, manevrisanje i sl.). Glavni cilj ovog rada je da se na osnovu obimnih empirijskih istraživanja u lokalnim uslovima slobodnog toka kvantifikuje nepovoljni uticaj strukture toka kroz vrednosti Putnički Automobil Ekvivalenta (PCE – Passenger Car Equivalents) u funkciji uzdužnog nagiba (uspona/pada). Primenom kritike literarnih izvora i dobijenim empirijskim istraživanjima dokazano je da se sa povećanjem uspona, povećava i vrednost PCE za komercijalna vozila. Na osnovu izmerenih vrednosti dobijenih lokalnim merenjem razvijeni su modeli polinoma četvrtog stepena sa visokim koeficijentom korelacije za utvrđivanje reprezentativnih vrednosti PCE na padu i usponu dvotračnih puteva. Poređenjem dobijenog modela u slobodnom toku sa HCM-2016 priručnikom pokazano je da sopstveno istraživanje daje manju vrednost PCE za uspon veći od 3%. Takođe su razvijeni su i modeli polinoma četvrtog stepena PCE vrednosti za PCE15%, PCE50% i PCE85%.

Ključne reči: slododan tok, PCE, uzdužan nagib, dvotračni put

1 UVOD

Teretna vozila troše znatno više kapaciteta na putu i imaju veći uticaj zauzetosti puta nego što je to slučaj sa putničkim automobilima. Heterogena ili mešovita struktura saobraćajnog toka izražava se udelom komercijalnih vozila u toku. Putnički automobil ekvivalent (PCE – eng. *Passenger Car Equivalents*) koristi se za transformaciju mešovitog saobraćajnog toka vozila u tok ekvivalentnih putničkih automobila, a primenjuje se za analizu kapaciteta i nivoa usluge puteva i raskrsnica. PCE je važan faktor koji se koristi za pretvaranje obima saobraćaja koji sadrže proporcije teretnih vozila u jedinstvenu meru koja sadrži samo jedinice putničkih automobila (PCU – eng. *Passenger Car Unit*). Takva konverzija je važna za proučavanje saobraćajnog toka, jer na opis saobraćajnih parametara kao što su kapacitet i brzina u velikoj meri utiču proporcije saobraćajnog opterećenja.

PCE vrednosti bi trebalo da variraju u zavisnosti od saobraćajnih i putnih uslova, tako da primena PCE vrednosti u nezasićenim uslovima saobraćaja mogu preceniti efekat teretnih vozila ili biti neosetljive vrednosti na nivo odvijanja saobraćaja. Faktor ekvivalencata teretnih vozila (PCE) je uobičajen i koristi se za procenu razlika između komercijalnih vozila (sva vozila koja se ne svrstavaju u putničke automobile) i putničkih automobila u smislu analize kapaciteta puta i zagušenja koje oni produkuju.

Predmet istraživanja u ovom radu je izučavanje uticaja karakteristika mešovitog toka (iskazan ekvivalentima teretnih vozila – PCE) u postupcima analize kapaciteta i *Nivoa Usluge* puteva sa ciljem unapređenja ovih metoda – postupaka. U našoj stručnoj javnosti ovom pitanju nije posvećivana dovoljna pažnja. U svetskoj literaturi prisutna su dva osnovna pristupa uključivanja uticaja mešovitog toka u analizu kapaciteta i *Nivoa Usluge* putne mreže.

U daljem toku rada u poglavlju 2. dat je literarni pregled rada gde su prikazani savremeni literarni izvori za utvrđivanje PCE vrednosti. Metodologija istraživanja i karakteristike PCE analizirani su u poglavlju 3. Razvoj modela i glavni rezultati istraživanja opisani su u poglavlju 4. Diskusija rezultata istraživanja i zaključci dati su u poglavlju 5, zajedno sa pravcima budućih istraživanja.

2 LITERARNI PREGLED

Vrednost ekvivalenata teretnih vozila (PCE) je u literarnim izvorima prikazana sa velikim odstupanjima u funkcionalnoj zavisnosti od putnih i saobraćajnih uslova. Takođe, često korišćen HCM (Highway Capacity Manual) priručnik [1], nekada daje i kontradiktorne vrednosti od predviđenih za određene lokalne uslove. Dobijene PCE vrednosti za autoputeve, brze puteve i magistralne putne pravce pokazuju da neke varijable, kao što je udeo (procentualno učešće) kamiona, nemaju uvek očekivani uticaj na dobijene PCE vrednosti, dok su druge varijable, kao što je tip vozila, ključne u dobijanju reprezentativnih PCE vrednosti. Generalno, velike razlike u vrednostima PCE su se javile za duže i strmije merne sekcije. Postojala su velika odstupanja u PCE vrednostima u funkciji odnosa masa/konjske snage kao i dužine vozila [2]. Istraživanje sprovedeno u Nebraskoj (SAD) pokazuje vrednosti PCE na I-80 putu za visoke procentualne vrednosti kamiona (25% do 60%), dok PCE vrednosti po HCM priručniku su osnovane za opterećenost do 25% kamiona, prosečna brzina kamiona je niža od putničkih automobila, što je nespojivo sa pretpostavkom HCM da je slobodna brzina svih tipova vozila ista na ravnom terenu [3]. U literaturi se često navodi da su saobraćajni tokovi bili smatrani ekvivalentnim, jer se kreću istom brzinom ili gustina [4,5]. Nekada su za heterogene uslove saobraćaja u Indiji preporučivane vrednosti PCE specifične za vozila koje dinamički variraju sa brzinom, protokom i strukturom toka, dok su nove vrednosti PCE procenjene na osnovu makroskopskih odnosa generiranih za osnovne heterogene saobraćajne tokove. Za definisanje nivoa usluge (eng. LOS-Level of Service) koristi se novo merilo performansi zasnovano na padu brzine i ustanovljeno je da daje relativno preciznije PCE vrednosti. Ukupne PCE vrednosti za određenu heterogenu strukturu saobraćaja variraju sa značajnim padom brzine pri nižim vrednostima protoka [6]. PCE vrednosti bi trebalo da variraju u zavisnosti od saobraćaja i uslova na putu, tako da u uslovima nezasićenih tokova saobraćaja ove vrednosti mogu preceniti efekat teretnih vozila. Takođe, postoji veliki broj statističkih metoda i studija simulacije saobraćaja zasnovanih na mikroskopskim pristupima koji se koriste za izračunavanje PCE za teretna vozila primenljivih na kružnim raskrsnicama [7]. Ova studija pokazuje da procenat teških vozila u saobraćaju, raspored kružnog toka i geometrijske karakteristike kružne raskrsnice utiču na promenu vrednosti PCE. Takođe, na osnovu istraživanja na ruralnim putevima u Indiji pokazano je da različite metode za ocenu primenljivosti u heterogenim saobraćajnim uslovima utiču na procenu PCE vrednosti. Pored velikog broja pokazatelja dobijenih iz pregleda literature, ova studija

pokazuje da najbolji metod za utvrđivanje uticaja nagiba na PCE vrednosti podrazumeva primenu simulacionog modela [8]. Takođe, Yeung et al. napominju da pouzdanost podataka dobijenih iz simulacionog modela zavisi od validnosti simulacionog modela. Simulacioni model bi trebao biti opsežno validan za različite saobraćajne i geometrijske uslove [9].

Istraživanjem sprovedenim na četvorotračnim auto-putevima na Tajlandu na 12 mernih sekcija, prikupljanje podataka vršeno je pomoću video detekcije od 06.00 do 18.00 časova za 13 klasa (tipova) vozila pomoću intervala sleđenja na 15-to minutnom intervalu. Studija je pokazala da je nagib auto-puta značajan faktor vezan za PCE vrednosti [10]. Primenom analitičkog modela za identifikaciju vrednosti PCE na uravnoteženim dvotračnim dvosmernim putevima koristeći algoritam za interval sleđenja pokazano je da PCE vrednosti rastu sa povećanjem obima saobraćaja po trakama. Ujedno, studija pokazuje da teretna vozila imaju mnogo veći uticaj na PCE vrednosti u neuravnoteženim uslovima, kada je vreme putovanja duže od jednog sata, a kada su obe trake zasićene, uticaj teretnih vozila na kapacitet se vremenom smanjuje, a vrijednosti PCE se približava 1,0 [11].

Primenom detektora na M25 i M42 osnovnih segmenata autoputa u Ujedinjenom Kraljevstvu procenjena je vrednost PCE koristeći metodu intervala sleđenja bliskog praćenja pri različitim rasponima brzina, pri čemu su razvijeni regresioni modeli. Rezultati istraživanja su pokazali da PCE vrednosti na istim lokacijama variraju u funkciji brzine saobraćajnog toka, a da takva varijacija PCE u funkciji brzine zavise od odnosa dužine teretnih vozila i putničkih automobila [12].

Na osnovu literarnog pregleda, može se konstatovati da PCE vrednosti zavise od velikog broja uticajnih faktora, da variranje njihovih vrednosti je u zavisnosti od funkcionalnih delova putne mreže, a kvantifikacija i validacija ovih vrednosti je moguća u različitim putnim i ambijentalnim okolnostima.

3 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA I KARAKTERISTIKE PCE VREDNOSTI

U istraživanjima realizovanim na uzdužnim nagibima (uspon/pad) dvotračnih puteva dokazan je negativan uticaj komercijalnih vozila na uzdužnom nagibu kroz PCE vrednosti, gde sa povećanjem nagiba, dolazi do povećanja vrednosti PCE [13,14,15]. Ova tvrdnja odnosi se na sva komercijalna vozila koja ne pripadaju klasi putničkih automobila. Osnovni očekivani rezultati ovog istraživanja zasnovani su na pretpostavci da je vrednost PCE na usponu/padu dvotračnih puteva u složenoj funkcionalnoj zavisnosti od strukture saobraćajnog toka, vozno-dinamičkih karakteristika vozila, psiho-fizičkih karakteristika vozača, a posebno od tehničko-eksploatacionih karakteristika puta i putne mreže i da se podrazumevana kolebanja i promene PCE vrednosti mogu verifikovati u lokalnim uslovima. Vrednost PCE u dosadašnjoj naučno-stručnoj literaturi pokazuje promenljive vrednosti.

Metodologija istraživanja sadrži procedure izbora lokacije merenja, empirijskog istraživanja vremenskih intervala sleđenja, sinteze i analize prikupljenih podataka, kao i određivanje PCE vrednosti na datim presecima, što je detaljno prikazano u Tabeli 1.

Tabela 1. Sumarni prikaz metodoloških postavki primenjenih u istraživanju

Primenjena metodologija	Osnovni metod relativnih odnosa intervala sleđenja, posmatranjem pet kategorija vozila (PA, TV, BUS, TTV i AV);
Tehnika snimanja	Poluautomatska, primenom posebne merne opreme;
Izbor lokacije	Fizički elementi: standardni dvotračni put (magistralni) sa dve saobraćajne trake širine min 3,00 m; postojanje konstantnih uzdužnih nagiba (uspon/pad) na prilazima ne kraćih od 1000 m sa dozvoljenim odstupanjem od $\pm 0,5\%$; nema radova na putu u zoni merenja; zabranjeno je preticanje; zona je van naselja; ne postoje raskrsnice pre i posle merenja; Saobraćajni kriterijumi: relativno veliko saobraćajno optrećenje, veći procenat učešća komercijalnih vozila (15% i više), saobraćajna traka nema uticajnog faktora skretanja, nepostojanje uticaja parkiranja ili autobuskih stajališta, realizacija snimanja u vršnom i van vršnom periodu;
Obrada podataka	Na bazi prosečnih vrednosti pojedinačnih lokacija i sumarne prosečne vrednosti, u analizi se zanemaruje uticaj pozicije vozila u redu (što nije čest slučaj u svetskoj literaturi);

Najčešće korišćen metod za utvrđivanje vrednosti PCE je metod relativnih odnosa intervala sleđenja u procesu pražnjenja reda vozila. Ovaj metod razijen je od strane Greenshields-a 1947.godine i u literaturi je poznat kao „bazni metod utvrđivanja intervala sleđenja”. Koncept ove metode baziran je na relaciji (1):

$$PCE_i = H_i / H_{PC} \quad (1)$$

gde su:

PCE_i – putnički automobil ekvivalent i-te klase vozila;

H_i – prosečna vrednost intervala sleđenja i-te klase vozila;

H_{PC} – prosečna vrednost intervala sleđenja za putnički automobil;

Definisanje izbora mernih lokacija utvrđen je na magistralnim putnim pravcima I reda, čiji preseki merenja su utvrđeni na 1000 m odstojanja od preseka aritmetičkom sredinom uzdužnog nagiba na datim presecima. Empirijsko merenje vrednosti sprovedeno je na mernim sekcijama na uzdužnom nagibu u pravcu i horizontali, ali se težilo da merna mesta budu na odsecima gde nije dozvoljeno preticanje. Vreme merenja je uzeto u prepodnevim i popodnevnim časovima, kada nema uticajnih faktora vršnih opterećenja, što podrazumeva „realan” saobraćajni tok.

Izmereni vremenski intervali sleđenja dobijeni empirijskim istraživanjem evidentirani su za pet klasa vozila u bazu podataka napravljenu u Microsoft Office Excel, gde je vršena dalja statistička obrada. Softver „PROTOK VOZILA” tokom snimanja vremenskih interval sleđenja selektuje izmerene vrednosti na 5 klasa vozila (PA-putnički automobil, BUS, LTV-lako teretno vozilo, TTV-teško teretno vozilo i AV-autovoz) i unosi ih u računar. Osnovni cilj bio je prikupiti više od 100 vremenskih interval sleđenja (a time i PCE) za komercijalna vozila što je i urađeno na svakoj mernoj sekciji posmatrane deonice puta. Zabeleženi broj izmerenih PCE vrednosti vozila sa prosečnim vremenskim intervalom sleđenja na deonicama dat je u Tabeli 2.

Tabela 2. Veličina izmerenih PCE vrednosti prema mernim sekcijama

R.br.	Deonica	Tehničko-eksploatacione karakteristike deonica				Veličina mernog uzorka (br. merenja)
		Oznaka deonice	Dužina merne sekcije	UN	Dužina deonice (km)	
1	Ivanjska-Šargovac	M-I-108	min 1000 m	-5,50%	14.967	1000
2	Vrhovi-Šešljije	M-I-103	min 1000 m	-5,00%	14.073	1000
3	Ivanjska-Šargovac	M-I-108	min 1000 m	-3,00%	14.967	1000
4	Ivanjska-Šargovac	M-I-108	min 1000 m	-2,00%	14.967	1000
5	Vrhovi-Šešljije	M-I-103	min 1000 m	-1,00%	14.073	1010
6	Rudanka-Doboj	M-I-105	min 1000 m	0%	7.405	1011
7	Klašnice 1 -Gornja Vijaka	M-I-106	min 1000 m	1,00%	38.553	912
8	Klupe-Teslić (Barići)	M-I-108	min 1000 m	2,00%	16.734	775
9	Klašnice 1 -Gornja Vijaka	M-I-106	min 1000 m	3,00%	38.553	908
10	Klašnice 1 -Gornja Vijaka	M-I-106	min 1000 m	4,00%	38.553	1007
11	Vrhovi-Šešljije	M-I-103	min 1000 m	5,00%	14.073	918
12	Obodnik-Klupe	M-I-108	min 1000 m	6,00%	20.134	736
13	Obodnik-Klupe	M-I-108	min 1000 m	7,00%	20.134	713
14	Obodnik-Klupe	M-I-108	min 1000 m	7,50%	20.134	811
Ukupno					111,866 km	12.801

Kao etalonska vrednost PCE u ovom istraživanju za sleđenje PC-PC, usvojena je vrednost 1. Kao ograničenje u ovom istraživanju, može se navesti da se nije uzimala u obzir vrednost PCE za različite kategorije putničkih automobila (PC). Vrednost vremenskog intervala sleđenja za putničke automobile računata je kao aritmetička sredina vremenskih intervala sleđenja izmerenih na preseccima. Za svaku mernu sekciju, izračunate su vrednosti PCE za svaku klasu vozila na osnovu snimljenih vremenskih intervala sleđenja pomoću Grinshields-ovog modela primenjenog na vangradskim putevima. Nakon toga, utvrđene su vrednosti relevantnih statističkih parametara koji uključuju aritmetičku sredinu (AS) i standardnu devijaciju (SD), a određen je i koeficijent varijacije (VC). Vozila u svakoj klasi (LTV, TTV, BUS, AV) su zatim svrstana u klasu komercijalnih vozila prema vrednostima PCE u klase širine 0.5 da bi se dobila distribucija PCE vrednosti. Ovako, tabelarno sređeni podaci iskorišćeni su za dalju analizu, određivanje zakonitosti distribucije i određivanje procentnih vrednosti ekvivalenata teretnih vozila PCE15%, PCE50% i PCE85%. U ove svrhe korišćen je program za analizu funkcija Table Curve 2D v5.01. Nakon izračunavanja AS, SD i koeficijenta varijacije, određeni su PCE modeli za predviđene kategorije vozila u funkciji od uzdužnog nagiba (uspona/pada). Modeli su prikazani u obliku polinoma četvrtog stepena izraženi kao u relaciji (2):

$$PCE = A \cdot UN^4 + B \cdot UN^3 + C \cdot UN^2 + D \cdot UN + E \quad (2)$$

gde je:

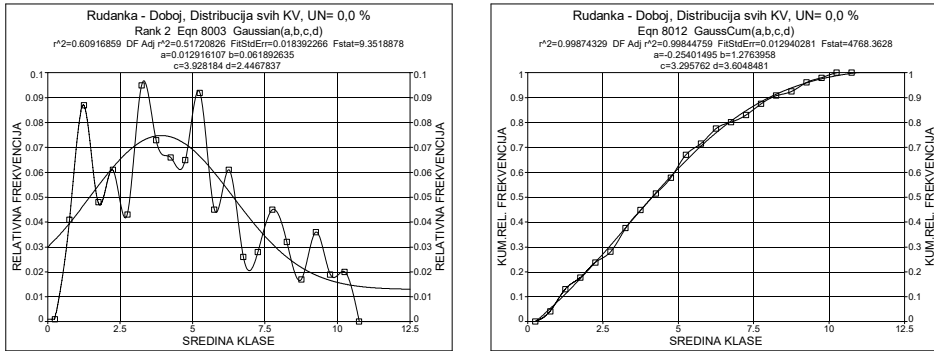
UN – uzdužni nagib;

PCE – ekvivalent teretnih vozila;

A, B, C, D i E – parametri dobijeni regresionom analizom;

Statistička analiza pokazala je prihvatljive vrednosti koeficijenta korelacije, posebno za PCE vrednosti na većem uzdužnom nagibu dvotračnih puteva. Pri utvrđivanju raspodele analizirane su samo zvonaste krive i to Gausova (normalna) i logaritamska normalna kriva. Od velike važnosti je bilo određivanje funkcije kumulativne raspodele, koja kako se

pokazalo, u svim slučajevima odgovara kumulativnoj normalnoj raspodeli. Podaci su grupisani u statističke klase, koje su korišćene za dalju analizu za određivanje odgovarajuće raspodele i određivanje procentualnih $PCE_{15\%}$, $PCE_{50\%}$ i $PCE_{85\%}$ vrednosti. Za određivanje vrednosti je izabrana kumulativna funkcija za traženi koren rešenja za priraštaj od 0.01, što je prikazano na narednoj slici 1.



Slika 1. Empirijska raspodela analiziranih PCE vrednosti

Iz dobijenih vrednosti korena funkcije za inkrement 0.01, izdvojene su vrednosti korena funkcije UN (uzdužnog nagiba) za vrednosti PCE od 0.15, 0.50 i 0.85, koje u stvari predstavljaju te procentualne vrednosti za PCE.

4 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

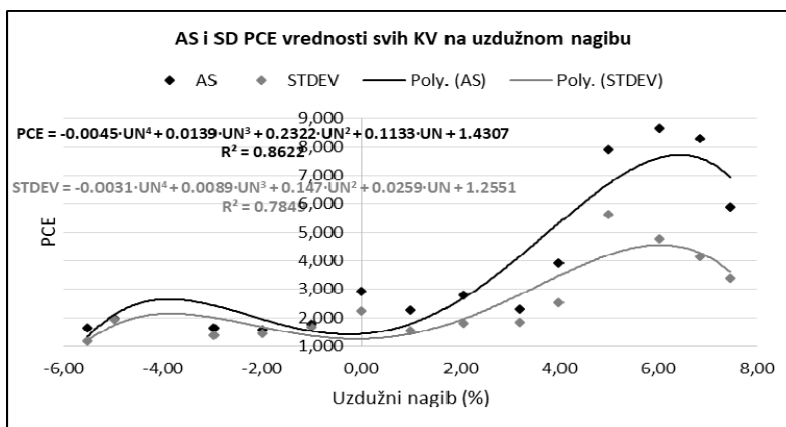
Analizom PCE vrednosti na uzdužnom nagibu (usponu/poadu) dvotračnih puteva, dobija se izuzetno visok koeficijent korelacije koji iznosi $R^2=0,8622$. Sprovedenim empirijskim istraživanjem dobija se pokazatelj velikog rasipanja vrednosti PCE za komercijalna vozila (KV), sa povećanjem UN. Odnosno, uticaj strukture saobraćajnog toka na uzdužnom nagibu dvotračnih puteva pokazao je da prisustvo komercijalnih vozila daje znatno rasipanje PCE vrednosti. Time se takođe može objasniti i veće rasipanje vremenskih intervala sleđenja kod KV na uzdužnom nagibu. Na ravnom terenu i padu se ovakvo rasipanje često tumači graničnim padom (čija je vrednost $UN \leq 3.00\%$), gde kod komercijalnih vozila dolazi do pojave kontinuiranog saobraćajnog toka. Takođe, najniže vrednosti PCE za komercijalna vozila dobijaju se na ravnom terenu ($UN=0.00\%$), dok sa povećanjem uspona, dolazi do povećanja PCE vrednosti. Kontinualni pad vrednosti PCE kreće se od ravnog terena do pada $UN=-3.00\%$, nakon čega dolazi do blagog rasta PCE vrednosti.

Na slici 2. dat je uporedni prikaz zavisnosti aritmetičkih sredina vrednosti PCE za KV u funkciji UN. Takođe, potrebno je napomenuti da kod dvotračnih puteva poslednja izmerena vrednost pada je $UN=-5.50\%$. Takođe, vrednost PCE za KV je značajno povećana na ravnom terenu, gde iznosi 3. Kalibracijom modela, ta vrednost je znatno niža. Takođe, pri najvećem padu od $UN=-5.50\%$, ova vrednost ne prelazi preko 2.

Od značaja je i činjenica da prilikom merenja na dvotračnim putevima na svim uzdužnim nagibima i na ravnom terenu nigde ne postoji traka za sporu vožnju u smeru na usponu, čime merenje PCE vrednosti nema ograničavajući faktor.

U području uspona UN= 5.00%, prikazanom vrednosti SD dato je najveće odstupanje vrednost PCE za KV. Takođe, vrednost odstupanja za PCE na osnovu SD, je najniže na ravnom terenu i padu, dok na usponu se beleži blagi rast odstupanja, na osnovu SD za KV.

Empirijskim istraživanjem, malo odstupanje PCE vrednosti po klasama vozila sa povećanjem pada može se opravdati kontinuiranim saobraćajnim tokom koji se javlja sa povećanjem pada, bez obzira na različite vozno-dinamičke sposobnosti vozila prema usvojenim klasama.



Slika 2. Empirijski dobijene vrednosti AS i SD na UN dvotračnih puteva

Kod analize dobijenih vrednosti ekvivalenata za PCE_{15%} primetno je manje povećanje vrednosti sa porastom uzdužnog nagiba. Takođe, sa porastom nagiba preko 5.00% vrednost PCE_{15%} kod KV-a vrednost PCE ostaje konstantna i iznosi 3.535, pa se ova vrednost može i usvojiti za velike nagibe.

Evidentno je da se veće vrednosti PCE mogu pripisati preopterećenim vozilima (vozilima čija se specifična snaga nalazi na граниčnim vrednostima), pogotovu na padu, a manje vrednosti PCE, manje opterećenim vozilima. Takođe, veće razlike u dobijenim PCE vrednostima izraženije su kod manje opterećenih vozila.

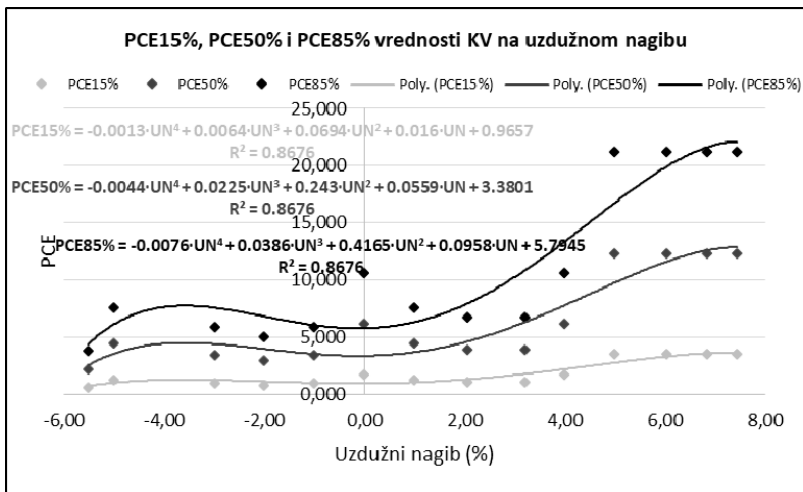
Analizom PCE_{50%}, što je i srednja vrednost za sva komercijalna vozila, utvrđeno je da se ova vrednosti kreće od PCE_{50%}=2.23÷12.37. Optimistična i pesimistična prognoza PCE vrednosti u funkciji UN se kreću u rasponu PCE_{15%}=0.64÷3.54, odnosno PCE_{85%}=3.82÷21.12, što je dato u tabeli 3.

Za vrednosti PCE_{15%}, PCE_{50%} i PCE_{85%} primetno je da se javlja kontinuirani rast PCE vrednosti sa povećanjem UN od pada prema usponu.

Na slici 3. uočava se veoma indikativan rezultat da za svaku vrednost uzdužnog pada razlika između PCE_{15%}, PCE_{50%} i PCE_{85%} je za približno 2 (dve) PCU jedinice, ako se posmatraju sva komercijalna vozila u realnom saobraćajnom toku. Sa povećanjem UN, ova razlika se znatno povećava. Takođe, pri vrednosti pada UN= -3.00%, dolazi do pojave граниčne vrednosti pada, gde od ravnog terena do ove граниčne vrednost PCE za komercijalna vozila raste, a nakon toga sa povećanjem pada opada ova vrednost za svaki od nivoa percentila.

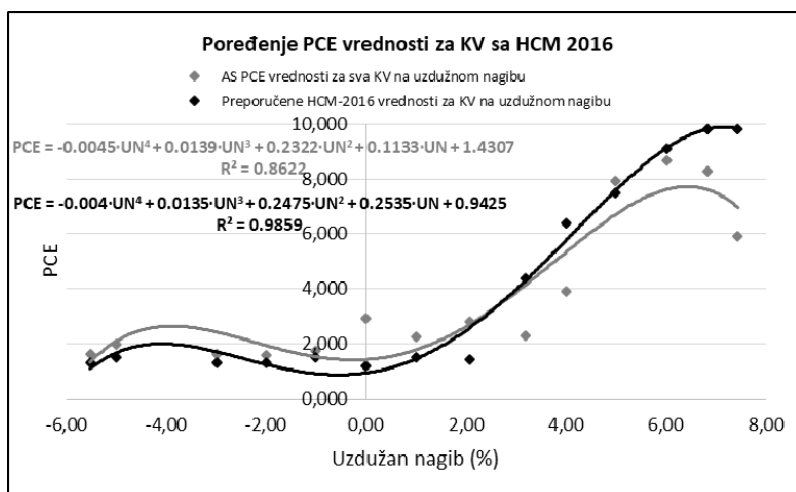
Tabela 3. Vrednosti $PCE_{15\%}$, $PCE_{50\%}$ i $PCE_{85\%}$ za sva KV u funkciji UN

Redni broj	Deonica	Kategorija i broj puta	UZDUŽNI NAGIB (%)	SVA KOMERCIJALNA VOZILA		
				PAE 15%	PAE 50%	PAE 85%
1	Ivanjska-Šargovac	M-I-108	-5,52	0,636	2,227	3,818
2	Vrhovi-Šešlije	M-I-103	-5,00	1,273	4,455	7,636
3	Ivanjska-Šargovac	M-I-108	-2,98	0,990	3,465	5,939
4	Ivanjska-Šargovac	M-I-108	-2,00	0,848	2,970	5,091
5	Vrhovi-Šešlije	M-I-103	-1,00	0,990	3,465	5,939
6	Rudanka-Doboj	M-I-105	0,00	1,768	6,187	10,606
7	Klašnice-Prnjavor	M-I-106	1,00	1,273	4,455	7,636
8	Klupe-Tešić	M-I-108	2,07	1,131	3,960	6,788
9	Klašnice-Prnjavor	M-I-106	3,20	1,131	3,960	6,788
10	Klašnice-Prnjavor	M-I-106	4,00	1,768	6,187	10,606
11	Vrhovi-Šešlije	M-I-103	5,00	3,535	12,374	21,212
12	Obodnik-Klupe	M-I-108	6,03	3,535	12,374	21,212
13	Obodnik-Klupe	M-I-108	6,84	3,535	12,374	21,212
14	Obodnik-Klupe	M-I-108	7,45	3,535	12,374	21,212



Slika 3. Model polinoma četvrtog stepena $PCE_{15\%}$, $PCE_{50\%}$ i $PCE_{85\%}$ u funkciji UN

Na slici 4. dato je poređenje empirijski dobijenih vrednosti PCE za komercijalna vozila u zavisnosti od uzdužnog nagiba sa HCM-2016. [1] Prema HCM-2016, preporučene PCE vrednosti u funkciji UN imaju izuzetno visok koeficijent korelacije zbog, bez obzira na rasipanja vrednosti koje su prikazane na dijagramu polinomom četvrtog stepena. Takođe, prema HCM-2016 preporučene vrednosti za date putne i saobraćajne uslove imaju izjednačene vrednosti (preklapaju se) za $UN=+3.00\%$ u odnosu na sopstveno istraživanje.



Slika 4. Upporedni prikaz PCE vrednosti polinoma četvrtog stepena sopstvenog istraživanja i preporučenih vrednosti prema HCM-2016

Ipak, može se uočiti da su PCE vrednosti sa povećanjem uzdužnog pada dobijene u sopstvenom terenskom istraživanju veće nego što je to preporučeno u HCM priručniku prema terenskim i saobraćajnim uslovima. To se posebno odnosi za pad od ravnog terena do $UN = -5.50\%$, što se može obrazložiti da su američke vrednosti uticaja komercijalnih vozila na padu znatno manje, nego u lokalnim uslovima. Takođe, evidentno je da ne postoji nikakva suštinska razlika u modelovanju PCE vrednosti za HCM priručnik [1].

Poređenjem vrednosti dobijenih sopstvenim istraživanjem sa vrednostima HCM za vrednosti uzdužnog nagiba $UN = +3.00\%$ dolazi do izjednačavanja HCM vrednosti sa sopstvenim istraživanjem. Takođe, uočljivo je da sa povećanjem uzdužnog nagiba, dolazi do rasta vrednosti PCE za komercijalna vozila prema HCM priručniku, ali ovaj rast ne prelazi vrednost ekvivalenta 10.00. Činjenica je da PCE vrednosti prema HCM-2016, a za uspon veći od $UN = +3.00\%$, dobijaju se veće PCE vrednosti prema HCM od PCE vrednosti dobijenih sopstvenim istraživanjem (slika 4.) za komercijalna vozila. Time se može izvesti konkluzija, da za uspon $UN \geq +3.00\%$, vrednost PCE dobijena sopstvenim istraživanjem je manja od vrednosti dobijene u američkom priručniku HCM-2016.

Takođe, može se uočiti da se vrednosti PCE na padu dvotračnih puteva povećavaju za uzdužni pad veći od $UN = -2.00\%$. Preporučena vrednost PCE na ravnom terenu za komercijalna vozila je nešto ispod 3.00, dok se generalno sa povećanjem pada ta vrednost smanjuje do ispod 2.00. Činjenica je da saobraćajni i putni uslovi nisu identični u SAD i lokalnim uslovima i da vrednosti u HCM nekompetentne. Ovo bi imalo za realnu posledicu da bi u postupcima proračuna kapaciteta, bez kalibrisanja modela na lokalne uslove bi se dobijale realno manje vrednosti od ostvarivih.

5 DISKUSIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA I ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih rezultata zasnovanih na empirijskom istraživanju pokazano je da su PCE vrednosti na padu dvotračnih puteva u složenoj funkcionalnoj zavisnosti od strukture saobraćajnog toka, vozno-dinamičkih karakteristika vozila i vozača, a posebno od

tehničko-eksploatacionih karakteristika puta. Takođe, PCE vrednosti nisu fiksne veličine, već promenljive vrednosti i zavise pre svega od prethodno navedenih funkcionalno zavisnih pokazatelja. PCE vrednosti funkcionalno su zavisne od poboljšanja u performansama proizvodnje novih vozila, kao i od njihovih vozno dinamičkih karakteristika. Dobijeni podaci pokazuju prema modelu niže PCE vrednosti za KV dobijene empirijskim istraživanjem od preporučenih vrednosti iz HCM-2016 priručnika za uzdužni nagib $UN \geq 3.00\%$.

Aritmetičke sredine dobijenih vrednosti PCE su na ravnom terenu i padu dvotračnih puteva za komercijalna vozila manja od 3.00 ($PCE \leq 3.00$). Blagi rast vrednosti PCE je na padu od $UN = -4.00\%$, kada modelski kalibrisana vrednost ekvivalenta PCE je nešto veća od 2.00. Sa povećanjem uzdužnog nagiba na usponu, dolazi i do rasta vrednosti PCE. Najveća PCE vrednost dobijena je na deonici Obodnik-Klupe za $UN = 6.03\%$ i iznosi $PCE = 8,673$ za sva komercijalna vozila. Za sve kategorije vozila, vrednost PCE na padu dvotračnih puteva je znatno niža nego na usponu, što je prikazano sa pozitivnim koeficijentom korelacije od $R^2 = 0.8622$. Vrednost PCE na najveće izmerenom padu od $UN = -5.50\%$ se kreće od 1.00 do 2.00, za sve klase vozila. Na deonici Doboje-Rudanka u uslovima slobodnog saobraćajnog toka dobijaju se nešto više vrednosti PCE na ravnom terenu u odnosu na pad, gde je vrednost za komercijalna vozila $PCE = 2.927$ (≈ 3.00). Vrednosti PCE na padu od $UN = 0.00\%$ do $UN = 3.00\%$ za KV variraju u rasponu od 2.00 do 3.00.

Ako se uporede PCE vrednosti dobijene u ovom radu sa HCM modelima iz 2016. godine može se zaključiti da PCE vrednosti značajno variraju, a u slučaju povećanja pada od $UN = 0.00\%$ do $UN = -3.00\%$ sprovedenim istraživanjem dobijaju se znatno veće vrednosti PCE od preporučenih u HCM modelu za sva komercijalna vozila. Na osnovu modela datog na slici 2. dokazano je da od vrednosti $UN = -5.50\%$ do $UN = -4.0\%$, kriva PCE kontinualno raste, a tek sa daljim smanjenjem pada do $UN = 0.00\%$ ona postepeno beleži pad. Nakon toga, za sva KV, evidentan je rast PCE vrednosti. Koeficijent korelacije iznosi $R^2 = 0.8622$, što ukazuje na velika kolebanja aritmetičkih sredina vrednosti PCE, bez obzira na razvoj modela četvrtog stepena. Minimalne kalibrisane PCE vrednosti se dobijaju za ravan teren ($UN = 0.00\%$), što se ne bi moglo reći za dobijenu vrednost aritmetičke sredine na ovoj mernoj sekciji. Takođe razlika između PCE vrednosti je manja sa povećanjem pada za sve klase vozila, dok sa povećanjem uspona, odstupanja u PCE vrednostima su veća (SD). Jedno od ograničenja ovog rada je da je procena PCE vrednosti rađena isključivo za uslove slobodnog saobraćajnog toka.

Na osnovu dosadašnjih analiza, uočeno je da se na usponu odražava mnogo veći uticaj komercijalnih vozila, nego što je to slučaj na padu dvotračnih puteva u uslovima slobodnog saobraćajnog toka.

Dobijeni rezultati u ovom radu iniciraju potrebu za kontinuiranim istraživanjima PCE vrednosti za različite uslove saobraćajnog toka, čime bi se stvorili realni preduslovi za implementaciju istih vrednosti u lokalnom priručniku neophodnom za postupke analize praktičnog kapaciteta i Nivo Usluge dvotračnih puteva. Takođe, dobijeni rezultati ukazuju na potrebu za konstantnim praćenjem slobodnih saobraćajnih tokova, a takođe i PCE vrednosti u uslovima normalnog i zasićenog toka.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je deo istraživanja urađenog u okviru projekta „Istraživanje intervala sleđenja u modelima analize efikasnosti i bezbjednosti dvotračnih puteva” koji je podržalo Ministarstvo za naučnotehnološki razvoj i visoko obrazovanje Republike Srpske, broj 19.032/961-39/23.

LITERATURA

- [1] Highway Capacity Manual: A Guide for Multimodal Mobility Analysis 2016. 6th ed. Transportation Research Board, Washington, D.C.
- [2] Elefteriadou, L., Torbic, D., & Webster, N. (1997). Development of Passenger Car Equivalents for Freeways, Two-Lane Highways, and Arterials. *Transportation Research Record*, 1572(1), 51-58. doi.org/10.3141/1572-07
- [3] Zhou, J., Rilett, L., and Jones, E. (2017), Assessing Passenger Car Equivalency Factors for High Truck Percentages. NDOT Research Report SPR-P1(15) M023.
- [4] Roess, R. P., and Prassas, E. S. (2014). *The Highway Capacity Manual: A Conceptual and Research History*. Springer Tracts on Transportation and Traffic 5, Vol. 1. London: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-05786-6
- [5] Giuffrè, O., Granà, A., Tumminello, M. L., and Sferlazza, A. (2017). Estimation of passenger car equivalents for single-lane roundabouts using a microsimulation-based procedure. *Expert System Appl.* 79, 333–347. doi: 10.1016/j.eswa.2017.03.003
- [6] Ballari, S. O., Kar, P., & Chunchu, M. (2018). *Passenger Car Equivalents for the Heterogeneous Traffic on Divided Rural Highways Based on Simulation Model*. *Transportation in Developing Economies*, 4(2). doi:10.1007/s40890-018-0067-z
- [7] Giuffrè, O., Granà, A., Giuffrè, T., Tumminello, M.L. & Acuto F. (2019). *Passenger Car Equivalents for Heavy Vehicles at Roundabouts. a Synthesis Review*. *Front. Built Environ.* 5:80. doi:10.3389/fbuil.2019.00080
- [8] Omar, B. S., Kar, P., & Chunchu, M. (2020). *Passenger Car Equivalent Estimation for Rural Highways: Methodological Review*. *Transportation Research Procedia*, 48, 801–816. doi:10.1016/j.trpro.2020.08.085
- [9] Yeung, J. S., Wong, Y. D., and Secadiningrat, J. R. (2015). Lane-harmonised passenger car equivalents for heterogeneous expressway traffic. *Transportation Research Part A*, 78, 361-370. doi:10.1016/j.tra.2015.06.001
- [10] Chaichannawatik B., Sattamnuwong, N & Petchan, P. (2018). *PASSENGER CAR EQUIVALENTS (PCE) OF HETEROGENEOUS VEHICLES ON FOUR-LANE HIGHWAYS IN THAILAND*, Kasem Bundit Engineering Journal Vol.8 No.2 May-August 2018.
- [11] Lu, P., Zheng, Z., Tolliver, D., & Pan, D. (2020). *Measuring Passenger Car Equivalents (PCE) for Heavy Vehicle on Two Lane Highway Segments Operating Under Various Traffic Conditions*. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1–9. doi:10.1155/2020/6972958
- [12] Al-Obaedi, J. (2016) Estimation of Passenger Car Equivalents for Basic Freeway Sections at Different Traffic Conditions. *World Journal of Engineering and Technology*, 4, 153-159. doi: 10.4236/wjet.2016.42013.

- [13] Subotić, M., Tubić, V. (2017). Car Equivalents Dependence on the Longitudinal Road Gradient on Two lane Roads in Bosnia and Herzegovina, *Promet – Traffic & Transportation*, Vol. 29, No. 4, 401-409.
- [14] Sorensen, H. (1998) *Determining Passenger Car Equivalents for freeways*, TRB-Road Directorate Denmark „Proceedings of the Third International Symposium on Highway Capacity“ Copenhagen, Denmark.
- [15] „Highway Capacity Manual“, Transportation Research Board, National Research Council; Washington D.C. 2000.

SUMMARY

The Impact of Commercial Vehicles on Non-urban Roads – The Republic of Srpska Case Study

Abstract: Commercial vehicles take up more space than passenger cars and their operational driving-dynamic characteristics are significantly less favourable than those of passenger cars. Also, commercial vehicles have unfavourable impact on traffic flow due to their dimensions and operational characteristics (acceleration, deceleration, manoeuvring, etc.). The goal of this paper is to quantify the adverse influence of the flow structure through the values of Passenger Car Equivalents (PCE) as a function of longitudinal slope (rise/fall) based on extensive empirical research in local free flow conditions. By applying the linear sources critics and results of the empirical research it has been found that the PCE for commercial vehicles is being increased by increasing the slope. Based on the local measurements, fourth-degree polynomial models with a high correlation coefficient were developed to determine representative PCE values on the descent and ascent of two-lane roads. Comparing the model in free flow with the HCM-2016 Manual it has been showed that this research shows lower PCE value for ascent higher then 3%. Also, the fourth-degree polynomial models of the PCE values for PCE15%, PCE50% and PCE85% were developed.

Key words: free flow, PCE, longitudinal slope, two-lane road

Методологија за димензионисање станице за наплату путарине – пример наплатне станице „Катрга“

Марина Миленковић, Саобраћајни факултет, Београд,
marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Немања Степановић, Саобраћајни факултет, Београд, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

Драженко Главић, Саобраћајни факултет, Београд, drazen@sf.bg.ac.rs

Владан Тубић, Саобраћајни факултет, Београд, vladan@sf.bg.ac.rs

Резиме: У Србији не постоји адекватан правилник који дефинише неопходну анализу за димензионисање потребног броја и распореда трака на станицама за наплату путарине. С обзиром на наведено, циљ овог рада је сажети приказ иновативног поступка анализе одређивања потребног броја наплатних трака планиране чеоне наплатне станице на деоници „петља Мрчајевци – петља Катрга“, примењеног на Генералном пројекту разматраног пута од Крагујевца до везе са државним путем IA-A5 у Мрчајевцима. На основу иностраних истраживања и мерења времена опслуге и осталих карактеристика саобраћајног тока у реалним условима, дефинисан је капацитет наплатних трака одређених система наплате и меродавног саобраћајног оптерећења. Уз помоћ наведеног, препоручен је одговарајући број и расподела трака по ситемима наплате на предметној раскрсници „Катрга“, и дати су правци будућих истраживања.

Кључне речи: станица за наплату путарине, капацитет, меродавни проток

1 УВОД

Приликом пројектовања нових путева који подлежу режиму наплате путарине – пре свега ауто-путевима и вишетрачним путевима, пред пројектанте се поставља нимало лак задатак одређивања оптималног броја трака за наплату путарине. Такође, с обзиром на постојање више система за наплату, као што су мануелни систем (MS) или систем за електронску наплату путарине са баријерама (ETC), неопходно је одређени број трака оптимално расподелити са циљем максималног нивоа услуге наплатне станице.

С обзиром да у Републици Србији не постоји адекватан правилник који дефинише спровођење неопходних анализа и корака за димензионисање наплатних станица, пројектанти се углавном ослањају на сопствена искуства и резултате појединих иностраних истраживања. Како би се утврдио потребан број трака одређеног система за наплату путарине, неопходно је испитати капацитете наплатних трака одређених система наплате, као и интензитет саобраћаја.

Капацитет наплатне траке пре свега зависи од начина наплате, односно примењене технологије. Међутим, постоје бројни фактори који доводе до значајних варијација у интензитету опслуге истих врста наплатних трака, као нпр. информи-

саност односно упознатост возача са системом наплате, могући начини плаћања и износ накнаде, разлике у профилима возача (свакодневни корисници у односу на рекреативне кориснике), адекватност и концизност информација и кодираних ознака које помажу корисницима да донесу одговарајуће одлуке, став и ефикасност особља за наплату, геометрија утицајне зоне наплатне станице, распоред и конфигурација наплатних трака различитих врста итд.

Капацитет наплатне станице директно је повезан са временима опслуге возила на свакој наплатној траци. Важно је истаћи да време опслуге представља само време трансакције накнаде (без времена чекања у реду). Време опслуге зависи од низа оперативних фактора као што су интензитет и структура тока, вредност накнаде и начини плаћања [1]. McDonald Junior & Stammer Junior сматрају да је геометрија наплатне станице важан фактор који утиче на време опслуге [2]. Zarrillo је дошао до налаза да време опслуге зависи од начинима плаћања (мануелни, електронски, аутоматски или мешовити систем) [3]. У студијама које су спровели Woo & Hoel [4] и Klodzinski & Al-Deek [5] утврђено је да на време опслуге најјачи утицај има начин плаћања, вредност накнаде и удео возача који имају тачан износ накнаде односно оних који не морају да размене новац. Такође је доказано да време опслуге зависи од врсте возила, јер тешка возила имају тенденцију споријег убрзавања приликом напуштања наплатне станице [3].

Други фактори који могу имати утицај на време опслуге јесу искуство и темпо рада оператора. Учинак особља које спроводи наплату може у великој мери да зависи од дужине реда. Када је особље под великим притиском због пораста броја возила у реду, они имају тенденцију да трансакције обрађују брже [4]. Ово се може објаснити чињеницом да оператори под притиском раде брже и чињеницом да возачи у реду имају више времена да потраже новац пре него што се зауставе да плате накнаду.

Резултати показују да наплатне станице које наплаћују веће износе путарине и оне које захтевају од возача да плаћају износе који захтевају повраћај новца имају већа времена опслуге. Време опслуге по возилу у великој мери зависи од броја новчића (кованица) који морају да буду обрађени од стране онога ко спроводи наплату или машине за каванице (АСМ). Коначно, резултати показују да је време опслуге током поподневног вршног сата мање од јутарњег вршног сата [4]. Многа истраживања указују на значај анализе функционисања наплатне станице како би се обезбедио одговарајући ниво услуге [6].

С обзиром да капацитет наплатне траке зависи од бројних фактора који су карактеристични за одређену наплатну станицу (локалне услове), у литератури не постоје егзактно препоручене вредности. У Табели 1 приказане су вредности које су добијене у досадашњим студијама за различите врсте наплатних трака.

Табела 1: Вредности капацитета наплатних трака одређених врста у досадашњим истраживањима

Аутори	Мануелни систем (voz/h/tr)	Аутоматска машина за кованице (voz/h/tr)	ETC систем са баријерама (voz/h/tr)
NCHRP Synthesis [7]	350	500	1.200-1.800
Lennon (1994) [8]	450	-	1.000
Lam (1995) [9]	400	-	1.200-1.800
McDonald & Stammer [2]	350	550	1.200
Zarrillo et al. [3]	138-498	-	1.440-1.680
Padayhag & Sigua [10]	240	-	2.323
Klodzinski & Al-Deek [5]	376	503	1.708
Klodzinski & Al-Deek [11]	-	-	1,850
Oskarbski et al. [12]	133-165	-	-

Неколико аутора испитивало је и адекватне параметре за одређивање нивоа услуге наплатне станице, а као најзначајнији су издвојени густина, однос протока и капацитета, број возила у реду и време проведено у систему (Табела 2).

Табела 2: Ниво услуге на наплатним станицама

Аутори:	Woo & Hoel, 1991 [4]		Lin & Su, 1994 [13]		Klodzinski & Al-Deek, 2004 [5]
Ниво услуге	Густина (ра/ми/тр)	q/c	Број возила у реду	Време проведено у систему (s/voz)	Време проведено у систему (s/voz)
A	< 12	0,24	≤ 1	≤ 15	≤ 14
B	< 20	0,40	1 < L ≤ 2	15 < T ≤ 30	14 < T ≤ 28
C	< 30	0,57	2 < L ≤ 3	30 < T ≤ 45	28 < T ≤ 49
D	< 42	0,74	3 < L ≤ 6	45 < T ≤ 60	49 < T ≤ 77
E	< 67	1,00	6 < L ≤ 10	60 < T ≤ 80	77 < T ≤ 112
F	>67	-	> 10	> 80	> 112

Woo & Hoel у свом раду наводе да је густина одговарајућа променљива за одређивање нивоа услуге на наплатним станицама јер је добар показатељ степена слободе који је на располагању возачима и експлоатационе брзине која се може постићи [4]. Woo & Hoel такође наводе да је просечна вредност густине најприкладнија, будући да возила нису равномерно распоређена у утицајној зони наплатне станице [4]. Lin & Su предлажу дефинисање нивоа услуге на основу два критеријума: броја возила у реду и времена проведеног у систему [13]. Просечан број возила у реду који је повезан са примарно стабилним стањем углавном је између три и шест, мада повремено могу постојати дуги редови. Просечна дужина реда око 10 возила повезана је са нестабилним стањем код ког је q/c близу или већи од 1,0. То такође значи да се просечна дужина реда већа од шест возила, али не већа од 10 возила може додели нивоу E. Klodzinski & Al-Deek су анализом различитих параметара дошли до налаза да је 85 перцентил кумулативних временских

губитака возила свеобухватна мера за оцену нивоу услуге на наплатној станици [5]. Они су истакли да је временски губитак параметар који највише утиче на возаче и који представља ниво неугодности возача – директан резултат услова у саобраћају на овом путном објекту. Временски губици на наплатним станицама укључују временске губитке приликом чекања у реду и приликом опслуге.

Имајући у виду да је максимум просечног време опслуге мануелног система на анализираним наплатним станицама износио 14 s, ова вредност је изабрана за горњу границу нивоа услуге А. Процентуално повећање за сваки праг је А-В, 100%; В-С, 75%; С-Д, 57%; Д-Е, 46%. Са вредношћу нивоа услуге А (14 s/voz) и процентуалним повећањем индивидуалних временских губитака возила према HCM 2000 (s/veh), одређени су опсези нивоа услуге приказаним у Табели 2 [14]. Они још наводе да временски губитак ефикасно представља ниво непријатности за возача и овај параметар ће показати утицаје (ефекте) интензитета коришћења ЕТС система, геометрије наплатне траке и загушења на LOS.

Узевши све претходно наведено, циљ овог рада је сажети приказ иновативног поступка анализе одређивање потребног броја наплатних трака планиране чеоне наплатне станице на деоници „петља Мрчајевци – петља Катрга”, примењеног на Генералном пројекту разматраног пута од Крагујевца до везе са државним путем IА-А5 у Мрчајевцима [15].

2 МЕРОДАВНИ ПРОТОК ВОЗИЛА РАЗЛИЧИТИХ СИСТЕМА НАПЛАТЕ ПУТАРИНЕ

Као улазни подаци у анализи су коришћене вредности саобраћајног оптерећења и карактеристике саобраћајног тока добијене у Генералном пројекту, као и подаци из годишњих извештаја наплате путарине ЈППС. С обзиром да је у оквиру димензионисања наплатне станице потребно утврдити максималан потребан број наплатних трака одређеног система наплате путарине, у оквиру анализе узет је у обзир интензитет саобраћаја у последњој години експлоатације разматране деонице (ПГДС 2045. године).

Имајући у виду потребу очувања нивоа услуге на аутопуту, неопходно је дефинисање потребног броја трака за најнеповољнији случај у погледу неравномерности тока по смеровима и временским неравномерности. Сходно томе, за прорачун меродавног протока возила коришћена је вредност колена дијаграма која одговара максималном часовном оптерећењу ($K=13\%$ ПГДС-а) и неравномерности по смеровима вожње од 70/30.

С обзиром да у Србији постоје два система (технологије) наплате путарине, да би се утврдио интензитет корисника по системима наплате неопходно је утврдити процентуално учешће корисника сваког од њих. У оквиру ове анализе коришћени су подаци ЈППС (Годишњи извештај наплате путарине, 2020). Због утицаја пандемије COVID-19 на учешће транзитних и сезонских токова у укупном броју реализованих кретања у овој студији разматрано је учешће ЕТС корисника за 2019. и 2020. годину. Наиме, транзитни токови иностраних држављана доминатно користе мануелни систем за наплату путарине, као и повремени корисници који нису реализовали своја кретања због уведених мера. Такође, потребно је имати у виду да по годишњим извештајима ЈППС број корисника ЕТС система стално расте, потребно је анализирати учешће ЕТС трансакција и за последњу годину за коју постоје званични подаци. Анализом односа укупног броја ЕТС трансакција и свих реализованих трансакција у току године, добијено је учешће ЕТС трансакција од 35% у 2019. и 40% у 2020. години.

3 КАПАЦИТЕТ НАПЛАТНИХ ТРАКА

Време опслуге корисника, брзина возила, као и интензитети убрзања и успорења, који се реализују у утицајној зони наплатне станице, значајно се разликују код разматраних система за наплату путарине. Оно што је још важно истаћи јесте чињеница да се ЕТС наплатне траке често користе и као мешовите наплатне траке (у даљем тексту МЅ) – наплатне траке намењене коришћењу како ЕТС корисника, тако и корисника МС система наплате. Сходно томе, у даљем тексту биће приказан прорачун капацитета за наведене врсте наплатних трака у локалним условима.

3.1 Капацитет мануелне наплатне траке

Анализом времена опслуге 694 возила МС система наплате путарине у Србији утврђено је да просечно време опслуге приликом уласка у систем (узимања картице) износи 4 s, а изласка из система (плаћања путарине) 20 s. Просечно време опслуге корисника измерено је штоперциом на каналима МС система за наплату путарине на наплатној станица Шимановци [16-18]. Имајући у виду да је приликом димензионисања наплатне станице потребно одредити максималан број потребних наплатних трака, неопходно је анализирати време опслуге, односно капацитет МС наплатне траке приликом изласка из система наплате (плаћања путарине). С обзиром да просечно (измерено) време опслуге возила приликом плаћања путарине износи 20 s, добија се да интензитет опслуге, односно капацитет мануелне наплатне траке на изласку из система наплате износи 180 voz/h/tr.

3.2 Капацитет ЕТС наплатне траке

ЕТС систем наплате путарине са друге стране не захтева потпуно заустављање возила већ успоравање на одређену брзину, којом је могућ пролазак зоне рампе читавањем тага. Стога су код ЕТС система заступљене фазе успоравања, убрзавања, као и вожње константном брзином приликом проласка кроз зону рампе. Просечна брзина проласка зоне рампе ЕТС система измерена је радаром на наплатној станици „Шимановци“. Истраживањем на узорку од 699 путничких возила добијена је просечна вредност брзине од 34 km/h. На исти начин је утврђена брзина проласка зоне рампе од стране комерцијалних возила. На узорку од 103 комерцијална возила измерена је брзина од 18 km/h.

Да би се утврдила просечна брзина проласка возила кроз зону рампе, било је неопходно утврдити учешће путничких возила (ПА) и комерцијалних возила (КВ) у случају ЕТС система за наплату путарине. На основу вредности датих у Табели 3 може се видети да не постоје значајније разлике у погледу учешћа наведених категорија у 2019. години у односу на 2020. годину.

Табела 3: Учешће наплатних категорија код ЕТС система за наплату путарине

Наплатне категорије	2019		2020	
	број	%	број	%
I (ПА)	12.152.492	62%	12.066.403	61%
II (ЛТВ)	1.304.686	7%	1.561.007	8%
III (СТВ+ТТВ+БУС)	1.981.890	10%	1.751.868	9%
IV (АВ)	4.292.985	22%	4.274.818	22%
КВ (ТВ+БУС+АВ)	7.579.561	38%	7.587.693	39%
УКУПНО	19.732.053	100%	19.654.096	100%

Узимајући у обзир претходно наведено процентуално учешће ПА (61%) и КВ (39%) у ЕТС наплатној траци, а с обзиром на измерене просечне вредности брзина за ПА (34 km/h) и КВ (18 km/h), утврђено је да просечна брзина проласка зоне рампе у ЕТС траци износи 28 km/h. Да би се утврдио капацитет ЕТС наплатне траке, било је неопходно дефинисати просечно растојање слеђења возила у ЕТС траци (Sh). Узимајући у обзир да минимално међурастојање за примењену ЕТС технологију износи 10 m (према спецификацији ЕТС технологије наплате), просечну дужину возила (ПА=5 m, КВ=15m) и процентуално учешће наведених категорија (ПА=61%, КВ=39%) у оквиру студије утврђено је да просечно растојање слеђења возила у ЕТС траци износи 19 m (Sh=19 m). Стога је за капацитет ЕТС наплатне траке коришћена вредност од 1.478 voz/h/tr.

3.3 Капацитет мешовите наплатне траке

За прорачун капацитета мешовите наплатне траке, коришћене су претходно утврђене вредности времена опслуге и капацитета MS и ЕТС наплатне траке. Истраживањем спроведеним на наплатној станици Шимановци утврђено је да однос учешћа корисника MS и ЕТС у оквиру мешовитих наплатних трака износи 85% према 15% корисника MS и ЕТС система респективно. Сходно претходно наведеном, добијен је капацитет мешовите наплатне траке од 208 voz/h/tr.

Добијене вредности капацитета наплатних трака по системима за наплату путарине приказане су у Табели 4.

Табела 4: Капацитет различитих врста наплатних трака

Систем наплате	Капацитет MS траке (voz/h/tr)	Капацитет ЕТС траке (voz/h/tr)	Капацитет МЅ траке (voz/h/tr)
Капацитет	180	1.478	207

4 ОДРЕЂИВАЊЕ ПОТРЕБНОГ БРОЈА НАПЛАТНИХ ТРАКА

Након дефинисања реалних вредности капацитета и меродавног протока возила сваког од система наплате путарине, потребан број наплатних трака утврђен њиховим односом.

Поред упоредне анализе за 2019. год. и 2020. год., спроведена је анализа без и са мешовитом наплатном траком. Најпре је спроведена анализа разматрајући само MS и ЕТС наплатне траке (без мешовите наплатне траке). Према подацима о о учешћу ЕТС трансакција у укупном броју трансакција за 2019. год. и 2020. год. укупан потребан број наплатних трака износи пет, од којих би четири биле намењене корисницима мануелног система, а само једна корисницима ЕТС система наплате. Ови резултати су логични, имајући у виду капацитет и меродавни проток ЕТС система наплате. Међутим, с обзиром да се неретко догађају одређени проблеми у случају ЕТС трансакције (неисправан таг, недовољно новца на рачуну, итд.), као и због чињенице да број корисника ЕТС система током година расте, аутори ове студије су спровели још једну додатну анализу, која је укључила увођење једне мешовите (МЅ) уместо мануелне (MS) наплатне траке.

Табела 5: Потребан број наплатних трака по смеру

Деоница „Мрчајевци-Катрга“	PGDS ₂₀₄₅ (voz/dan)	qmer (voz/h/smeru)	Потребан број трака
Укупно	12.055	1013	
ЕТС	4.182	351	0,24 (1)
MS	7.873	661	3,67 (4)
		УКУПНО	5

У Табели 6 приказан је потребан број наплатних трака када би се поред ЕТС и MS наплатних трака увела и мешовита (MŠ) наплатна трака, а с обзиром на претходно наведено. Добијени резултати показују да је потребан број трака по смеру пет, од којих би једна била ЕТС, једна мешовита, а три мануелне наплатне траке.

Табела 6.: Потребан број наплатних трака по смеру са MŠ наплатном траком

Деоница „Мрчајевци-Катрга“	PGDS ₂₀₄₅ (voz/dan)	qmer (voz/h/smeru)	Потребан број трака
Укупно	12.055	1013	
ЕТС	4.182	316	0,21 (1)
MS	7.873	529	2,94 (3)
MŠ		167	0,81 (1)
		УКУПНО	5

5 ЗАКЉУЧАК

Спроведена анализа потребног броја канала за наплату путарине планиране чеоне наплатне станице на деоници „петља Мрчајевци-петља Катрга“ за период експлоатације од 20 година (2026. год.-2045 год.), узела је у обзир најнеповољнији случај расподеле тока по смеровима и временске неравномерности саобраћајног тока, као и највеће прогнозирано саобраћајно оптерећење које се очекује у циљној години експлоатације. На основу примењене методологије и резултата досадашњих иностраних и домаћих истраживања, утврђено је да је за одржавање одговарајућег нивоа услуге на планираном аутопуту, потребно извести пет канала (наплатних трака) по смеру, односно укупно десет. Препорука је да се са аспекта технологија наплате путарине у почетку изведу три мануелне наплатне траке, једна ЕТС и једна мешовита наплатна трака по смеру. С обзиром на очекивани раст корисника ЕТС наплате и имајући у виду једноставну техничку могућност конверзије мануелне наплатне траке у електронску, потребно је анализирати могућност потенцијалног повећања ЕТС наплатних трака (увођењем ЕТС опреме на барем још једном каналу).

Наведена анализа може представљати полазни основ за развој приручника о димензионисању наплатних станица. Добијени резултати показују неопходност спровођења истраживања у локалним условима како би се добили аргументовани критеријуми за правилно димензионисање наплатних станица а тиме спречило нарушавање нивоа услуге ауто-путева и вишетрачних путева. Наравно, будућа истраживања морају узети у обзир и бочне наплатне станице, с обзиром на честа ограничења у погледу простора и геометрије самих објеката, попут недовољне дужине ЕТС наплатне траке итд.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Liu, Y., Cao, J., Cao, X., & Zhang, Y. (2017). Optimization of design scheme for toll plaza based on M/M/C queuing theory and cellular automata simulation algorithm. *Modern Applied Science*, 11(7), 1.
- [2] McDonald Jr, D. R., & Stammer Jr, R. E. (2001). Contribution to the development of guidelines for toll plaza design. *Journal of Transportation Engineering*, 127(3), 215-222.
- [3] Zarrillo, M. L. (2000). Capacity calculations for two toll facilities: two experiences in ETC implementation. In *Proceedings of the 79th Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington: Transportation Research Board. Paper No. 00-1658.
- [4] Woo, T. H., and Hoel, L. A (1991). Toll plaza capacity and level of service. *Transportation Research Record*, 1320, Washington, D.C., 119 -127.
- [5] Klodzinski, J., & Al-Deek, H. M. (2004). Evaluation of toll plaza performance after addition of express toll lanes at mainline toll plaza. *Transportation Research Record*, 1867(1), 107-115.
- [6] Zhang, H. (2017). Empirical analysis and modeling of manual turnpike tollbooths in China. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 87, 184-194.
- [7] NCHRP Synthesis 194. (1993). "Electronic toll collection and traffic management (ETTM) systems: a synthesis of highway practice." *Transp. Res. Board*, Washington, D.C., 1-26.
- [8] Lennon, L. (1994). "Tappan Zee Bridge E-Z Pass system traffic and environmental studies." *Compendium of Tech. Papers*, 64th Meeting of Inst. of Transp. Engrs., Inst. of Transp. Engrs., Washington, D.C., 456-459.
- [9] Lam, W. K. (1995). "Inter-urban road pricing and some technical characteristics in the application of automatic vehicle identification." *Proc., World Congr. on Applications of Transport Telematics and Intelligent Vehicle-Hwy. Sys. Towards an intelligent transport system*. Artech House, Boston, 6, 3189-3196.
- [10] Padayhag, G. U., & Sigua, R. G. (2003). Evaluation of Metro Manila's electronic toll collection (ETC) system. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 1946-1961.
- [11] Klodzinski, J., Gordin, E., & Al-Deek, H. M. (2007). Evaluation of impacts of open road tolling on main-line toll plaza. *Transportation Research Record*, 2012(1), 72-83.
- [12] Obelheiro, M., Cybis, H., & Ribeiro, J. (2011). Level of Service Method for Brazilian Toll Plazas. *Procedia – Social Behavior Science Elsevier*, 16, 120–130.
- [13] Lin, F. B., & Su, C. W. (1994). Level-of-service analysis of toll plazas on freeway main lines. *Journal of Transportation Engineering*, 120(2), 246-263.
- [14] HCM (2000). *Highway capacity manual (4th ed.)*. Transportation Research Board, National Research Council. Washington DC.
- [15] Претходна студија оправданости са генералним пројектом изградње државног пута IА реда од Крагујевца до везе са државним путем IА -А5 (E-761) у Мрчајевцима
- [16] Milenković, M., Stepanović, N., Glavić, D., Tubić, V., Ivković, I., & Trifunović, A. (2020). Methodology for determining ecological benefits of advanced tolling systems. *Journal of environmental management*, 258, 110007. (IF2020=6.789).

- [17] Миленковић, М. (2020). Методолошки оквир за подршку одлучивању приликом избора система за наплату путарине. Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет.
- [18] Главић, Д., Миленковић, М. (2021). Комерцијална експлоатација саобраћајне инфраструктуре, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет, Српско друштво за путеве "VIA VITA", ISBN 978-86-7395-441-7 (SF), COBISS.SR-ID 44493065.

SUMMARY

Methodology for determining toll plaza – example of toll plaza “Katrga”

Abstract: There are no official guidelines that defines the necessary analysis for determining the required number and layout of toll lanes at toll plaza in Serbia. Considering the above, the aim of this paper is to summarize the innovative analysis procedure for determining the required number of toll lanes at the planned frontal toll plaza on the “Mrčajevci-Katrga” section, applied to the Coceptual design of the considered road from Kragujevac to the connection with the state road IA-A5 in Mrčajevci. On the basis of the international research results and measurement of service time and other traffic flow characteristics, the toll lane capacities of the different tolling systems and the design volume were determined. In acordance of the above, the adequate number and distribution of toll lanes at the “Katrga” toll plaza was recommended, and the directions for future research were given.

Key words: toll plaza, lane capacity, design hourly volume

Uticaj primene kombinovane razdelne linije na nivo usluge dvotračnih puteva

Nenad Zagrađanin, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, nenad.zagradjanin@gmail.com

Nemanja Garunović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, garunovic@uns.ac.rs

Vuk Bogdanović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, vuk@uns.ac.rs

Rezime: Na dvotračnim putevima, preticanje za vozače predstavlja jednu od najsloženijih radnji. Deonice državnih puteva sa malom zastupljenošću zona preticanja karakteristične su po kolonskoj vožnji i nedozvoljenim preticanjem. Iz tog razloga, pored uticaja na bezbednost saobraćaja, zastupljenost zona preticanja na deonicama dvotračnih puteva značajno utiču i na nivo usluge. Naime, prema metodologiji HCM, nivo usluge dvotračnih puteva zavisi od procenta vožnje u koloni, koji pored veličine zahteva za protokom, zavisi od zastupljenosti zona preticanja u ukupnoj dužini deonice. Označavanje zona preticanja pored vertikalne signalizacije, vrši se i horizontalnom signalizacijom, odnosno razdelnim isprekidanim i kombinovanim linijama. Razdelne kombinovane linije označavaju se na mestima gde elementi puta omogućavaju preticanje samo u jednom smeru. Radi uprošćavanja saobraćajne situacije, projektanti često na mestima gde je preticanje moguće u jednom smeru, umesto kombinovanih koriste razdelne neisprekidane linije i tako povećavaju procenat zona zabranjenog preticanja. Ovakvim pristupom direktno se utiče na promenu uslova odvijanja saobraćaja, odnosno na nivo usluge. U okviru ovog rada prikazan je uticaj načina označavanja zona preticanja na nivo usluge više deonica državnih puteva Srbije.

Cljučne reči: preticanje, signalizacija, nivo usluge

1 UVOD

Dvotračni putevi čine osnovni segment saobraćajne infrastrukture u svakoj zemlji, igrajući ključnu ulogu u povezivanju manjih naselja i urbanih centara, odnosno omogućavanju efikasnog kretanja ljudi i robe. Ovi putevi su karakteristični po svojoj kompleksnoj strukturi saobraćajnog toka koja uključuje različite kategorije vozila. Pored putničkih automobila, na ovim putevima su po pravilu zastupljena i komercijalna vozila (teretna vozila, autobusi i rekreativna vozila) koja zbog svojih vozno-dinamičkih karakteristika utiču na uslove odvijanja saobraćaja [2].

Različitih karakteristika i vozno-dinamičkih sposobnosti komercijalnih vozila u odnosu na putničke automobile, po pravilu generišu potrebu za preticanjem. Zbog toga je jedan od ključnih faktora koji utiču na nivo usluge dvotračnih puteva procenat zastupljenosti zona sa dozvoljenim preticanjem u odnosu na ukupnu dužinu deonice. Zone na kojima je preticanje dozvoljeno obeležavaju se horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom. Od horizontalne signalizacije u primeni je obeležavanje razdelnom isprekidanom i kombinovanom linijom. Isprekidana razdelna linija se koristi za označavanje dozvoljenog preticanja na delovima puta na kojima postoji adekvatna preticajna preglednost za oba

smera kretanja. Kombinovana linija, sa druge strane, koristi se za označavanje delova puta na kojima postoji adekvatna preticajna preglednost samo u jednom smeru, dok se u suprotnom smeru preticanje zabranjuje.

Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji [5], standardima, Ženevskom konvencijom o saobraćaju, Bečkom konvencijom o saobraćaju na putevima i nacionalnim legislativnim aktima [6] nije pri označavanju zona dozvoljenog preticanja definisana prednost upotrebe isprekidane u odnosu na kombinovanu. Međutim, mnogi inženjeri pri projektovanju, izvođenju radova, a posebno pri obnavljanju saobraćajne signalizacije zone dozvoljenog preticanja obeležavaju isključivo isprekidanom linijom. Ova praksa može značajno smanjiti mogućnost preticanja, posebno komercijalnih sporih vozila na dvotračnim putevima, što može imati značajan uticaj na smanjenje nivoa usluge.

2 ISTRAŽIVANJE

2.1 Predmet istraživanja

Predmet oboga rada jeste ispitivanje u kojoj meri primena kombinovane razdelne linije za označavanje zona preticanja utiče na povećanje nivoa usluge dvotračnih puteva. U tu svrhu odabrano je četiri različite deonice državnih puteva na različitim tipovima terena (ravničarski, brdovit, planinski), sa različitim karakteristikama. Na karakteristiknim odsecima predmetnih deonica izvršeno je obeležavanje preticajne preglednosti sa dva tipa linije i ispitan je uticaj primene tipa linije na nivo usluge saobraćajnice.

Pri odabiru odseka vodilo se računa da posmatranim odsecima nema semaforizovanih raskrsnica i da izabrani odseci budu uniformni [3].

Analizirani su dvotračni putevi koji su u skladu sa referentnim sistemom JP „Putevi Srbije” definisani kao putevi IB i IIA reda:

- Aljinovići – Sjenica,
- Ruma – Irig,
- Krst – Zavlaka,
- Rogačica – Bajina Bašta.

2.1.1 Aljinovići – Sjenica

Deonica Aljinovići – Sjenica nalazi se na državnom putu IB reda, broj 29, koji se prostire na području Jugozapadne Srbije. Sa posmatrane deonice su za analizu izdvojena dva odseka (Slika 1.).

Prvi odsek se nalazi na stacionaži od 45+000.00 do 47+860.00 dužine 2860m. Na ovom odseku su zone sa dozvoljenim preticanjem obeležene upotrebom isprekidane i kombinovane razdelne linije u smeru od Sjenice ka Aljinovićima na dužini od 485m, u suprotnom smeru od Aljinovića ka Sjenici 535m. Upotrebom samo isprekidane razdelne linije izvršeno je obeležavanje zona sa dozvoljenim preticanjem za oba smera u dužini od 210m. Drugi odsek se nalazi na stacionaži od 43+280.00 do 44+880.00 dužine 1600m. Na ovom odseku su zone sa dozvoljenim preticanjem obeležene su upotrebom isprekidane i kombinovane razdelne linije u smeru od Sjenice ka Aljinovićima na dužini od 451m, u suprotnom smeru od Aljinovića ka Sjenici 315m. Upotrebom samo isprekidane razdelne linije nema mogućnosti obeležavanja dozvoljenog preticanja.



Slika 1: Deonica Aljinovići – Sjenica sa predmetnim odsecima [4]



Slika 2: Deonica Ruma – Irig sa predmetnim odsecima [4]

2.1.2 Ruma – Irig

Deonica Ruma – Irig predstavlja deo državnog puta broj 21, IB reda koji se prostire u Sremskom okrugu. Sa posmatrane deonice su za analizu izdvojena dva odseka (Slika 2.).

Prvi odsek se nalazi na stacionaži od 40+825.00 do 41+625.00 dužine 800m. Na ovom odseku su zone sa dozvoljenim preticanjem obeležene upotrebom isprekidane i kombinovane razdelne linije u smeru od Iriga ka Rumi na dužini od 555m, u suprotnom smeru od Rume ka Irigu 595m. Upotrebom samo isprekidane razdelne linije izvršeno je obeležavanje zona sa dozvoljenim preticanjem za oba smera na dužini od 355m. Drugi odsek se nalazi na stacionaži od 34+240.00 do 35+040.00 dužine 800m. Na ovom odseku su zone sa dozvoljenim preticanjem obeležene upotrebom isprekidane i kombinovane razdelne linije u smeru od Iriga ka Rumi na dužini od 340m, u suprotnom smeru od Rume ka Irigu 355m. Upotrebom samo isprekidane razdelne linije izvršeno je obeležavanje zona sa dozvoljenim preticanjem za oba smera na dužini od 155m.

2.1.3 Krst – Zavlaka

Deonica dvotračnog puta Krst – Zavlaka predstavlja deo državnog puta IB reda broj 27, koji se prostire na području Zapadne i Centralne Srbije. Sa posmatrane deonice je za analizu izdvojen jedan odsek (Slika 3.).

Predmetni odsek se nalazi na stacionaži od od 17+770.00 do 19+005.00 dužine 1235m. Na ovom odseku su zone sa dozvoljenim preticanjem obeležene upotrebom isprekidane i kombinovane razdelne linije u smeru od Zavlake ka Krstu na dužini od 733m, u suprotnom smeru od Krsta ka Zavlaci 703m. Upotrebom samo isprekidane razdelne linije izvršeno je obeležavanje zona sa dozvoljenim preticanjem za oba smera u dužini od 325m.

2.1.4 Rogačica – Bajina Bašta

Deonica Rogačica – Bajina Bašta predstavlja deo državnog puta IIA reda broj 170, koji se prostire na području Zapadne Srbije. Sa posmatrane deonice su za analizu izdvojena dva odseka (Slika 4.).

Prvi odsek se nalazi na stacionaži od IB reda od 66+417.00 do 64+767.00 dužine 1650m. Na ovom odseku su zone sa dozvoljenim preticanjem obeležene upotrebom

isprekidane i kombinovane razdelne linije u smeru od Bajjne Bašte ka Rogačica na dužini od 760m, u suprotnom smeru od Rogačice ka Vajinoj Bašti 762m. Upotrebom samo isprekidane razdelne linije izvršeno je obeležavanje zona sa dozvoljenim preticanjem za oba smera na dužini od 225m. Drugi odsek se nalazi na stacionaži od d 63+417.00 do 63+717.00 dužine 1700 m. Na ovom odseku su zone sa dozvoljenim preticanjem obeležene upotrebom isprekidane i kombinovane razdelne linije u smeru od Bajjne Bašte ka Rogačica na dužini od 882m, u suprotnom smeru od Rogačice ka Bajinoj Bašti 886m. Upotrebom samo isprekidane razdelne linije izvršeno je obeležavanje zona sa dozvoljenim preticanjem za oba smera u dužini od 520m.



Slika 3: Deonica Krst – Zavlaka sa predmetnim odsecima [4]



Slika 4: Deonica Rogačica – Bajjna Bašta sa predmetnim odsecima [4]

U narednom delu rada su prikazani rezultati ispitivanja nivoa usluge za dve varijante upotrebe različitog tipa linije pri obeležavanju preticajne preglednosti.

2.2 Dobijeni rezultati

U radu je primenjena metoda analize nivoa usluge, na deonicama dvotračnih puteva klase I, korišćenjem smernica iz priručnika Highway Capacity Manual 2010 [1]. Problemi koji se istražuju u ovom radu zahtevaju parcijalnu analizu po smeru kretanja. Ključni faktori koji opisuju nivo usluge na dvotračnim putevima klase I su prosečna brzina putovanja i procenat vremena sledjenja [3].

Prosečna brzina putovanja (ATS) određuje se na osnovu brzine slobodnog toka, merodavnog protoka u analiziranom smeru, protoka iz suprotnog smera i procenta zone zabrane preticanja u analiziranom smeru, na osnovu sledeće jednačine (1) [1]:

$$ATSd = FFS - 0,00776 \cdot (v_{d,ATS} + v_{0,ATS}) - f_{np,ATS} \quad (1)$$

Nakon utvrđivanja prosečne brzine putovanja vrši se utvrđivanje procenata vremena provedenog u sledjenju PTSF, na osnovu zahtevanog protoka putničkih automobila u analiziranom smeru, zahtevanog protoka iz suprotnog smera i procenta zona sa zabranom preticanja pomoću sledeće jednačine (2) [1]:

$$PTSFd = BTSFd + f_{np,PTSF} \cdot \left(\frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{0,PTSF}} \right) \quad (2)$$

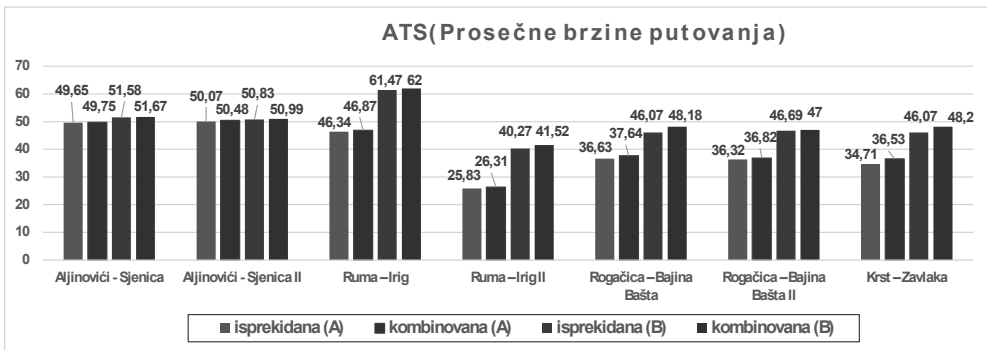
2.2.1 Prosečne brzine putovanja (ATS)

Aljinovići – Sjenica: Obeležavanjem dozvoljenog preticanja upotrebom kombinovane razdelne linije dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za oba odseka u oba smer. Na prvom odseku za smer od Aljinovića ka Sjenici dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za 0,1 km/h, za smer od Sjenice ka Aljinovićima za 0,09km/h. Na drugom odseku za smer od Aljinovića ka Sjenici dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za 0,48 km/h, za smer od Sjenice ka Aljinovićima za 0,16 km/h.

Ruma – Irig: Obeležavanjem dozvoljenog preticanja upotrebom kombinovane razdelne linije dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za oba odseka u oba smer. Na prvom odseku za smer od Rume ka Irigu dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za 0,53 km/h, za smer od Iriga ka Rumi za 0,53km/h. Na drugom odseku za smer od Rume ka Irigu dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za 0,48 km/h, za smer Rume ka Irigu za 1,25 km/h.

Krst – Zavlaka: Obeležavanjem dozvoljenog preticanja upotrebom kombinovane razdelne linije dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za oba smer. U smeru od Krsta ka Zavlaci dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za 1,82 km/h, za smer od Zavlake ka Krstu za 2,13 km/h.

Rogačica – Bajina Bašta: Obeležavanjem dozvoljenog preticanja upotrebom kombinovane razdelne linije dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za oba odseka u oba smer. Na prvom odseku za smer od Rogačice ka Bajinoj Bašti dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za 0,5 km/h, za smer od Bajine Bašte ka Rogačici za 0,31 km/h. Na drugom odseku za smer od Rogačice ka Bajinoj Bašti dolazi do povećanja prosečne brzine putovanja za 1,82 km/h, za smer Bajine Bašte ka Rogačici za 2,13 km/h.



Grafik 1: Dobijeni rezultati prosečne brzine putovanja (ATS)

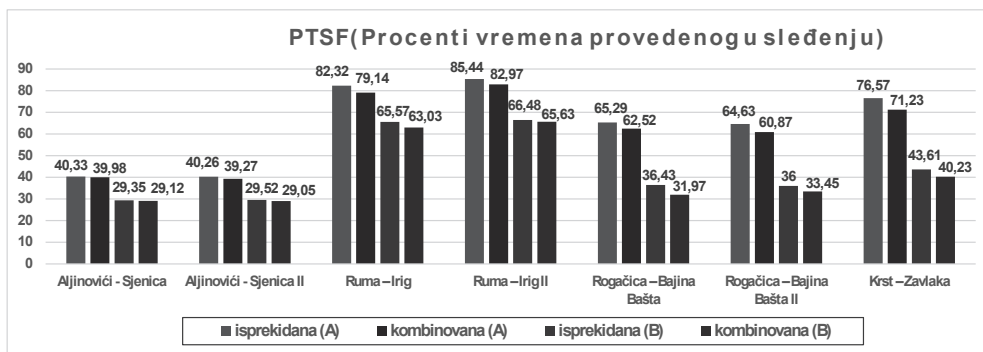
2.2.2 Procenat vremena provedenog u sleđenju (PTSF)

Aljinovići – Sjenica: Obeležavanjem dozvoljenog preticanja upotrebom kombinovane razdelne linije dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za oba odseka u oba smer. Na prvom odseku za smer od Aljinovića ka Sjenici dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za 0,35%, za smer od Sjenice ka Aljinovićima za 0,23%. Na drugom odseku za smer od Aljinovića ka Sjenici dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za 0,99%, za smer od Sjenice ka Aljinovićima za 0,47%.

Ruma – Irig: Obeležavanjem dozvoljenog preticanja upotrebom kombinovane razdelne linije dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za oba odseka u oba smera. Na prvom odseku za smer od Rume ka Irigu dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za 3,18%, za smer od Iriga ka Rumi za 2,54%. Na drugom odseku za smer od Rume ka Irigu dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za 2,47%, za smer Rume ka Irigu za 0,85%.

Krst – Zavlaka: Obeležavanjem dozvoljenog preticanja upotrebom kombinovane razdelne linije dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za oba smera. U smeru od Krsta ka Zavlaci dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za 5,34%, za smer od Zavlake ka Krstu za 3,8%.

Rogačica – Bajina Bašta: Obeležavanjem dozvoljenog preticanja upotrebom kombinovane razdelne linije dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za oba odseka u oba smera. Na prvom odseku za smer od Rogačice ka Bajinoj Bašti dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za 2,77%, za smer od Bajine Bašte ka Rogačici za 3,76%. Na drugom odseku za smer od Rogačice ka Bajinoj Bašti dolazi do smanjenja vremena provedenog u sleđenju za 1,82%, za smer Bajine Bašte ka Rogačici za 2,55%.



Grafik 2: Dobijeni rezultati procenta vremena provedenog u sleđenju (PTSF)

3 ZAKLJUČAK

U ovom radu su analiziran uticaj upotrebe razdelnih linija za označavanje zona dozvoljenog preticanja na dvotračnim putevima na nivo usluge deonica dvotračnih puteva. Nivo usluge, u skladu sa procentom zona dozvoljenog preticanja, a u zavisnosti od upotrebe isprekidane i kombinovane razdelne linije analiziran je prema HCM 2010 metodologiji.

Rezultati sprovedenih analiza ukazuju da obeležavanje zona dozvoljenog i zabranjenog preticanja u zavisnosti od vrste linija, kombinovane ili isprekidane, ima značajan uticaj na nivo usluge. Povećanjem zona dozvoljenog preticanja u jednom pravcu upotrebom kombinovane razdelne linije može značajno uticati na poboljšanje nivoa usluge na dvotračnim putevima, naročito na putevima u ravničarskim i brdovitim područjima sa većom gustinom saobraćaja.

Na sve četiri deonice državnih puteva, odnosno na sedam posmatranih odseka, upotrebom kombinovane linije na odsecima gde preticajna preglednost u jednom smeru to omogućava, došlo je do poboljšanja indikatora kvaliteta uslova odvijanja saobraćaja,

odnosno do povećanja prosečne brzine putovanja i smanjenja procenta vremena provedenog u sleđenju, u oba smeru.

Usled poboljšanja parametara procenta vremena provedenog u sleđenju dolazi do poboljšanja nivoa usluge na sledećim odsecima:

- Irig – Ruma (prvi odsek) za smer od Iruga ka Rumi **sa E na D** u suprotnom smeru **sa D na C**,
- Rogačica – Bajina Bašta (prvi odsek) za smer od Rogačice ka Bajinoj Bašti **sa D na C** u suprotnom smeru **sa B na A** i
- Rogačica – Bajina Bašta (drugi odsek) za smer od Bajine Bašte ka Rogačici **sa B na A**.

Rezultati istraživanja ukazuju na mogućnost za poboljšanje nivoa usluge na deonicama dvotračnih puteva, pre svega promenom prakse projektanata u smislu malog korišćenja kombinovane linije na odsecima na kojima je obezbeđna preticajna preglednost samo u jednom smeru.

ZAHVALNICA

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja projekta „Savremeni trendovi i inovacije u razvoju kurikuluma u oblasti saobraćaja i transporta“, osnovanog od strane Departmana za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija.

LITERATURA

- [1] National Research Council, Manual Highway Capacity. (2010). Washington, D.C., USA.
- [2] Uzelac, Đ. „Putevi i gradske saobraćajnice“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015.
- [3] Bogdanović, V., Ruškić, N. „Kapacitet drumskih saobraćajnica“, Fakultet tehničkih nauka, NoviSad, 2018.
- [4] <https://gisportal.rs/smartPortal/gisjpps>
- [5] <https://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20saobracajnoj%20sig%20nalizaciji>
- [6] http://demo.paragraf.rs/demo/combined/Old/t/t2004_09/t09_0098.htm

SUMMARY

The impact of the application of combined road markings on the level of service of two-lane roads

Abstract: On two-lane roads, overtaking is one of the most complex actions for drivers. Segments of state roads with limited overtaking zones are characterized by convoy driving and illegal overtaking. For this reason, in addition to the impact on traffic safety, the presence of overtaking zones on two-lane road segments significantly affects the level of service. According to the HCM methodology, the level of service of two-lane roads depends on the percentage of driving in a queue, which, aside from the flow demand, depends on the proportion of overtaking zones in the total length of the segment. Overtaking zones are marked not only with vertical signage but also with horizontal signage, such as dashed and combined lines. Combined dashed lines are used in places where road elements allow overtaking only in one direction. To simplify traffic situations, designers often use continuous dashed lines instead of combined lines in places where overtaking is possible in one direction, thus increasing the percentage of zones where overtaking is prohibited. This approach directly affects traffic conditions, that is, the level of service. This paper presents the impact of the method of marking overtaking zones on the level of service for several segments of state roads in Serbia.

Key words: overtaking, signage, level of service

Analiza potreba za izgradnjom obilaznice u naselju Odžaci

Nikolina Stošić, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, nikolina.stosic@adomne.rs

Valentina Mirović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, plast@uns.ac.rs

Miodrag Počuć, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, miodrag.pocuc@adomne.rs

Igor Vukobratović, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, igor.vukobratovic@adomne.rs

Goran Kalamanda, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, goran.kalamanda@adomne.rs

Rezime: U radu je postavljena osnova koja se ukratko odnosi na proces planiranja saobraćaja, kao i značaja obavljanja istog uz pomoć savremenih softverskih alata. Glavni deo rada se odnosi na definisanje mrežnog modela i modela zahteva za putovanjem koristeći softverski paket Visum. Izlazni rezultat modela je opterećenje na mreži u toku celog dana. Predmet rada je tranziti saobraćaj u Odžacima i utvrđivanje potreba za izgradnjom obilaznice.

Cljučne reči: mrežni model, model zahteva, „PTV Visum“

1 UVOD

Razvoj tranzitnog saobraćaja kroz naselje ima mnoge prednosti, povezuje naseljeno mesto sa značajnijim centrima, doprinosi razvoju trgovine, atraktivnosti samog naseljenog mesta. Međutim, kada u jednom trenutku intenzitet tranzitnog saobraćaja dostigne određeni nivo, počinje da ometa normalno funkcionisanje i razvoj najznačajnijih elemenata naselja, kao što su stanovanje i sadržaji koje pruža centar naselja. Značaj efikasnog transportnog sistema ogleda se u omogućavanju nesmetane mobilnosti ljudi i robe.

Makrosimulacija ima značajnu ulogu u analizi i predviđanju saobraćajnih tokova u širokom smislu. Planiranje novih infrastrukturnih objekata, kao i procena uticaja na celokupni saobraćajni sistem veoma je olakšana primenom savremenih računarskih tehnologija. Kreiranjem više varijantnih rešenja, može se analizirati kako različite strategije upravljanja saobraćajem utiču na ukupne saobraćajne tokove, što pomaže u optimizaciji saobraćaja i povećanju efikasnosti. Razumevanje trenutnih i budućih potreba za kretanjem omogućava kreiranje tranzitnih tokova koji će zadovoljiti planirane potrebe. U ovom radu je uz pomoć softverskog paketa PTV VISUM izvršena analiza postojećih i budućih tranzitnih tokova saobraćaja na području opštine Odžaci.[1] Prikazana su varijantna rešenja planiranih obilaznica u naselju Odžaci, a sve u cilju rasterećivanja centralnog jezgra i održivog razvoja urbane sredine.

2 POLOŽAJ I FUKCIONALNA POVEZANOST NASELJA

Naseljeno mesto Odžaci nalazi se u opštini Odžaci, koja se nalazi na zapadnom delu Bačke, na levoj obali Dunava. Položaj opštine Odžaci može se videti na slici 1. Opštinu Odžaci čine devet katastarskih opština: k.o. Odžaci, k.o. Bački Gračac, k.o. Bački Brestovac, k.o. Srpski Miletić, k.o. Bogojevo, k.o. Karavukovo, k.o. Deronje, k.o. Ratkovo i k.o. Lalić.



Slika 1. Položaj opštine Odžaci

Mrežu puteva koja povezuje opštinu sa značajnim centrima čine državni putevi IB I IIA reda. Državni put IB reda broj 12 prolazi kroz naselje Odžaci, a kroz naseljeno mesto i državni putevi IIA reda broj 110 i 111, što se može videti na slici 2. Sva tri državna puta čine naseljena mesta opštine Odžaci bitnom karikom u povezivanju saobraćaja sa širom teritorijom. Značajan element za lokalnu ekonomiju je granični prelaz „Bogojevo”, koji ujedno i privlači većinski deo tranzitnog teretnog saobraćaja kroz naseljeno mesto Odžaci.



Slika 2. Mreža državnih puteva kroz naseljeno mesto Odžaci

Najveća pažnja u ovom radu se obraća na državni put IB reda broj 12 s obzirom da prolazi kroz centralni deo naselja Odžaci u dužini od 2,220 km. Veliki broj kulturnih, obrazovnih, ugostiteljskih objekata, objekata stanovanja je u neposrednoj blizini državnog puta. Brzina kretanja je ograničena na 50 km/h, osim u delu osnovne i srednje škole gde je ograničenje 30 km/h. Ograničenje je definisano znakovima III-28 I III-28.1 prema *Pravilniku o saobraćajnoj signalizaciji („Sl. glasnik RS”, br. 85/2017, 14/2021 i 21/2024.)* Sva postojeća signalizacija izvedena je u skladu sa postojećim projektom saobraćaja i saobraćajne signalizacije. Raskrsnica državnog puta IB-12 i Železničke ulice je semaforisana. Zbog lokacije industrijske zone, teretnim vozilima je dozvoljeno da se kreću i Železničkom ulicom.

3 INFORMACIONA OSNOVA

Prilikom kreiranja saobraćajnog modela početna aktivnost podrazumeva prikupljanje podataka, čijom analizom se dobijaju informacije relevantne za opisivanje ponašanja korisnika datog saobraćajnog sistema. Saobraćajni modeli simuliraju ponašanje i odlučivanje korisnika tokom njihovog putovanja, s toga je bitno da ova etapa istraživanja bude što je više moguće detaljnija, sveobuhvatnija i preciznija. [2] Podaci su prikupljeni snimanjem saobraćaja uz pomoć kamera, na odgovarajućim lokacijama, prikazanim na slici 3.



Slika 3. Lokacije snimanja saobraćaja

Lokacija 1 i 2 predstavljaju čvorove referentnog sistema sa oznakom 11001-Odžaci (Ratkovo)-državni put IIA-110 i 1207 (Odžaci-Kula)-državni put IB-12, pri čemu su snimani prolasci svih vozila kroz datu raskrscopicu. Na ostalim lokacijama snimani su prolasci vozila u oba smera kroz poprečni presek puta. Posebno su prikupljeni podaci o vozilima koja su u periodu analize kao cilj putovanja imala jednu od kompanija u industrijskoj zoni.

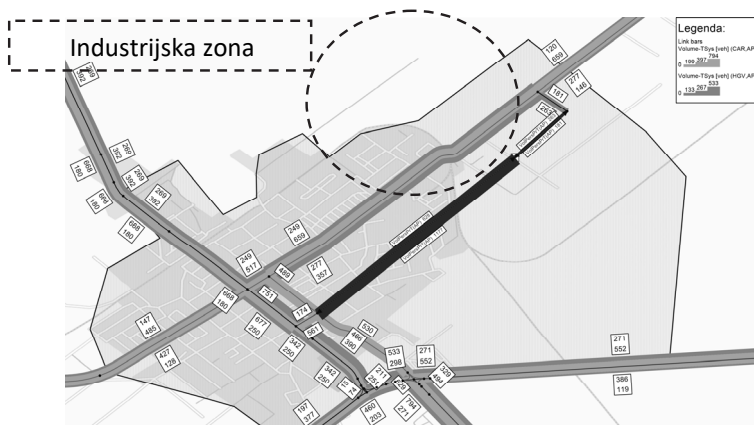
Snimanje je vršeno u dva vršna časa, jutarnjem od 6:30h do 7:30h i popodnevnom od 14:00h do 15:00h. Obrađeni su isključivo rezultati o tranzitnim putovanjima i definisane matrice saobraćajne potražnje. Podaci o opterećenju u vršnom času su prošireni na ceo dan. Snimanje vozila i raspoznavanje registarskih oznaka vozila je pristup koji pokazuje broj tranzitnih putovanja, za detaljniji opis putovanja je bilo pogodno uraditi anketu na spoljnom kordonu. Prilikom analize podataka vozila su stavljena u dve kategorije, teretna vozila i putnički automobili i ta podela je dalje korišćena u obradi. Primenom softvera VISUM obrađeni su podaci i svi dobijeni rezultati.

4 SAOBRAĆAJNE ANALIZE

Suština ovog poglavlja je analiza postojećih i budućih zahteva za saobraćajem i definisanje osnovnih elemenata transportne ponude, definisanje matrica saobraćajne potražnje i prognoza budućih saobraćajnih opterećenja, u softverskom paketu PTV VISUM [3]. Prognoza saobraćajnih tokova urađena je za desetogodišnji period (2024. – 2034. godina). Parametar koji je korišćen za definisanje stope porasta saobraćaja za prognozirani period je porast stope BDP-a Republike Srbije.

4.1 Analiza postojećeg i prognozirano stanja

Postojeći režim odvijanja saobraćaja podrazumeva kretanje tranzitnog saobraćaja kroz naseljeno mesto Odžaci, a posebno je akcenat na teretnom saobraćaju. Na slici 4 i 5 može se videti opterećenje saobraćajnica u baznoj godini (2024.) i prognoziranoj godini (2034.).



Slika 4. Postojeći režim odvijanja saobraćaja u baznoj godini

U ukupnoj raspodeli saobraćajnih tokova većinsko je učešće putničkog saobraćaja, dok teretna vozila čine 31,4% opterećenja mreže. Sagledavanjem prostorne raspodele putničkih tokova, najveći broj vozila nastavlja putovanje državnim putem IIA-111 (Ratkovo), pri čemu 25% tih tokova dolazi iz pravca državnog puta IB-12 (Srpski Miletić). Ukoliko se sagledaju tokovi teretnih vozila zapaža se obrnuta situacija nego što je kod putničkih automobila. Najveći broj vozila dolazi sa državnog puta IIA-111 (Ratkovo), dok je najopterećeniji izlazni smer ka državnom putu IB-12 (Srpski Miletić). Državni put IB-12, dalje preko državnog puta IB-17, vodi ka graničnom prelazu „Bogojevo”, udaljen od naselja Odžaci, 17.7km, a preko državnog puta IB-15 vodi ka graničnom prelazu Bački Breg (62.4km).

U okviru infrastrukturnih saobraćajnih rešenja Plana generalne regulacije opštine Odžaci definisane su dve trase planirane obilaznice, istočna i zapadna. Prema tome varijante u ovom radu su definisane na sledeći način:

- Varijanta 1: Izgradnja istočne obilaznice
- Varijanta 2: Izgradnja istočne i zapadne obilaznice [4].



Slika 5. Postojeći režim odvijanja saobraćaja u prognoziranoj godini

Varijante podrazumevaju delimičnu ili potpunu zabranu kretanja teretnog saobraćaja na uličnoj mreži, sva teretna vozila se usmeravaju na obilaznicu, dok je putničkim automobilima dozvoljeno kretanje kroz naseljeno mesto postojećom trasom državnog puta. Na slikama 6. i 7 prikazane su obe varijante sa prognoziranim opterećenjem.

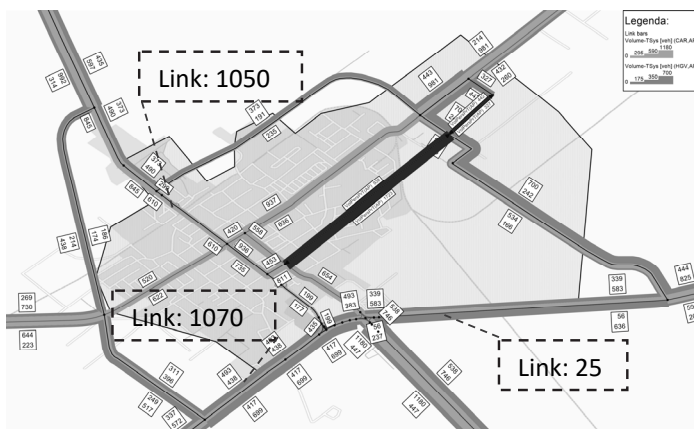


Slika 6. Varijanta 1 u prognoziranoj godini

Istočna obilaznica rešava problem teretnog saobraćaja koji je usmeren na industrijsku zonu naseljenog mesta Odžaci, dok sa druge strane i dalje opterećuje jedan deo naselja. Ova varijanta pruža delimično rešenje tranzitnog saobraćaja.

Izgradnjom samo zapadne obilaznice, dobija se rešenje kretanja tokova ka Srpskom Miletiću, dok teretni saobraćaj ka industrijskoj zoni i dalje ostaje na trasi kroz naseljeni deo Odžaka, čime se opet ne postiže potpuna zamisao izgradnje obilazne trase.

Na slici 7 su označeni linkovi koji su značajni za poređenje varijanti i postojećeg režima u prognoziranoj godini (2034). Promena protoka u prognoziranoj godini za putničke automobile na prethodno pomenutim linkovima prikazana je u tabeli 1., a u tabeli 2 promena protoka za teretna vozila.



Slika 7. Varijanta 2 u prognoziranoj godini

Tabela 1: Promena protoka u prognoziranoj godini (PA)

		Protok vozila u prognoziranoj godini (PA)		
Link	Smer	Postojeći režim	Varijanta 1	Varijanta 2
1050	1	992	621	610
	2	597	406	299
25	1	825	580	339
	2	590	158	56
1070	2	698	698	417

Tabela 2: Promena protoka u prognoziranoj godini (TTV)

		Protok vozila u prognoziranoj godini (TTV)		
Link	Smer	Postojeći režim	Varijanta 1	Varijanta 2
1050	1	314	269	-
	2	435	223	-
25	1	444	544	583
	2	207	635	636
1070	2	337	337	699

Izgradnjom istočne obilaznice – varijanta 1, bi se značajno smanjio broj putničkih automobila na linku 25 u smer ka naselju Odžaci, sa 825 na 580 vozila, što ukazuje da bi značajan broj automobila za tranzitna putovanja koristio istočnu obilaznicu. U varijanti 2 je smanjenje još značajnije. Na istom linku, ukoliko se posmatra teretni saobraćaj, primećuje se povećanje broja vozila u suprotnom smeru, čije je kretanje usmereno na istočnu obilaznicu. Opterećenje linka 1070 prikazano je samo u smeru kretanja vozila ka čvoru 1207. Postojeći režim i varijanta 1 ne nude promenu u opterećenju, s obzirom da je to saobraćaj koji generiše smer iz Deronja. Međutim, primenom varijante 2 se značajno

povećava broj teretnih vozila na linku, što ukazuje da se tu nakupio saobraćaj sa zapadne trase obilaznice.

Prema rezultatima prikazanim na slikama i u tabelama može se videti da realizacijom varijante 2 se u potpunosti tranzitni teretni saobraćaj izmešta sa saobraćajnica u naseljenom mestu, pri čemu je povećan i broj putničkih automobila na trasi obilaznice.

5 ZAKLJUČAK

Vrednovanje varijantnih rešenja podrazumeva pre svega ekonomski i funkcionalni aspekt, uzimajući u obzir mnoge faktore poput bezbednosti saobraćaja, uticaja izduvnih gasova i prostorni razvoj grada. Veoma značajan faktor je industrijska zona, do koje veći deo teretnih vozila, dolazi uličnom mrežom. Radi se o fabrikama za proizvodnju polipropilenskih granulata, kao i proizvodnju i distribuciju tečnog naftnog gasa. Postojanje takvog vida industrije, ukazuje da je odvijanje teretnog saobraćaja kroz naseljeno mesto veoma nebezbedno.

Izrada ovog rada oslanja se na već postojeće planove definisane u okviru Plana generalne regulacije opštine Odžaci, a vezane za izgradnju obilaznice. Definisane i vizuelizacija rešenja doprinosi njihovom sveobuhvatnom sagledavanju. Makrosimulacija pomaže u definisanju osnovnih parametara, koji dalje treba da se razvijaju u mikro sagledavanju situacije. Pa tako iz ovog rada mogu da proizđu mnoga rešenja, koja i pored porasta mobilnosti i stepena motorizacije, mogu da omoguće održiv razvoj urbane sredine.

LITERATURA

- [1] PTV Visum manual, 2024 PTV Planung Transport Verkehr GmbH, Karlsruhe, Germany
- [2] Mirović, Valentina; Bogdanović, Vuk; Mitrović-Simić, Jelena. 2020. Metode upravljanja saobraćajnom potražnjom. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.
- [3] PTV GROUP, PTV VISUM – Multimodal Transport Planning, objavljen na sajtu PTV GROUP, internet adresa: <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-visum>
- [4] Službeni list opštine Odžaci, *Prostorni plan opštine Odžaci*, Službeni list opštine Odžaci, Odžaci, broj 17/09, 2009

SUMMARY

Analysis for constructing a bypass in the settlement of Odžaci

Abstract: In the paper, the foundation briefly addresses the traffic planning process and the importance of performing it using modern software tools. The main part of the paper focuses on defining the network model and the travel demand model using the software package Visum. The output result of the model is the network load throughout the entire day. The existing and forecasted state of the system is defined, leading to the conclusion that there is a need for a bypass around the settlement of Odžaci.

Key words: , transport model, network and demand model, "PTV Visum".

Analiza dostignutih saobraćajnih efekata na auto-putu „Miloš Veliki”

Miodrag Poledica, JP „Putevi Srbije”, Beograd, midorag.poledica@putevi-srbije.rs
Ivana Subotić, JP „Putevi Srbije”, Beograd, ivana.subotic@putevi-srbije.rs
Jovan Drobnjak, JP „Putevi Srbije” Beograd, jovan.drobnjak@putevi-srbije.rs
Nebojša Kecović, JP „Putevi Srbije” Beograd, nebojsa.kecovic@putevi-srbije.rs
Lazar Zečević, JP „Putevi Srbije” Beograd, lazar.zecevic@putevi-srbije.rs

Rezime: Izgradnja auto-puta „Miloš Veliki”, oznake A2, na putnom pravcu Beograd – Čačak, dovela je do niza pozitivnih saobraćajnih, ali i privrednih efekata. Pomenuti auto-put, do danas, izgrađen je i u eksploataciji od petlje „Surčin jug” do petlje „Pakovraće”, pri čemu je izgradnja deonice koje su danas u eksploataciji realizovana fazno i u različitim vremenskim periodima. Iz tog razloga, predmet analize dostignutih saobraćajnih efekata biće fokusiran na poslednjih pet godina eksploatacije auto-puta „Miloš Veliki”, odnosno u periodu od 2019. do 2023. godine. Analizirani efekti predstavljaju uslove odvijanja saobraćaja koji su omogućeni puštanjem u saobraćaj auto-puta „Miloš Veliki” na putnom pravcu od Beograda do Čačka. Uslovi saobraćaja koji su analizirani i koji su predstavljeni u nastavku, ogledaju se u dostignutom saobraćajnom opterećenju, prosečnom vremenu putovanja u saobraćajnom toku, evidentiranim saobraćajnim nezgodama i dostignutim emisijama štetnih čestica i gasova od saobraćaja.

Ključne reči: auto-put „Miloš Veliki”, saobraćajni efekti, saobraćajni tok

1 UVOD

Generalna odlika auto-puteva jeste to da predstavljaju saobraćajnice za kretanje drumskih motornih vozila sa najkomfortnijim tehničko-eksploatacionim karakteristikama puta, što u saobraćajnom smislu omogućava velike brzine kretanja, a samim tim i kraće vreme putovanja. Pored toga, karakteristike profila auto-puta ispunjavaju najviše postavljene standarde sa aspekta bezbednosti putne infrastrukture, čime se minimizira uticaj iste na nastanak i težinu posledica saobraćajnih nezgoda, pa je u tom kontekstu karakteristično da auto-put predstavlja najbezbedniju kategoriju (vrstu) saobraćajnica, što se direktno ogleda u broju saobraćajnih nezgoda, u odnosu na ukupan broj saobraćajnih nezgoda na celokupnoj putnoj mreži.

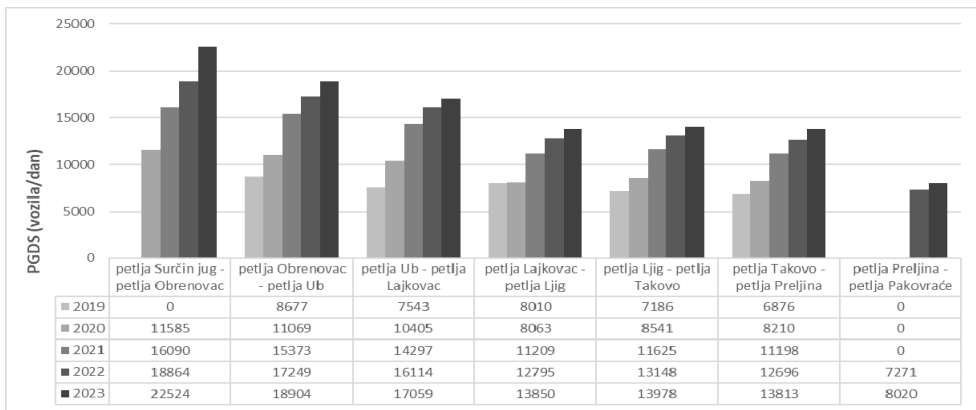
Državni put IA reda, oznake A2 („Miloš Veliki”), strateški predstavlja veoma važnu saobraćajnicu na jednom od saobraćajno najopterećenijih putnih pravaca u Republici Srbiji. Izgradnjom pomenute saobraćajnice u profilu auto-puta na putnom pravcu Beograd–Čačak uspostavljena je saobraćajna veza za drumski saobraćaj sa najefikasnijim karakteristikama putovanja.

Cilj ovog rada jeste prikaz rezultata analize koji se odnose na primarno dostignute saobraćajne efekte nakon izgradnje auto-puta na putnom pravcu Beograd – Čačak, a koji se odnose na: dostignute saobraćajne tokove, promenu vremena putovanja, promenu

broja saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima i redukciju emisija štetnih čestica i gasova od drumskog saobraćaja na alternativnim saobraćajnicama u urbanim područjima.

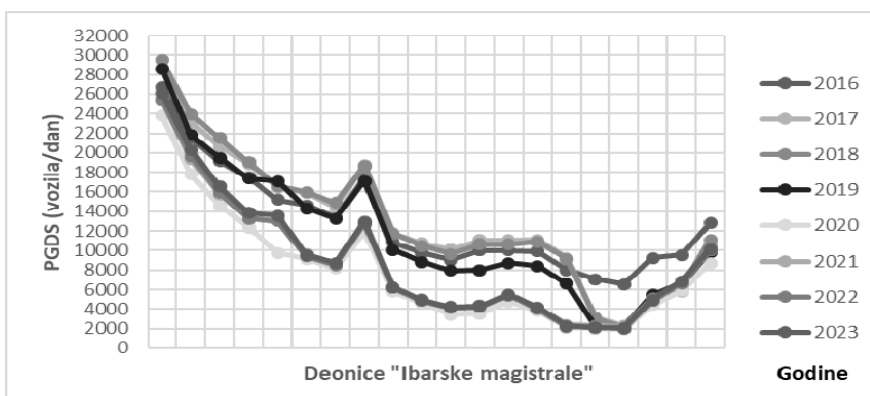
2 ANALIZA DOSTIGNUTIH SAOBRAĆAJNIH TOKOVA NA AUTO-PUTU A2

Primarno dostignuti saobraćajni efekat novoizgrađenog auto-puta predstavlja veličina saobraćajnog toka, odnosno broj vozila na auto-putu. Veličina saobraćajnog toka najčešće se izražava u obliku prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja (PGDS). Na narednom grafiku predstavljen je trend promene PGDS-a na izgrađenim deonicama auto-puta „Miloš Veliki” (državni put IA reda – A2) u periodu 2019-2023. godine. Analiza PGDS-a izrađena je na osnovu javno dostupnih podataka o brojanju saobraćaja na državnim putevima [1].



Grafik 1: Trend promene PGDS-a po deonicama auto-puta „Miloš Veliki”, 2019-2023. godine

Prikazani podaci na prethodnom grafiku jasno ukazuju na porast vrednosti PGDS-a na svim deonicama auto-puta „Miloš Veliki” u posmatranom vremenskom periodu. Stope rasta PGDS-a na godišnjem nivou, na posmatranim deonicama pomenutog auto-puta, u analiziranom vremenskom periodu kreću se u rasponu od 6% do 39%, pri čemu prosečna stopa rasta PGDS-a iznosi 20%. Izgradnja deonice auto-puta „Miloš Veliki” dovela je do izmeštanja tranzitnog i daljinskog saobraćaja sa ranije korišćenih saobraćajnica, u velikoj meri, na naznačenom putnom pravcu Beograd – Čačak. Veličina izmeštenog saobraćaja na izgrađene deonice auto-puta „Miloš Veliki” najbolje se može prikazati analizom PGDS-a na deonicama državnog puta IB reda broj 22 („Ibarska magistrala”), koji predstavlja primarnu alternativu auto-putu „Miloš Veliki”. Na narednom grafiku predstavljena je promena PGDS-a na deonicama Ibarske magistrale na naznačenom putnom pravcu Beograd – Čačak, u vremenskom periodu 2016-2023. godine, čime je predstavljen direktan efekat uticaja na saobraćajno opterećenje na ovoj saobraćajnici usled izgradnje deonice auto-puta „Miloš Veliki”.



Grafik 2: Trend promene PGDS-a po deonicama Ibarske magistrale, 2016–2023. godine

Prikazane linije trenda promene PGDS-a na deonicama „Ibarske magistrale” po godinama, u okviru naznačenog vremenskog perioda 2016-2023. godine, pokazuju da se primetan pad u vrednosti PGDS-a beleži već od 2019. godine kada je i većina deonica auto-puta „Miloš Veliki”, na putnom pravcu Beograd – Čačak, puštena u eksploataciju. Već sledeće, 2020. godine, beleži se znatno veći pad u vrednosti PGDS-a na deonicama „Ibarske magistrale”, što je u najvećoj meri uticaj pandemije virusa COVID-19 i restrikcija koje su pratile ovu pandemiju u 2020. godini. Interesantan podatak predstavlja činjenica da je za razliku od deonica „Ibarske magistrale”, u 2020. godini došlo do porasta vrednosti PGDS-a na deonicama auto-puta „Miloš Veliki”. Taj podatak može potvrditi pretpostavku da je u najvećoj meri tranzitni i daljinski saobraćaj preusmeren na auto-put „Miloš Veliki”, pri čemu čak ni restrikcije u toku pomenute pandemije nisu mogle uticati značajno na saobraćaj na auto-putu, što je bio evidentan slučaj na deonicama „Ibarske magistrale” koje karakteriše dominantnost izvorno-ciljnih i lokalnih kretanja nakon puštanja u eksploataciju deonica auto-puta „Miloš Veliki”, a samim tim su prvenstveno lokalna kretanja znatno smanjena u 2020. godini usled restrikcija u toku pandemije. Na deonicama petlja „Ljig” – petlja „Takovo” i petlja „Takovo” – petlja „Preljina” značajno smanjene vrednosti PGDS-a beleži se na alternativnim deonicama „Ibarske magistrale” već od 2017. godine, jer su pomenute deonice auto-puta „Miloš Veliki”, koje ujedno predstavljaju prve deonice ovog auto-puta, puštene u eksploataciju krajem 2016. godine.

2.1 Analiza prosečnog vremena putovanja u saobraćajnom toku

Izgradnjom auto-puta „Miloš Veliki” na putnom pravcu od Beograda do Čačka, došlo je do značajnog smanjenja u prosečnom vremenu putovanja na naznačenoj relaciji. Uporedni podaci o prosečnom vremenu putovanja auto-putem „Miloš Veliki” i „Ibarskom magistralom”, na naznačenom putnom pravcu, prikazani su u narednoj tabeli. Predmet uporedne analize predstavljaju trase pomenutih saobraćajnica od obilaznice Beograda (petlja „Surčin jug” i petlja „Orlovača”) do petlje „Preljina” u kojoj se trase spajaju.

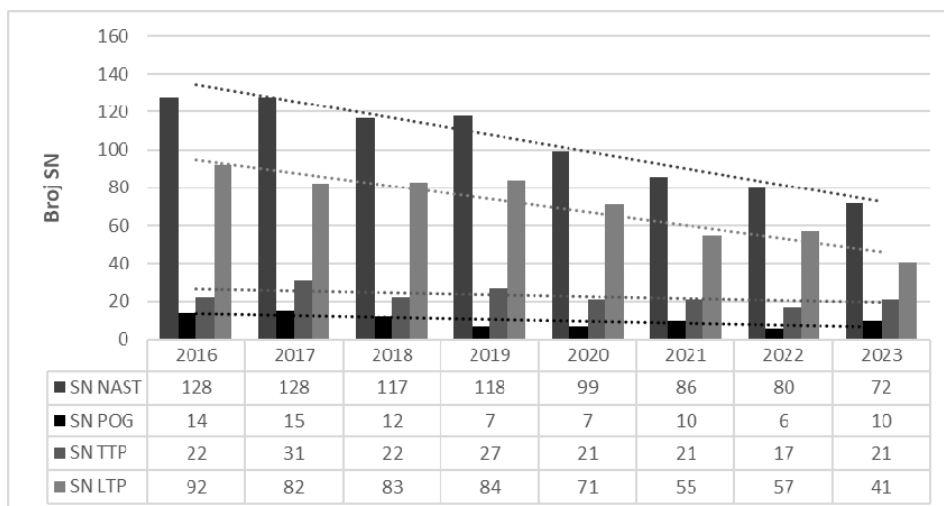
Tabela 1: Prosečno vreme putovanja na trasama auto-puta „Miloš Veliki“ i „Ibarske magistrale“

Saobraćajnica	Auto-put „Miloš veliki“	„Ibarska magistrala“
Dužina trase	119 km	125 km
Opšte ograničenje brzine	130 km/h	80 km/h i 50 km/h
Prosečno vreme putovanja	55 min	1h i 38 min (98 min)

Na osnovu prikazanih podataka u prethodnoj tabeli, koji podrazumevaju putovanje, odnosno kretanje vozila u uslovima slobodnog saobraćajnog toka, u skladu sa definisanim maksimalnim, odnosno opštim ograničenjima brzine, na trasama posmatranih saobraćajnica, zaključak je da je prosečno vreme putovanja gotovo duplo manje trasom auto-puta „Miloš Veliki“ u odnosu na trasu „Ibarske magistrale“, računajući kompletnu trasu sa odsecima van naselja i u naselju. Analiza podataka o trasama predmetnih saobraćajnica izvršena je na osnovu javno dostupnih podataka o referentnom sistemu državnih puteva Republike Srbije [2]. Važno je napomenuti da tehničko-eksploatacione karakteristike analiziranih saobraćajnica znatno utiču na brzinu kretanja, a samim tim i na vreme putovanja, posebno u uslovima povećanog intenziteta saobraćaja, odnosno protoka saobraćaja. S tim u vezi, ako se izuzmu različite vrste potencijalnih iznenadnih incidentnih događaja na putu, povećan intenzitet saobraćaja na auto-putu „Miloš Veliki“ gotovo da ne utiče na prosečno vreme putovanja, dok na dvotračnom putu „Ibarska magistrala“ može doći do značajnog povećanja vremena putovanja, posebno u periodima vršnog saobraćajnog opterećenja, a naročito u uticajnim zonama prolaska ove saobraćajnice kroz područja naselja.

3 ANALIZA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA SA NASTRADALIM LICIMA

Saobraćajne nezgode sa nastradalim licima podrazumevaju zajedničku grupu saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima i saobraćajnih nezgoda sa povređenim licima. Broj saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima predstavlja osnovni pokazatelj bezbednosti saobraćaja na putu. U osnovi, primarni doprinos izgradnje i eksploatacije deonica auto-puta „Miloš Veliki“ ogleda se u smanjenju saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima na alterantivnom pravcu – „Ibarska magistrala“. Analizom saobraćajnih nezgoda koja je obuhvatila evidentirane saobraćajne nezgode u periodu od 2016. do 2023. godine, utvrđen je trend opadanja broja saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima i to za sve pojedinačne vrste saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima. Analiza saobraćajnih nezgoda izvršena je na osnovu javno dostupnih podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja [3]. Na narednom grafiku prikazan je trend promene broja saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima na „Ibarskoj magistrali“, na putnom pravcu Beograd – Čačak, u vremenskom periodu 2016-2023. godine.



Grafik 3: Trend promene broja SN sa nastradalim licima na Ibarskoj magistrali, 2016-2023. godine

Izgradnjom novih deonica i njihovom eksploatacijom, produžava se trasa auto-puta „Miloš Veliki“, a samim tim povećava se i protok saobraćaja, ali i broj saobraćajnih nezgoda na ovom auto-putu. Međutim, kako bi se utvrdio potpuni efekat izgradnje i eksploatacije deonica auto-puta „Miloš Veliki“, u domenu bezbednosti saobraćaja, u nastavku je dat tabelarni prikaz promene ukupnog broja saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima i broja nastradalih lica u posmatranom vremenskom periodu po godinama, na definisanom putnom pravcu Beograd – Čačak, odnosno na predmetnim saobraćajnicama auto-put „Miloš Veliki“ i „Ibarska magistrala“. Prikazani podaci u narednoj tabeli jasno ukazuju na trend opadanja broja saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima i broja nastradalih lica u naznačenom vremenskom periodu.

Tabela 2: Trend promene broja SN NAST i broja nastradalih lica na putnom pravcu Beograd – Čačak

Godina	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
SN NAST	132	132	127	136	123	115	118	115
NAST	254	231	222	268	214	216	200	217

4 ANALIZA DOSTIGNUTIH EMISIJA ŠTETNIH ČESTICA I GASOVA OD SAOBRAĆAJA

Izgradnja auto-puta „Miloš Veliki“ doprinela je redukciji emisija štetnih gasova od drumskog saobraćaja na ranije korišćenim alternativnim saobraćajnicama, posebno u području urbanih zona, odnosno naselja. Izgradnjom i početkom eksploatacije deonice petlja „Preljina“ – petlja „Pakovraće“ auto-puta „Miloš Veliki“, uspostavljena je obilaznica oko grada Čačka, kao primarni pravac za tranzitna i daljinska kretanja vozila, koja su se do 2022. godine generisala kroz urbano područje grada Čačka, odnosno, na većem delu trase, na prolasku dvotračnog državnog puta IB 23 kroz naselja. Na pomenutoj deonici generisan je novonastali saobraćaj u 2022. godini, pri čemu su u narednoj tabeli prikazani podaci o PGDS-u i strukturi saobraćajnog toka.

Tabela 3: PGDS i struktura saobraćajnog toka u 2022. godini na deonici Preljina-Pakovraće

Naziv deonice	Godina	PA	BUS	LT	ST	TT	AV	Ukupno
Preljina - Pakovraće	2022	6171	53	133	134	78	702	7271

Prikazani podaci o novonastalom saobraćaju i strukturi saobraćajnog toka na naznačenoj deonici auto-puta ujedno se odnose na saobraćaj koji je izmešten sa državnog puta IB 23 koji prolazi kroz područje grada Čačka. To je direktno dovelo do smanjenja ukupnih emisija izduvnih gasova koje prouzrokuje drumski saobraćaj. Analiza emisija štetnih gasova izrađena je na osnovu poslednje verzije metodologije COPERT modela [4]. U narednoj tabeli prikazani su rezultati proračuna na osnovu COPERT modela za emisione polutante koji se emituju u najvećoj meri, odnosno količini. Ujedno, prikazani podaci predstavljaju smanjenje očekivanih emisija štetnih gasova i čestica od drumskog saobraćaja koji je u 2022. godini izmešten sa dvotračnog državnog puta IB 23 na auto-put oznake A2 „Miloš Veliki“.

Tabela 4: Količina izduvnih čestica i gasova proračunata na osnovu COPERT modela

Intervali	CO2	CO	NM VOC	NO	NO2	NOx	PM 2.5	PM 10	PM TSP	VOC	UKUPNO
ukupno (t)	10085	24	189	22	7.56	29.82	1.36	2.08	2.78	189	10552.6
dnevno (t/dan)	27.63014	0.06575	0.51781	0.06027	0.02071	0.08170	0.00373	0.00570	0.00762	0.51781	28.91123
po kilometru (t/km/dan)	1.87514	0.00446	0.03514	0.00409	0.00141	0.00554	0.00025	0.00039	0.00052	0.03514	1.962079
po vozilu (kg/dan)	3.80005	0.00904	0.07122	0.00829	0.00285	0.01124	0.00051	0.00078	0.00105	0.07122	3.976239

5 ZAKLJUČAK

Analiza saobraćajnih efekata, koji su dostignuti usled eksploatacije auto-puta „Miloš Veliki“, pokazala je značajne i pre svega, pozitivne rezultate u tom domenu. Imajući u vidu da, već godinama unazad, pomenuti auto-put predstavlja primarnu saobraćajnicu za tranzitna i daljinska kretanja na putnom pravcu Beograd – Čačak, kroz rezultate analize jasno se može uvideti značaj tog auto-puta za sve parametre drumskog saobraćaja.

U posmatranom vremenskom periodu, 2019-2023. godine, zabeležen je konstantan trend rasta PGDS-a na svim deonicama auto-puta „Miloš Veliki“, koje su u eksploataciji. Pored toga, upravo od 2019. godine, kada je većina deonica pomenutog auto-puta na relaciji putnog pravca Beograd – Čačak bila u eksploataciji, javlja se značajno smanjenje vrednosti PGDS-a u narednim godinama na deonicama alternativne saobraćajnice „Ibarska magistrala“, koja je u periodu pre izgradnje auto-puta „Miloš Veliki“ predstavljala primarnu saobraćajnicu na naznačenom putnom pravcu.

Važno je napomenuti i osetnu razliku u vremenu putovanja na naznačenom putnom pravcu Beograd – Čačak, koje je trasom auto-puta „Miloš Veliki“ gotovo duplo manje u odnosu na vreme putovanja koje je proračunato na trasi „Ibarske magistrale“.

Rezultati analize saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima pokazali su da je došlo do značajnog smanjenja u broju saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima i povređenim licima na „Ibarskoj magistrali“, usled eksploatacije auto-puta „Miloš Veliki“. Pored toga, sumarno, broj saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima i broj nastradalih lica u tim saobraćajnim nezgodama je u trendu opadanja na auto-putu „Miloš Veliki“ i „Ibarskoj magistrali“, odnosno na putnom pravcu Beograd – Čačak, što uz konstantno povećanje PGDS-a na deonicama ovih saobraćajnica predstavlja izuzetan efekat.

Izgradnjom deonice auto-puta „Miloš Veliki” od petlje „Preljina” do petlje „Pakovraće” uspostavljena je svojevrsna obilaznica oko grada Čačka, koja je izmestila tranzitni i daljinski saobraćaj, koji je generisan do 2022. godine na državnom putu IB 23, a koji prolazi kroz urbano područje grada. Time je, između ostalog, u velikoj meri smanjena emisije štetnih gasova i čestica od drumskog saobraćaja, koje bi bile generisane na državnom putu IB 23 kroz urbano područja grada Čačka, da nije u eksploataciji naznačena deonica auto-puta „Miloš Veliki”.

LITERATURA

- [1] JP „Putevi Srbije”, 2024. Brojanje saobraćaja, Beograd.
- [2] JP „Putevi Srbije”, 2024. Referentni sistem državnih puteva, Beograd.
- [3] Agencija za bezbednost saobraćaja, 2024. Integrisana baza podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja, Beograd.
- [4] Leon Ntziachristos, Zisis Samaras i ostali, 2024. COPERT metodologija za proračun emisija izduvnih gasova, Evropska agencija za zaštitu životne sredine.

SUMMARY

Analysis of the achieved traffic effects on the highway “Miloš the Great”

Abstract: The construction of the “Miloš the Great” highway, marked A2, on the road direction Belgrade – Čačak, led to a number of positive traffic and economic effects. The mentioned highway, until today, was built and in operation from the interchange “Surčin jug” to the interchange “Pakovraće”, whereby the construction of sections that are in operation today was realized in phases and in different periods of time. For this reason, the subject of the analysis of the achieved traffic effects will be focused on the last five years of exploitation of the highway “Miloš the Great”, i.e. in the period from 2019 to 2023. The analyzed effects represent the traffic conditions made possible by the opening of the “Miloš the Great” highway on the route from Belgrade to Čačak. The traffic conditions that were analyzed and presented below are reflected in the achieved traffic load, the average travel time in the traffic flow, recorded traffic accidents and the achieved emissions of exhaust particles and gases from traffic.

Key words: highway “Milos the Great”, traffic effects, traffic flow

Утицај изградње аутопута А2 „Милош Велики” од Београда до Прељине на величину и расподелу саобраћајних токова у утицајном подручју

Лазар Стојановић, дипл. инж. саобр., stojanoviclazar652@gmail.com

Милош Тубић, дипл. инж. саобр., tubic1701@gmail.com

Немања Степановић, дипл. инж. саобр., n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

Резиме: Изградња аутопутева, услед значајног побољшања услова саобраћаја, смањења оперативних трошкова возила, као и због смањења времена путовања, ствара услове за убрзан раст постојећих и за развој потпуно нових друштвених и економских активности у утицајном подручју аутопута. Брз раст потреба за превозом људи и робе у односу на нормалан раст, доводи и до појаве преусмереног и новоствореног саобраћаја на аутопуту. У овом раду су анализирани укупни саобраћајни токови на постојећем – старом путу и аутопуту након његове изградње и пуштања у експлоатацију. Саобраћајни токови и услови у току су анализирани на примеру случаја аутопута А2 (аутопут Милош Велики) и пута ИБ-22 (тзв. Ибарска Магистрала) од Београда до Прељине. Аутопут А2 је део европских путева Е763 (Београд – Чачак) и Е761 (Чачак – Бољаре). На делу од Београда до Прељине, аутопут А2 се пружа паралелно са путем ИБ-22. Циљ рада је анализа реално достигнутих вредности саобраћајног тока, расподеле укупних саобраћајних токова и анализа транспортног рада. Такође, спроводена је анализа резултата прогнозе саобраћаја из студије оправданости за аутопут А2. Добијени резултати показују знатан пораст укупних саобраћајних токова након изградње аутопута на путном правцу Београд – Прељина од око 40%. То указује на чињеницу да је дошло до преусмеравања токова и са осталих путева који се пружају по правцу север–југ, а што је добијено на основу анализе укупног транспортног рада. Након резултата ове квантитативне анализе у даљим истраживањима потребно је спровести анкету како би се детаљно идентификовали утицајни фактори на забележени пораст укупног протока, расподелу саобраћајних токова у ширем утицајном подручју по врстама токова (новостворени, преусмерени и нормални) и промену структуре тока.

Кључне речи: аутопут, утицајно подручје пута, расподела саобраћаја, транспортни рад

1 УВОД

Развој било ког друштва или региона, са било ког аспекта, условљен је директно развојем путне мреже која представља основ саобраћајног система. Ефикасност саобраћаја зависи управо од квалитета саме путне мреже. Изградња путева, а нарочито аутопутева значајно побољшава услове у саобраћајном току[1]. Смањивањем

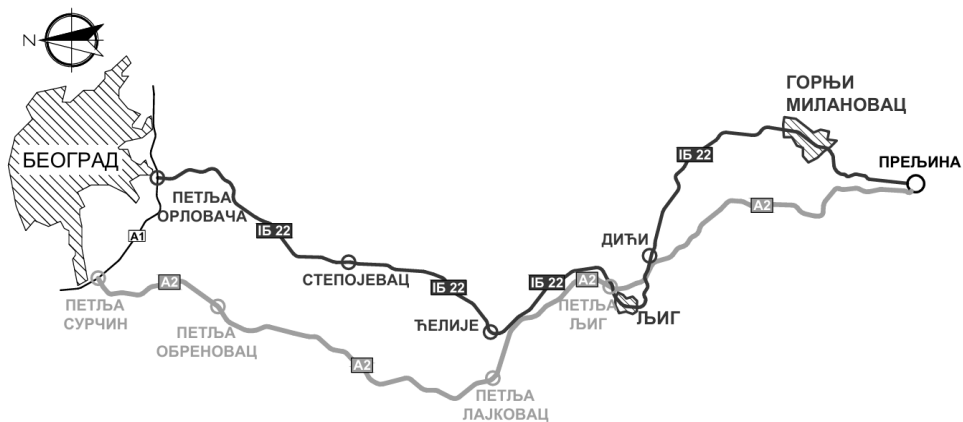
времена путовања, оперативних троškova возила (VOC), као и побољшаним условима у саобраћају, корисници се стимулишу да користе путеве највишег ранга, и на тај начин долази до појаве преусмереног саобраћаја у широј утицајној зони и индукованог (новоствореног) саобраћаја. Такође, ствара се услов за убрзан раст постојећих и потпуно нових друштвених и економских активности у утицајном подручју аутопута. Појављује се економски вишак кроз уштеду времена путовања и VOC, јер возачи користе нови аутопут, уместо постојеће путне мреже која је мање ефикасна [2].

У постојећем стању пут IB 22 је двотрачни са великим бројем приступних тачака, укрштања, пролазака кроз насељена места и неадекватаном геометријом пута. На потезу Београд – Чачак простире се трасом европског пута E-763, а на потезу од Чачка до граничног прелаза са Црном Гором (Мехов Крш), трасом европског пута E-761. Потез државног пута IB 22, који је предмет анализе у раду, од Београда до Прељине састоји се од 22 саобраћајне деонице.

Аутопут A2 „Милош Велики” представља један од најважнијих путних праваца у Републици Србији, пошто повезује Београд са јужним и западним делом Србије и део је европске мреже путева E-763 (Београд – Чачак) као и E-761 (Чачак – Бољаре). У 2024. години, пут је у експлоатацији од Сурчина (Београд) до Паковраће (Чачак), док је у изградњи остатак аутопута који ће повезати Београд са Црном Гором. Аутопут Милош Велики је пуштен у експлоатацију кроз три фазе, и састоји се од 6 саобраћајних деоница. Први путни потез од Љига до Прељине је пуштен 07.11.2016. године, други путни потез је пуштен 18.08.2019. године од Обреновца до Љига, а трећи путни потез од Сурчина до Обреновца, чиме је комплетиран планирани потез аутопута „Милош Велики”, пуштен је крајем 2019.године. [1]

За потребе даље анализе, два посматрана путна правца су подељена на потезе, на основу доминантног карактера саобраћајног тока. Државни пут IB реда од петље Орловача (Београд) до Прељине је подељен на 6 потеза, односно: петља Орловача – Степојевац; Степојевац – Ћелије; Ћелије – Љиг; Љиг – Дићи; Дићи – Горњи Милановац и Горњи Милановац – Прељина. Аутопут „Милош Велики” подељен је на 4 потеза: петља Сурчин – петља Обреновац; петља Обреновац – петља Лајковац; петља Лајковац – петља Љиг и петља Љиг – петља Прељина. На слици 1 приказан је шематски приказ поделе анализираних путних праваца на потезе.

Предмет овог рада јесте анализа прерасподеле саобраћајних токова са државног пута IB 22 познатијег као „Ибарска магистрала”, на новоизграђени потез аутопута A2 „Милош Велики” од Београда до Прељине. Саобраћајне деонице које су анализиране на државном путу IB реда 22 представљају алтернативу аутопуту A2. У овом раду је извршена упоредна анализа пре и после отварања аутопута A2 „Милош Велики” у периоду од 2013. до 2023. године, кроз промену ПГДС-а и транспортног рада.



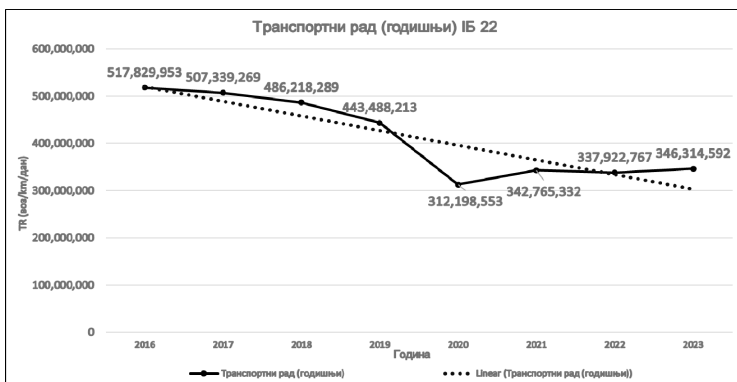
Слика 2: Шематски приказ државног пута IB 22 и аутопута A2

2 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На графиконима 1 и 2 приказана је анализа просечног годишњег транспортног рада по потезима за Ибарску магистралу и аутопут Милош Велики. Такође, извршена је упоредна анализа прогнозираног саобраћаја на путу IB 22 у сценарију да није изграђен аутопут A2, са реалним оствареним саобраћајем у сценарију у ком је изграђен аутопут A2 (Графикон 3.). На графикону 4 приказана је упоредна анализа прогнозираних вредности ПГДС-а из референтних студија и остварених вредности ПГДС-а у 2023. години.

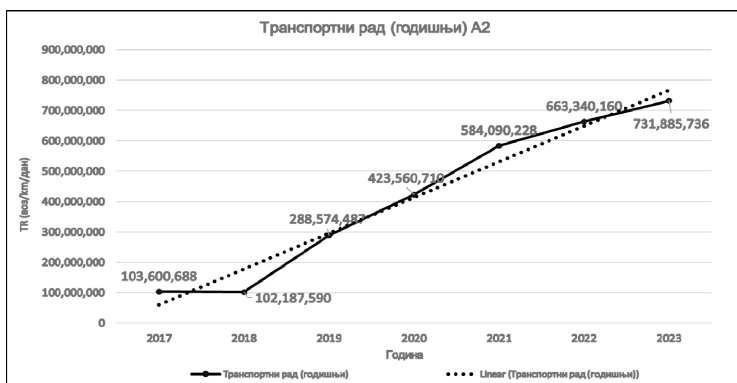
Све наведене анализе у наредним поглављима спроведене су коришћењем званичних база Јавног предузећа „Путеви Србије“ о бројању саобраћаја у Републици Србији [5].

На графикону 1 приказан је остварени просечни годишњи транспортни рад за анализирани потез на државном путу IB 22 од Орловаче до Прељине, по годинама. У анализу су укључене вредности просечног годишњег транспортног рада од 2016. године, када је први потез аутопута A2 (петља Љиг – петља Прељина) пуштен у експлоатацију. На основу резултата са графикона, може се доћи до закључка да од 2017. године постоји тренд опадања транспортног рада. Разлог оваквом резултату може се пронаћи у изградњи прве фазе аутопута A2, односно деонице петља Љиг – петља Прељина. У 2017. години долази до малог пада транспортног рада од 2% у односу на претходну годину. У 2018. и 2019. години наставља се тренд опадања транспортног рада од 4% и 9%, респективно. У 2020. години долази до значајног пада транспортног рада на разматраном потезу од 30%. Постоје два разлога због којих постоји значајан пад, а то могу бити пандемија COVID-19 која је подразумевала забрану кретања и отварање последње фазе аутопута A2 од Сурчина до Обреновца, чиме је компетиран потез аутопута од Београда до Прељине. Комплетирање потеза аутопута од Београда до Прељине довело је до значајних уштеда у погледу времена путовања и осталих трошкова корисника, због чега већи део саобраћајних токова прелази на A2.



Графикон 1: Транспортни рад на ИБ 22 од Орловаче до Прељине од 2016. до 2023. год.

У 2021. години са престанком забране кретања долази до повећања просечног годишњег транспортног рада од 10%. Претпоставка је да је разлика између транспортног рада у 2019. години и 2021. години пребачена на аутопут Милош Велики. У 2022. години постоји пад од 1,4% транспортног рада што представља последње кориснике који прелазе на аутопут А2. Претпоставља се да су у 2023. години на анализираном потезу пута ИБ 22 доминантно остала локална и изворно – циљна кретања. Пораст од око 3% у односу на 2022. годину, одговара просечном расту степена моторизације на годишњем нивоу.

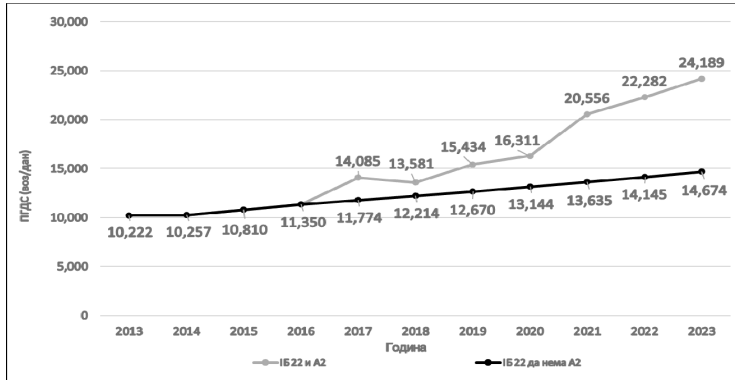


Графикон 2: Транспортни рад на аутопуту А2 „Милош Велики“ од 2017. до 2023. год.

На графикону 2 приказан је просечан годишњи транспортни рад на аутопуту А2 „Милош Велики“ од 2017. до 2023. године на потезу од Београда до Прељине. На основу резултата са графикона може се доћи до закључка да је транспортни рад на аутопуту А2 у сталном порасту. Најзначајнији пораст транспортног рада је у 2019. години, у години у којој је комплетиран цео потез аутопута, иако су друга и трећа фаза аутопута отворене у истој години и већ тада се види утицај отварања аутопута А2. У 2020. години и поред пандемије COVID-19 и забране кретања, дошло је до пораста од 47% у односу на 2019. годину.

Најзначајнији удео у порасту транспортног рада има теретни саобраћај и генерално повећана потреба за транспортом робе. У току 2021. године забележен је

пораст од 38% у односу на 2020. Годину. Разлог томе је што поред преласка са државног пута ИБ 22 на аутопут А2, важан удео има и преусмерени саобраћај са шире мреже и индуковани саобраћај. Од 2022. до 2023. године, транспортни рад је у константом порасту од 12%.

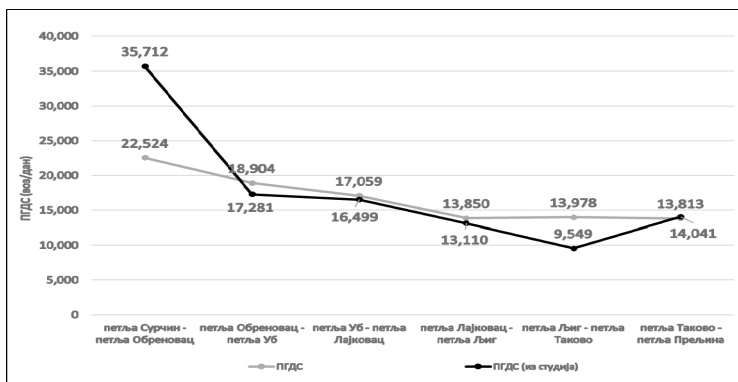


Графикон 3: Анализа укупног просечног ПГДС-а кроз два сценарија

На графикону 3 приказана је упоредна анализа укупног просечног ПГДС-а са државног пута ИБ 22 и аутопута А2 „Милош Велики“ у постојећем стању, као и прогнозираног ПГДС-а на државном путу ИБ 22 у сценарију у ком није изграђен аутопут. За потребе прогнозе саобраћаја на путу ИБ 22 усвојена је просечна стопа раста од 3,8% која је прорачуната за период од 2013. до 2017. године, односно пре пуштања у експлоатацију прве фазе аутопута А2, па све до 2023. године. Од пуштања у експлоатацију прве фазе аутопута, укупан реалан ПГДС на аутопуту А2 и ИБ 22 је већи од прогнозираног на путу ИБ 22 у сценарију у ком није изграђен аутопут А2. У 2021. години после пандемије COVID-19 и годину дана након отварања планираног потеза аутопута од Београда до Прељине долази до најзначајнијег пораста укупног ПГДС-а на ИБ 22 и аутопуту А2 од 21% у односу на 2020. годину. У првој години након комплетирања планираног потеза аутопута А2, најзначајнији пораст је био очекиван у 2020. години, међутим због пандемије COVID-19 очекивани пораст је померен за 2021. годину. У 2022. и 2023. години ПГДС је у просечном порасту од око 8%.

На графикону 4 приказана је упоредна анализа прогнозираних вредности ПГДС-а из референтних студија и остварених вредности ПГДС-а у 2023. години. Из прве референтне студије [3] узет је прогнозиран саобраћај за деонице од петље Обреновац до петље Прељина, док су из друге студије [4] узети подаци за прву деоницу петља Сурчин – петља Обреновац.

Одабране референтне студије су укључене у анализу због тога што се код прве студије разликовала прва деоница аутопута А2, а траса осталих деоница је остала иста и из тог разлога су из друге студије узети подаци за прву деоницу аутопута. Одступање у вредности ПГДС-а за деоницу петља Сурчин – петља Обреновац између прогнозираног и оствареног ПГДС-а у 2023. години је 37%. За остале деонице разлика између прогнозираног и оствареног ПГДС-а је просечно 10%, с тим да је највећа разлика на деоници петља Љиг – петља Таково где је прогнозиран ПГДС мањи од оствареног за 32%.



Графикон 4: Анализа прогнозираног и оствареног саобраћаја у 2023. год. на А2

Упоредном анализом прогнозираног и оствареног ПГДС-а, друга референтна студија је направила значајно одступање у прогнози ПГДС-а за аутопут А2 за 2023. годину. Прва студија има просечно одступање од око 10% за осталих пет деоница, што је релативно мало одступање, изузев значајне разлике за деоницу петља Љиг – петља Таково која износи 32%. Уколико би се изузела разлика за претходно наведену деоницу, просечно одступање за прву референтну студију би било око 5%.

3 ЗАКЉУЧАК

Државни пут IB 22 је двотрачни пут који се простире се од Београда до граничног прелаза са Црном Гором, а карактерише га велики број приступних тачака, укрштања, пролазака кроз насељена места и неадекватна геометрија пута. Све претходно наведено је довело до тога да Ибарска магистрала не може да одговори постојећим саобраћајним захтевима са задовољавајућим нивоом услуге.

Аутопут А2 „Милош Велики“ представља један од најважнијих путних праваца у Републици Србији, пошто повезује Београд са јужним и западним делом Србије и део је европске мреже путева Е-763 (Београд – Чачак) као и Е-761 (Чачак – Бољаре).

Циљ овог рада јесте анализа прерасподеле саобраћајних токова са државног пута IB 22 познатијег као „Ибарска магистрала“, на новоизграђени потез аутопута А2 „Милош Велики“ од Београда до Прељине. Саобраћајне деонице које су анализирале на државном путу IB реда 22 представљају алтернативу аутопуту А2. Извршена је упоредна анализа пре и после отварања аутопута А2 „Милош Велики“ у периоду од 2013. до 2023. године, кроз промену ПГДС-а и транспортног рада.

Постоје два разлога због којих постоји значајан пад ПГДС-а у 2020. години на Ибарској магистрала, а то су утицај пандемије COVID-19 и отварање аутопута А2. Након престанка пандемије COVID-19, пут IB 22 никад није достигао саобраћај од претходних година, а на аутопут А2 су, по комплетирању потеза, у највећој мери прешла даљинска кретања, док су на Ибарској магистрала остала доминантно локална и изворно-циљна кретања. Анализом тренда ПГДС-а у годинама након пандемије COVID-19 установљено је да пандемија није имала толико јак утицај на саобраћај на путу IB 22, као на осталим ванградским путевима сличног карактера.

Саобраћај на аутопуту „Милош Велики“ је у сталном порасту који је пратио отварање деоница по фазама.

На основу претходно спроведене анализе може се закључити да је изградња аутопута А2 „Милош Велики“ оправдана са саобраћајног аспекта. Досадашњи трендови раста саобраћаја на аутопуту А2 указују на то да је стопа раста саобраћајних захтева знатно већа од просечне стопе раста на осталим значајним путним правцима. Такође, постоји потенцијал да се овај тренд настави и у будућности, с обзиром на то да аутопут А2 није изграђен у целини и да се очекује изградња и пуштање у експлоатацију деонице Прељина-Пожега, а касније и потеза ка Црној Гори.

За потребе овог истраживања анализирана су два сценарија, односно први сценарио који подразумева да није дошло до изградње аутопута А2 и други у ком је изграђен аутопут. Према првом сценарију, у ком није изграђен аутопут, просечан ПГДС на потезу од Београда до Прељине пута ИБ 22 би износио 14,674 воз/дан у 2023. години. Према другом сценарију, реалан просечан ПГДС на анализираном потезу аутопута А2 и пута ИБ 22 комбиновано износи 24,189 воз/дан. На основу претходно наведеног може се закључити да разлику између просечних вредности ПГДС-а у посматраним сценаријима представља саобраћај који је преусмерен са других путева у широј утицајној зони аутопута А2 и индуковани (новостворени) саобраћај, који чине око 40% од комбиноване вредности ПГДС-а на ова два пута. Осталих 60% представља саобраћај који је преусмерен са пута ИБ 22. Како би се утврдио тачан однос преусмереног саобраћаја са других путева и индукованог саобраћаја, неопходно је спровести детаљнију анализу утицаја на прераспodelу саобраћаја са других путева на аутопут А2 „Милош Велики“. Поред саобраћаја који је преусмерен са остатка путне мреже треба узети у обзир и индуковани саобраћај који се у највећој мери базира на снажном привредном и туристичком потенцијалу утицајне зоне аутопута А2.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Степановић Н., Андријанић И. и др., „Анализа расподеле саобраћајних токова са Ибарске магистрале на аутопут „Милош Велики“ на потезу Београд – Прељина“, зборник радова Конгрес о путевима, 2022. година.
- [2] Главић Д. „Утицај изградње аутопута на величину и расподелу саобраћајних токова: пример случаја аутопута А2 у Србији“, Часопис „Пут и саобраћај“, 2023. година.
- [3] „Идејни пројекат – Студија оправданости аутопут Е-763“, Сурчин – Обреновац, ЦИП – Београд, 2017. год.
- [4] „Идејни пројекат – Студија оправданости за аутопут Е-763, Београд – Јужни Јадран“, Институт са путеве, Београд, 2010. год
- [5] Јавно предузеће „Путеви Србије“, „Бројање саобраћаја на државним путевима Републике Србије 2013-2023“.

SUMMARY

The impact of the construction of the A2 “Miloš Veliki” highway from Belgrade to Preljina on the size and distribution of traffic flows in the affected area

Abstract: The construction of highways, due to the significant improvement of traffic conditions, the reduction of vehicle operating costs, as well as the reduction of travel time, creates conditions for the accelerated growth of existing and for the development of completely new social and economic activities in the influential area of the highway. The rapid growth of the need for the transportation of people and goods compared to normal growth, also leads to the emergence of newly created traffic on the highway. In this paper, the total traffic flows on the existing – old road and highway after its construction and commissioning were analyzed. Traffic flows and current conditions were analyzed on the example of the A2 highway (the Miloš Veliki highway) and the IB-22 road (the so-called Ibarska Magistrala) from Belgrade to Preljina. Highway A2 is part of the European roads E763 (Belgrade – Čačak) and E761 (Čačak – Boljare). On the part from Belgrade to Preljina, the A2 highway runs parallel to the IB-22 road. The aim of the work is the analysis of realistically achieved traffic flow values, the distribution of total traffic flows and the analysis of transport work. Also, an analysis of the traffic forecast results from the feasibility study for the A2 highway was carried out. The obtained results show a significant increase in total traffic flows after the construction of the highway on the road direction Belgrade – Preljina of about 40%. This indicates the fact that there was a redirection of flows from other roads extending in the north-south direction, which was obtained based on the analysis of the total transport work. After the results of this quantitative analysis, in further research it is necessary to conduct a survey in order to identify in detail the influencing factors on the recorded increase in the total flow, the distribution of traffic flows in the wider influence area by types of flows (newly created, diverted and normal) and the change in the structure of the flow.

Key words: highway, road influence area, traffic distribution, transport work

Preraspodela saobraćajnih tokova na potezu državnog puta IB-22 od Dića do Nevada nakon izgradnje poteza autoputa IA-A2 od Beograda do Preljine

Miroslav Jovanović, Saobraćajni institut CIP d.o.o., Beograd,
miroslav.jovanovic@sicip.co.rs

Petar Đapić, Saobraćajni institut CIP d.o.o., Beograd, petar.djapic@sicip.co.rs

Rezime: Potez državnog puta IB-22 od Beograda preko graničnog prelaza Mehov Krš do Crne Gore (Ibarska magistrala) predstavlja deo podužne putne mreže i jedan je od najznačajnijih putnih pravaca Republike Srbije, povezujući Beograd sa južnim i zapadnim delom Srbije, a potom i sa Crnom Gorom. Usled prolaska dela trase državnog puta IB-22 kroz naselja, dolaze do izražaja uticaji aktivnosti koje se odvijaju unutar njih, prvenstveno na uslove u saobraćajnom toku. Zbog dostignutih i očekivanih problema u odvijanju saobraćajnog toka, pre svega usled porasta obima saobraćaja i niskog nivoa bezbednosti saobraćaja, izraženog mešanja tranzitnih i lokalnih saobraćajnih tokova, pojave uskih grla i niskih brzina na prilazima kroz naseljena mesta, pristupilo se izradi projekta za autoputski pravac Beograd-Južni Jadran, a potom i izgradnji. Posmatrani koridor ostvaruje najkraću vezu sa Zapadnom Srbijom, Crnom Gorom i preko luke Bar pomorskim vezama sa mediteranskim zemljama. Prva deonica Ljig-Preljina je puštena u eksploataciju krajem 2016. godine, a krajem 2019. godine je puštena u eksploataciju deonica Surčin-Obrenovac čime je kompletiran potez autoputa IA-A2 Surčin-Preljina.

S obzirom na veliki saobraćajni, ekonomski i privredni značaj pomenutog putnog pravca, autori rada su pristupili analizi preraspodele ukupnih saobraćajnih tokova koja se desila sa postojećeg državnog puta IB-22 na novoizgrađeni autoput IA-A2, potez od Ljiga do Takova, sa ciljem sagledavanja uticaja novoizgrađenog dela putne mreže na saobraćajne tokove.

Ključne reči: saobraćajni tok, preraspodela, PGDS

1 UVOD

Državni put IB-22 predstavlja deo podužne veze u putnoj mreži Republike Srbije i prostire se u Šumadiji i zapadnoj Srbiji povezujući Beograd preko graničnog prelaza Mehov Krš sa Crnom Gorom. Trasa predmetnog poteza državnog puta IB-22 od Dića do Gornjeg Milanovca (Nevada) je većinski van naseljenih mesta, sa sporadičnim ukrštajima sa državnim putevima nižeg ranga, odnosno mrežom lokalnih saobraćajnica.

U cilju otklanjanja vrlo nepovoljnih uslova saobraćaja na državnom putu IB-22, koji se ispoljavaju kroz pojavu uskih grla i nižeg nivoa bezbednosti saobraćaja, javile su se realne potrebe za realizacijom projekta i izgradnje autoputa Beograd-Južni Jadran. Autoput IA-A2 dužine oko 269km, predstavlja vezu između Srbije i Crne Gore, odnosno Beograda i Južnog Jadrana i deo je međunarodnog putnog pravca koji se proteže od Temišvara, preko

Vršca, Beograda, Čačka, Požege, Podgorice do Bara, a morskim putem preko Jadrana biće povezan sa Barijem u Italiji.

U ovom radu su prikazani rezultati analize preraspodele saobraćajnih tokova, na potezu državnog puta IB-22 od Dića do Gornjeg Milanovca (Nevada) i na novoizgrađenom potezu autoputa IA-A2 od Ljiga do Takova, kako bi se identifikovale promene u PGDS-u s obzirom na dominantno učešće tranzitnih tokova.

2 ANALIZA DOSTIGNUTIH SAOBRAĆAJNIH TOKOVA

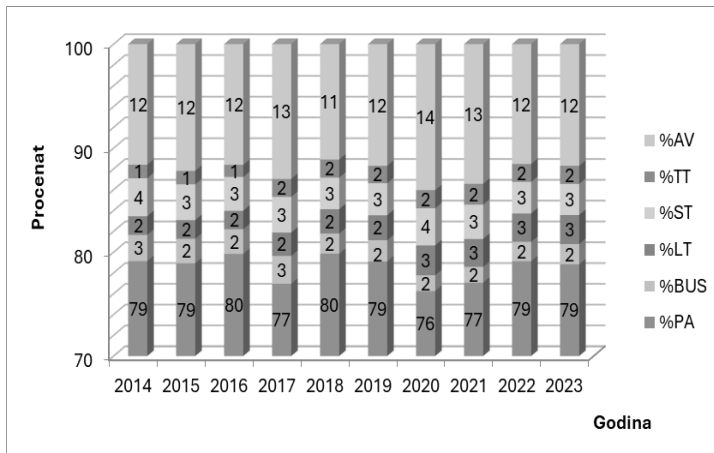
Na osnovu rezultata brojanja saobraćaja na deonicama državnih puteva, koji su preuzeti iz publikacija JP „Putevi Srbije”, izvršena je analiza dostignutih saobraćajnih tokova. [1] Na predmetnom potezu IB-22, analiza je urađena uz objedinjavanje tri deonice, Dići-Ugrinovci, Ugrinovci-Bućin Grob i Bućin Grob-Gornji Milanovac (Nevade). Imajući na umu da između tih deonica nema velikih promena u PGDS-u, prikazane vrednosti PGDS-a (prosečan godišnji dnevni saobraćaj) su ponderisane.

U tabeli 1 je prikazana istorijska promena saobraćajnih zahteva na potezu državnog puta IB-22 od Dića do Gornjeg Milanovca (Nevada), kao i struktura saobraćajnog toka za vremenski period od 2014. do 2023. godine.

Tabela 1: Struktura saobraćajnog toka i PGDS na potezu IB-22 od Dića do Gornjeg Milanovca (Nevada) za vremenski period od 2014. do 2023. godine

Godina	PA	BUS	LT	ST	TT	AV	PGDS	Δ (%)
2014	5758	184	130	266	95	844	7277	0,00
2015	6123	184	139	267	101	946	7760	6,63
2016	6035	179	134	245	88	878	7560	-2,58
2017	2656	92	77	118	59	448	3451	-54,35
2018	2764	67	81	105	60	384	3462	0,33
2019	2569	66	78	100	55	380	3248	-6,18
2020	2093	42	79	98	48	386	2745	-15,51
2021	2428	48	85	104	63	423	3151	14,79
2022	2312	55	80	89	50	337	2922	-7,25
2023	2385	59	85	90	53	354	3026	3,54

Na osnovu rezultata iz tabele 1 i sa grafika 1. uočava se da se tokom posmatranog perioda struktura toka nije značajnije menjala i da najveće učešće imaju putnički automobili (oko 79%), što je bilo i očekivano. Ono na šta je važno obratiti pažnju je procentualno učešće autovozova kojih ima znatno više od svih ostalih kategorija i koje osciluje oko približne vrednosti od oko 12%. Ova činjenica pokazuje važnost deonice kao tranzitnog pravca. Nasuprot tome, ostale kategorije vozila uzimaju veoma mali procenat učešća, što samo potvrđuje prethodno iznesenu činjenicu.



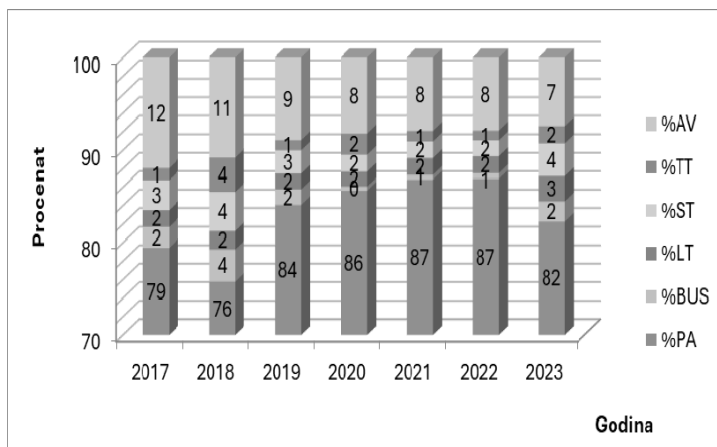
Grafik 1: Struktura saobraćajnog toka na potezu IB-22 od Dića do Gornjeg Milanovca (Nevada) za vremenski period od 2014. do 2023. godine

U tabeli 2 je prikazana istorijska promena saobraćajnih zahteva na potezu državnog puta IA-A2 od Ljiga do Takova, kao i struktura saobraćajnog toka za vremenski period od 2017. do 2023. godine.

Tabela 2: Struktura saobraćajnog toka i PGDS na potezu IA-A2 od Ljiga do Takova za vremenski period od 2017. do 2023. godine

Godina	PA	BUS	LT	ST	TT	AV	PGDS	Δ (%)
2017	5084	144	116	208	83	765	6400	0,00
2018	4776	221	125	267	234	681	6304	-1,50
2019	6041	122	122	182	79	640	7186	13,99
2020	7312	39	137	157	196	700	8541	18,86
2021	10091	61	212	209	133	919	11625	36,11
2022	11424	83	242	226	138	1035	13148	13,10
2023	11499	306	382	497	260	1035	13979	6,32

Na osnovu rezultata iz tabele 2 i sa grafika 2. uočava se da najveće učešće imaju putnički automobili tokom celokupnog perioda, na šta u velikoj meri utiču i daljinska turistička kretanja tokom letnjih meseci. Učešće PA ima izražen rastući trend od 2018. godine, usled puštanja u eksploataciju novoizgrađenog dela autoputa, 18.08.2019. godine, potez od Obrenovca do Ljiga i kompletiranja celog poteza autoputa 18.12.2019., od Surčina do Preljine. Sagledavanjem strukture vozila, uočava se da se broj teških teretnih vozila za 2018. godinu znatno povećao u odnosu na 2017. godinu, za 151 vozila. 2019. godine sledi nagli pad u broju teških teretnih vozila za 155 vozila, uz napomenu da su podaci iz 2017., 2018. i 2019. godine dobijeni procesom interpolacije. Ukoliko se sagledaju i podaci iz perioda od 2020. do 2023. godine, kada su publikovani podaci dobijeni sa naplate putarine, još više se mogu dovesti u pitanje podaci koji su dati za period 2017.-2019. Procentualno učešće autovozova se smanjuje tokom posmatranog perioda usled porasta broja putničkih automobila, ali se broj autovozova po godinama konstantno povećavao.



Grafik 2: Struktura saobraćajnog toka na potezu IA-A2 od Ljiga do Takova za vremenski period od 2017. do 2023. godine

3 ANALIZA PRERASPODELE SAOBRAĆAJNIH TOKOVA

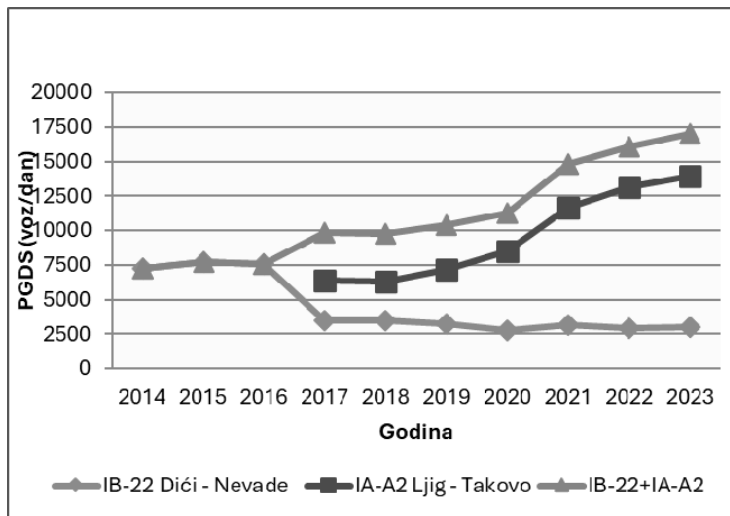
Na osnovu rezultata iz tabele 3 i sa grafika 3 uočava se blagi porast PGDS-a od 2014. do 2015. godine. Nakon 2015. godine neznatan pad u PGDS-u na predmetnom potezu državnog puta IB-22 najavljuje početak eksploatacije deonice autoputa IA-A2 od Ljiga do Preljine, koja je otvorena za saobraćaj 07.11.2016. godine, a čije su se posledice značajno odrazilile nakon 2016. godine. Promena u vrednostima PGDS-a je očigledna u prvoj godini eksploatacije autoputske deonice Ljig-Takovo, kada dolazi do pada PGDS-a na IB-22 za čak 54,35% odnosno sa 7560 voz/dan na 3451 voz/dan (4109 voz/dan). Zatim sledi blagi porast PGDS-a, da bi tokom 2019. godine došlo do pada PGDS-a od 6,18% usled kompletiranja celog poteza autoputa od Surčina do Preljine. Na još izraženiji pad PGDS-a od 15,51% je uticala i pandemija COVID-a, koja je značajno uticala, pre svega, na međunarodne tranzitne tokove i na domaće daljinske tokove cele 2020. godine. Tokom 2021. godine nastupila je faza oporavka od ograničenja u kretanju, što svedoči i vraćanje PGDS-a na vrednosti približne onima iz 2019. godine (porast PGDS-a od 14,79%). Tokom 2022. i 2023. godine, PGDS pokazuje manje oscilacije oko približne vrednosti od oko 3000 voz/dan, s obzirom da se radi o tokovima bez značajnijeg učešća tranzitnog saobraćaja.

Tabela 3: Uporedni prikaz promene prosečno ostvarenog PGDS-a za vremenski period od 2014. do 2023.god

Godina	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
IB-22 Diči - Nevada	7277	7760	7560	3451	3462	3248	2745	3151	2922	3026
Δ (%)	0,00	6,63	-2,58	-54,35	0,33	-6,18	-15,51	14,79	-7,25	3,54
IA-A2 Ljig - Takovo				6400	6304	7186	8541	11625	13148	13979
Δ (%)				0,00	-1,50	13,99	18,86	36,11	13,10	6,32
IB-22+IA-A2	7277	7760	7560	9851	9766	10434	11286	14776	16070	17005
Δ (%)	0,00	6,63	-2,58	30,31	-0,86	6,84	8,16	30,92	8,76	5,82

Na potezu IA-A2 od Ljiga do Preljine, kompletiranje poteza autoputa od Surčina do Preljine uslovalo je porast PGDS-a od 13,99% u 2019. i 18,86% u 2020. godini (uprkos dešavanjima tokom pandemije), da bi u 2021. godini PGDS porastao 36,11%. Redom, promene PGDS-a na autoputskoj deonici su bila: 96/882/1355/3084/1523/831 voz/dan. Pri tome, godišnje stope porasta na posmatranim deonicama su posle 2018. god. bitno drugačijih trendova: autoputska deonica ima izražene pozitivne stope (oko 14,48%), dok put nižeg ranga beleži minimalne promene, uključujući i negativne stope.

Interesantno je napomenuti da je sabiranjem PGDS-a u 2023. godini dobijena vrednost od 17005 voz/dan, što bi značilo da je sa početnih 7560 voz/dan PGDS dostigao 17005 voz/dan u roku od sedam godina uz prosečnu godišnju stopu porasta od oko 12,85%. Prikazani podaci ukazuju na činjenicu da je autoput privukao nove saobraćajne tokove u vidu novonastalog i preusmerenog saobraćaja (kako tranzitne tako i izvorno-ciljne saobraćajne tokove).



Grafik 3: Upporedni prikaz promene PGDS-a za vremenski period od 2014. do 2023. godine

4 ZAKLJUČAK

Prikazana analiza je potvrdila prelazak tokova sa državnog puta IB-22, potez od Dića do Gornjeg Milanovca (Nevada), na novoizgrađeni autoput IA-A2, potez od Ljiga do Takova. Rezultati su pokazali da su saobraćajni tokovi u potpunosti odražavali promene uzrokovane puštanjem u eksploataciju deonica autoputa IA-A2. Značajna su odstupanja u stopama rasta PGDS-a na IA-A2, sa dostizanjem maksimalne vrednosti od 36,11% u 2021. godini (porast PGDS-a od 3084 voz/dan). Sa druge strane, na predmetnom potezu IB-22, kao posledica otvaranja prve deonice autoputa IA-A2 2016. godine, primetan je nagli pad PGDS-a od 54,35% (4109 voz/dan) u 2017. godini. Za vremenski period 2017.-2023., prosečna negativna stopa PGDS-a na IB-22 je iznosila oko 9,23%.

Sličnu analizu je smisleno sprovesti i nakon izgradnje preostalih deonica autoputa do Požege, a potom i kompletiranja planiranog koridora IA-A2 do Crne Gore, odnosno Jadranskog primorja, čime bi se upotpunilo razumevanje značaja pomenutog autoputa.

Analiza bi mogla da obuhvati i uporedni prikaz realno dostignutih (ostvarenih) i Studijom prognoziranih saobraćajnih tokova i rezultata Studije Opravdanosti (Ex-post analiza), kao i detaljnu analizu preusmerenog i novonastalog saobraćaja.

LITERATURA

- [1] Publikacija brojanja saobraćaja na putevima Republike Srbije, JP „Putevi Srbije”, Beograd, 2014.-2023.

SUMMARY

Redistribution of traffic flows on the section of the state road IB-22 from Dić to Nevada after the construction of the part of the IA-A2 highway from Belgrade to Preljina

Abstract: The IB-22 road section from Belgrade to Montenegro through the Mehov Krš border crossing (Ibarska magistrala) is part of the longitudinal road network and is one of the most important road routes of the Republic of Serbia, connecting Belgrade with the southern and western parts of Serbia, and then with Montenegro. Due to the routing of part of the state road IB-22 through the settlements, the effects of the activities that take place there come to the fore, primarily on the conditions of the traffic flow. Due to the achieved and expected problems in the development of the traffic flow, primarily due to the increase in the volume of traffic and the low level of traffic safety, pronounced mixing of transit and local traffic flows, the appearance of bottlenecks and low speeds on approaches through populated areas, the project for the construction of the highway Belgrade – The Southern Adriatic started. The observed corridor achieves the shortest connection with Western Serbia, Montenegro and through the port of Bar maritime connections with Mediterranean countries. The first section Ljig-Preljina was put into operation at the end of 2016, and at the end of 2019, the section Surčin-Obrenovac was put into operation, completing the section of the IA-A2 Surčin-Preljina highway.

Considering the significant traffic and economic importance of the mentioned road, the authors of this paper started the analysis of the traffic flow redistribution of the total traffic flows that happened from the existing state road IB-22 to the newly built highway IA-A2, the section from Ljig to Takovo, with the aim of assessing the impact of the newly built part of the road network to traffic flows.

Key words: traffic flow, redistribution, AADT

Analiza dostignutih saobraćajnih efekata na obilaznici Beograda nakon godinu dana eksploatacije u profilu auto-puta

Miodrag Poledica, JP „Putevi Srbije”, Beograd, midorag.poledica@putevi-srbije.rs

Ivana Subotić, JP „Putevi Srbije”, Beograd, ivana.subotic@putevi-srbije.rs

Stefan Jakšić, JP „Putevi Srbije”, Beograd, stefan.jaksic@putevi-srbije.rs

Jovan Drobnjak, JP „Putevi Srbije” Beograd, jovan.drobnjak@putevi-srbije.rs

Rezime: Puštanje u saobraćaj kompletne trase obilaznice oko Beograda, duž sektora A i B, odnosno od petlje „Batajnica” do petlje „Bubanj Potok” u profilu auto-puta, predstavlja istorijski trenutak i jedan od najznačajnijih poduhvata u modernoj istoriji razvoja saobraćajne infrastrukture u Republici Srbiji. Osnovni značaj i cilj obilaznice Beograda ogleda se u vođenju tranzitnog saobraćaja van gradskog područja, kako bi se rasteretila saobraćajna infrastruktura u gradskom području i poboljšali uslovi odvijanja, odnosno funkcionisanja saobraćaja. Nakon prvih godinu dana od dana puštanja kompletne trase obilaznice u saobraćaj, odnosno prvih godinu dana eksploatacije ove saobraćajnice, izvršena je analiza saobraćajnih efekata koji su dostignuti. Analizirani efekti predstavljaju uslove odvijanja saobraćaja koji su omogućeni puštanjem u saobraćaj obilaznice oko Beograda. Uslovi saobraćaja koji su analizirani i koji su predstavljeni u nastavku, ogledaju se u dostignutom saobraćajnom opterećenju, prosečnom vremenu putovanja u saobraćajnom toku, evidentiranim saobraćajnim nezgodama i dostignutim emisijama štetnih čestica i gasova od saobraćaja.

Ključne reči: obilaznica Beograda, auto-put, saobraćajni efekti, saobraćajni tok

1 UVOD

Izgradnja obilaznica oko gradova najčešće je inicirana ciljem da se rastereti unutrašnja gradska mreža puteva i ulica, koja usled nedostatka obilaznica, između ostalog, generiše i veliki broj tranzitnih kretanja motornih drumskih vozila. Međutim, značaj izgradnje obilaznice nije prepoznat samo u domenu izmeštanja prvenstveno tranzitnog saobraćaja iz urbanog područja, već se i drugi aspekti saobraćaja mogu značajno unaprediti, poput smanjenja vremena putovanja, smanjenja saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima i smanjenja emisija štetnih čestica i gasova od saobraćaja.

Obilaznica Beograda u profilu auto-puta, predstavlja novi primarni pravac kretanja za tranzitni saobraćaj, nakon ranije korišćenog moto-puta koji prolazi kroz područje grada. Ujedno, deonice obilaznice Beograda predstavljaju nove deonice na trasi državnog puta A1, koji predstavlja deo transe panevropskog koridora – Koridor X. Imajući u vidu da je obilaznica Beograda izgrađena u profilu auto-puta, važno je napomenuti da auto-putevi predstavljaju saobraćajnice za kretanje drumskih motornih vozila sa najkomfortnijim tehničko-eksploatacionim karakteristikama puta, što u saobraćajnom smislu omogućava velike brzine kretanja, a samim tim i kraće vreme putovanja. Pored toga, karakteristike profila auto-puta ispunjavaju najviše postavljene standarde sa aspekta bezbednosti putne

infrastrukture, pa je u tom kontekstu karakteristično da auto-put predstavlja najbezbedniju kategoriju (vrstu) saobraćajnica, što se direktno ogleda u broju saobraćajnih nezgoda, u odnosu na ukupan broj saobraćajnih nezgoda na putnoj mreži.

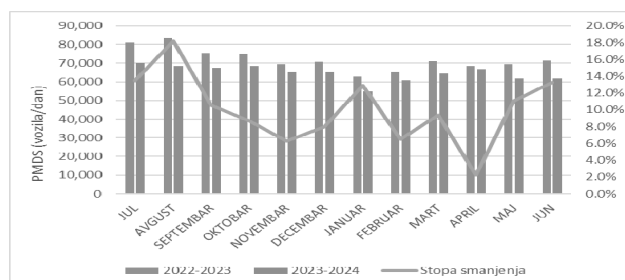
2 ANALIZA DOSTIGNUTIH SAOBRAĆAJNIH TOKOVA NA OBILAZNICI BEOGRADA

Primarno dostignuti saobraćajni efekat obilaznice Beograda u profilu auto-puta predstavlja veličina saobraćajnog toka, odnosno broj vozila. Imajući u vidu da su 29. juna 2023. godine otvorene za saobraćaj preostale deonice obilaznice Beograda, u profilu auto-puta, na relaciji putnog pravca petlja „Beograd” – petlja „Bubanj potok”, vremenski period od 1. jula 2023. godine do 30. juna 2024. godine označen je kao period od prvih godinu dana eksploatacije obilaznice Beograda. Veličina saobraćajnog toka najčešće se izražava u obliku prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja (PGDS), koji je u ovom slučaju izražen na osnovu podataka o saobraćaju za naznačeni period od prvih godinu dana eksploatacije obilaznice Beograda. U narednoj tabeli predstavljena je promena PGDS-a na svim deonicama auto-puta – obilaznica Beograda, na kojima su uspostavljeni automatski brojači saobraćaja nakon završetka izgradnje i puštanja u saobraćaj preostalih deonica obilaznice na relaciji putnog pravca petlja „Beograd” – petlja „Bubanj potok”. Analiza PGDS-a izrađena je na osnovu podataka preuzetih sa automatskih brojača saobraćaja [1].

Tabela 1: Prikaz promene PGDS-a na obilaznici Beograda nakon godinu dana eksploatacije

Deonica	GODIINA	PA	BUS	LTV	STV	TTV	AV	PGDS
petlja Beograd – petlja Surčin jug	2022/23	24,903	150	826	944	753	5,472	33,047
	2023/24	31,948	258	908	827	579	5,485	40,003
petlja Surčin jug – petlja Orlovača	2022/23	18,130	94	561	638	508	4,081	24,011
	2023/24	25,948	183	918	814	557	4,172	32,592
petlja Orlovača – petlja Avala	2022/23	10,803	39	407	522	405	3,249	15,423
	2023/24	26,183	198	779	712	462	3,794	32,127
petlja Avala – petlja Bubanj potok	2022/23	14,108	66	380	580	358	3,199	18,690
	2023/24	24,715	172	711	645	443	3,505	30,190

Prikazani podaci u prethodnoj tabeli pokazuju značajan porast prosečnog broja vozila na dan gledano po svim definisanim kategorijama vozila, ali i u zbiru. Pored toga, važno je naglasiti i doprinos obilaznice Beograda u izmeštanju prvenstveno tranzitnog saobraćaja sa moto-puta koji prolazi kroz urbano područje Beograda, a samim tim i smanjenje ukupnog saobraćaja koji se generiše na moto-putu. Na narednom grafiku predstavljen je trend promene vrednosti prosečnog mesečnog dnevnog saobraćaja (PMDS) na moto-putu kroz Beograd, u periodu od prvih 12 meseci eksploatacije obilaznice Beograda.



Grafik 1: Trend promene PMDS-a na moto-putu kroz Beograd, jul 2023 – jun 2024. godine

Na osnovu podataka prikazanih na prethodnom grafiku, zaključak je da je došlo do prosečne stope smanjenja vrednosti PMDS-a na moto-putu kroz Beograd za 10%, u odnosu na vrednosti PMDS-a u periodu poslednjih 12 meseci pre puštanja u eksploataciju obilaznice Beograda u profilu auto-puta od petlje „Beograd” do petlje „Bubanj potok”.

2.1. Analiza prosečnog vremena putovanja u saobraćajnom toku

Izgradnjom auto-puta – obilaznica Beograda, na putnom pravcu od petlje „Beograd” do petlje „Bubanj potok”, došlo je do značajnog smanjenja u prosečnom vremenu putovanja na naznačenoj relaciji. Kako bi se prikazao pun doprinos izgrađene obilaznice Beograda u profilu auto-puta, analiza prosečnog vremena putovanja izvršena je za uslove saobraćajnog toka prilikom vršnog saobraćajnog opterećenja, u periodu od godinu dana pre i nakon puštanja u eksploataciju preostalih deonica u profilu auto-puta, na naznačenom putnom pravcu. Analiza je izvršena na osnovu dostupne stručne literature za funkcionalno vrednovanje projekata obilaznica, čime je proračunato prosečno vreme putovanja u periodima merodavnog vršnog časovnog opterećenja [2]. Uporedni podaci o prosečnom vremenu putovanja trasom obilaznice Beograda i trasom moto-puta kroz Beograd [3], na naznačenom putnom pravcu, prikazani su u narednoj tabeli.

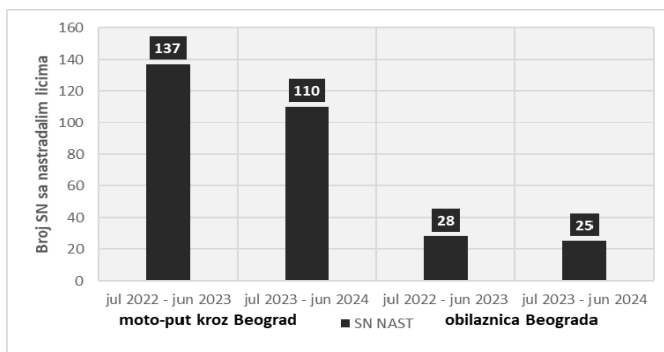
Tabela 2: Prosečno vreme putovanja na trasama obilaznice Beograda i moto-puta kroz Beograd

Saobraćajnica	Moto-put kroz Beograd	Obilaznica Beograda
Dužina trase	29.5 km	31.2 km
Prosečno vreme putovanja jul 2022 – jun 2023	56 min	44 min
Prosečno vreme putovanja jul 2023 – jun 2024	49 min	21 min

Važno je napomenuti da je pre izgradnje preostalih deonica obilaznice Beograda u profilu auto-puta, na naznačenom putnom pravcu, od tunela „Straževica” do petlje „Bubanj potok” saobraćaj funkcionisao na trasi dvotračnog državnog puta IIA reda broj 154, što je dovelo do toga da na tom delu obilaznice saobraćaj bude značajno usporen. Na osnovu rezultata opisane analize, koji su prikazani u prethodnoj tabeli, evidentirani su pozitivni efekti u domenu smanjenja prosečnog vremena putovanja, usled izmeštanja prvenstveno tranzitnog saobraćaja, u najvećoj meri, na trasu obilaznice Beograda. Rezultati uporedne analize pokazuju da je prosečno vreme putovanja na moto-putu kroz Beograd, u uslovima merodavnog vršnog saobraćajnog opterećenja, smanjeno za 7 minuta (12.5%), a na obilaznici Beograda za 23 minuta (52.3%), u periodu prvih godinu dana nakon eksploatacije obilaznice u odnosu na isti period pre puštanja u eksploataciju obilaznice u profilu auto-puta na naznačenom putnom pravcu.

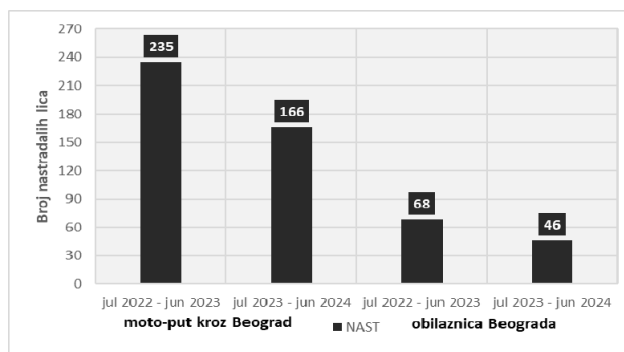
3 ANALIZA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA SA NASTRADALIM LICIMA

Saobraćajne nezgode sa nastradalim licima podrazumevaju zajedničku grupu saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima i saobraćajnih nezgoda sa povređenim licima. U osnovi, očekivani primarni doprinos izgradnje i eksploatacije deonica obilaznice Beograda, u profilu auto-puta, ogleda se u smanjenju saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima na alterantivnom pravcu – moto-put kroz područje Beograda. Analiza saobraćajnih nezgoda izvršena je na osnovu podataka dostavljenih od strane Uprave saobraćajne policije i javno dostupnih podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja [4]. Na narednom grafiku prikazana je promene broja saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima na moto-putu kroz Beograd i na obilaznici Beograda, na naznačenom putnom pravcu, u periodu od prvih godinu dana eksploatacije obilaznice Beograda u profilu auto-puta.



Grafik 2: Promena broja SN NAST na moto-putu kroz Beograd i na obilaznici Beograda

Prikazani podaci na prethodnom grafiku pokazuju značajan pad u ukupnom broju saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima u periodu nakon godinu dana eksploatacije obilaznice Beograda u profilu auto-puta, na putnom pravcu petlja „Beograd” – petlja „Bubanj potok”. Posebno je važno napomenuti da je broj saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima na obilaznici Beograda ostao gotovo isti, ali uzimajući u obzir značajan porast PGDS-a na deonicama obilaznice, evidentan je pozitivan efekat u ovom domenu. Kako bi se preciznije prikazao doprinos eksploatacije obilaznice Beograda u profilu auto-puta, na narednom grafiku prikazan je trend promene broja nastradalih lica u posmatranom vremenskom periodu.



Grafik 3: Promena broja nastradalih lica na moto-putu kroz Beograd i na obilaznici Beograda

Prikazani podaci na prethodnom grafiku jasno ukazuju na značajan pad u broju nastradalih lica u saobraćajnim nezgodama koje su se dogodile na moto-putu kroz Beograd i na obilaznici Beograda, na naznačenom putnom pravcu, nakon godinu dana eksploatacije obilaznice u profilu auto-puta.

4 ANALIZA DOSTIGNUTIH EMISIJA ŠTETNIH ČESTICA I GASOVA OD SAOBRAĆAJA

Izgradnja auto-puta – obilaznica Beograda, doprinela je redukciji emisija štetnih gasova od drumskog saobraćaja koje su generisane na moto-putu kroz područje grada Beograda, usled izmeštanja tranzitnog saobraćaja u najvećoj meri na trasu obilaznice. Usled izmeštanja tranzitnog i daljinskog saobraćaja na trasu obilaznice, došlo je do smanjenja ukupnog saobraćaja na moto-putu kroz područje Beograda. Imajući u vidu da

je znatno ranije zabranjen saobraćaj za sva teretna vozila čija je ukupna težina više od 3,5 tone na moto-putu kroz Beograd, na naznačenom putnom pravcu, efekat redukovanih emisija štetnih gasova određen je na osnovu ukupnog smanjenja broja putničkih automobila, lakih teretnih vozila i autobusa, u posmatranom vremenskom periodu. U narednoj tabeli prikazano je ukupno smanjenje broja vozila pomenutih kategorija u periodu od godinu dana nakon eksploatacije obilaznice Beograda u profilu auto-puta.

Tabela 3: Ukupno smanjen broj vozila naznačenih kategorija na moto-putu kroz Beograd

Saobraćajnica	Period	PA	BUS	LT
Moto-put kroz Beograd	jul 2023 – jun 2024	2.415.600	41.358	49.044

Prikazani podaci o smanjenom, odnosno izmeštenom saobraćaju i strukturi tog saobraćaja prema naznačenim kategorijama vozila, ukazuju na to da je došlo do direktnog smanjenja ukupnih emisija izduvni gasova i čestica na moto-putu kroz Beograd, usled eksploatacije auto-puta – obilaznica Beograda. Analiza emisija štetnih gasova izrađena je na osnovu poslednje verzije metodologije COPERT modela [5]. U narednoj tabeli prikazani su rezultati proračuna na osnovu COPERT modela za emisione polutante koji se emituju u najvećoj meri, odnosno količini. Ujedno, prikazani podaci predstavljaju smanjenje očekivanih emisija štetnih gasova i čestica od drumskog saobraćaja, koji je u naznačenom periodu, izmešten sa moto-puta kroz Beograd na auto-put – obilaznica Beograda.

Tabela 4: Količina izduvni čestica i gasova proračunata na osnovu COPERT modela

Intervali	CO2	CO	NMVOG	NO	NO2	NOx	PM 2.5	PM 10	PM TSP	VOC	UKUPNO
ukupno (t)	13503	9.9	156	20	12	32	1.91	2.77	3.74	157	13898.32
dnevno (t/dan)	36.89344	0.02705	0.42623	0.05464	0.03279	0.08743	0.00522	0.00757	0.01022	0.42896	37.97355
po kilometru (t/km/dan)	1.25063	0.00092	0.01445	0.00185	0.00111	0.00296	0.00018	0.00026	0.00035	0.01454	1.287239
po vozilu (kg/dan)	5.38826	0.00395	0.06225	0.00798	0.00479	0.01277	0.00076	0.00111	0.00149	0.06265	5.546013

5 ZAKLJUČAK

Analiza saobraćajnih efekata, koji su dostignuti usled eksploatacije auto-puta obilaznica Beograda, pokazala je značajne i vrlo pozitivne rezultate u tom domenu. Imajući u vidu značaj izmeštanja tranzitnog i daljinskog saobraćaja iz urbanog područja grada Beograda na obilaznicu, kroz rezultate analize jasno se može uvideti njen doprinos unapređenju svih parametara drumskog saobraćaja.

U posmatranom vremenskom periodu, godinu dana pre i nakon eksploatacije obilaznice Beograda u profilu auto-puta, od petlje „Beograd” do petlje „Bubanj potok”, zabeležen je značajan rast PGDS-a na svim deonicama obilaznice. Pored toga, usled izmeštanja tranzitnog i daljinskog saobraćaja na obilaznicu, utvrđeno je znatno smanjenje vrednosti PGDS-a na moto-putu kroz Beograd. Važno je napomenuti i osetnu razliku u vremenu putovanja na naznačenom putnom pravcu, koje je smanjeno na pomenutim saobraćajnicama, a značajno smanjenje je utvrđeno na trasi obilaznice Beograda.

Rezultati analize saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima pokazali su da je došlo do značajnog smanjenja u broju saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima na moto-putu kroz Beograd, usled eksploatacije auto-puta – obilaznica Beograda, pri čemu je i na trasi obilaznice došlo do blagog smanjenja broja saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima i pored značajnog povećanja prosečnog broja vozila na dnevnom nivou.

Izgradnjom obilaznice Beograda u profilu auto-puta, na naznačenom putnom pravcu, došlo je do izmeštanja tranzitnog i daljinskog saobraćaja sa moto-puta, koji na određenom delu trase prolazi i kroz urbano područje Beograda. Time je, između ostalog, u velikoj meri smanjena emisija štetnih gasova i čestica od drumskog saobraćaja, koji bi bio generisan na moto-putu kroz urbano područje Beograda, da nije u eksploataciji obilaznica Beograda, u profilu auto-puta, na naznačenom putnom pravcu.

LITERATURA

- [1] JP „Putevi Srbije”, 2024. Brojanje saobraćaja, Beograd.
- [2] Kuzović, Lj. Aleksić B. 2016. Vrednovanje projekata obilaznica. Beograd: Inženjerska akademija Srbije
- [3] JP „Putevi Srbije”, 2024. Referentni sistem državnih puteva, Beograd.
- [4] Agencija za bezbednost saobraćaja, 2024. Integrisana baza podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja, Beograd.
- [5] Leon Ntziachristos, Zisis Samaras i ostali, 2024. COPERT metodologija za proračun emisija izduvnih gasova, Evropska agencija za zaštitu životne sredine.

SUMMARY

Analysis of the achieved traffic effects on the Belgrade bypass after one year of exploitation in the highway profile

Abstract: The opening into traffic of the complete bypass route around Belgrade, along sectors A and B, i.e. from the “Batajnica” interchange to the “Bubanj Potok” interchange in the profile of the highway, represents a historic moment and one of the most significant undertakings in the modern history of the development of traffic infrastructure in the Republic of Serbia. The main importance and goal of the Belgrade bypass is reflected in the management of transit traffic outside the city area, in order to relieve the traffic infrastructure in the city area and improve the conditions for the development and functioning of traffic. After the first one year from the day the complete route of the bypass was put into traffic, i.e. the first year of exploitation of this road, an analysis of the traffic effects that were achieved was carried out. The analyzed effects represent the traffic conditions that were made possible by the opening of the bypass around Belgrade. The traffic conditions that were analyzed and presented below are reflected in the achieved traffic load, the average travel time in the traffic flow, recorded traffic accidents and the achieved emissions of exhaust particles and gases from traffic.

Key words: Belgrade bypass, highway, traffic effects, traffic flow

Analiza merenja osovinskog opterećenja teških teretnih vozila B-WIM uređajem na mreži državnih puteva

Ivana Andrijanić, Javno preduzeće „Putevi Srbije”, ivana.andrijanic@putevi-srbije.rs

Marko Bajić, Javno preduzeće „Putevi Srbije”, marko.bajic@putevi-srbije.rs

Ivana Kuljanin, Javno preduzeće „Putevi Srbije”, ivana.kuljanin@putevi-srbije.rs

Jelena Dogandžić, Javno preduzeće „Putevi Srbije”, jelena.dogandzic@putevi-srbije.rs

Rezime: U poslednjih nekoliko decenija zabeležen je značajan porast saobraćajnog opterećenja izazvan promenama u ekonomskim, tehnološkim i društvenim aspektima. Ovo povećanje Saobraćajnog opterećenja neizbežno utiče na stanje infrastrukture a posebno na stanje mostovskih konstrukcija, izlažući elemente konstrukcije većem riziku od oštećenja i habanja. Stoga, razumevanje i praćenje veličine saobraćaja na putnoj mreži postaje esencijalno, odnosno polazna osnova za prevenciju mogućih posledica. U 2020. godini Javno preduzeće Putevi Srbije u saradnji sa Svetskom bankom uspešno je implementiralo merenje osovinskog opterećenja u pokretu na 17 lokacija na mreži državnih puteva. Nakon realizacije projekta B-WIM uređaj je postavljen na deonici puta IA reda, petlja Batajnica – petlja Beograd, i vrši kontinualno merenje osovinskog opterećenja u pokretu sve do danas. Cilj ovog istraživanja jeste analiza osovinskog opterećenja, sa fokusom na učešće vozila koja prelaze dozvoljenu težinu, odnosno preopterećenih vozila, u ukupnom saobraćajnom toku na predmetnoj deonici. Rad obuhvata dva perioda posmatranja, period pre završetka obilaznice i period nakon završetka obilaznice oko Beograda. Takođe, korišćenjem podataka sa automatskih brojača saobraćaja analizirana je promena saobraćajne slike, sa fokusom na komercijalna vozila. Analiza osovinskog opterećenja pruža dublje razumevanje saobraćajnih tokova i potencijalnih izazova koji se mogu javiti na putnoj mreži. Na osnovu rezultata istraživanja, mogu se identifikovati ključne oblasti za intervenciju i razvoj efikasnih strategija za upravljanje saobraćajem, što doprinosi boljem iskorišćenju resursa i povećanju bezbednosti saobraćaja.

Ključne reči: saobraćaj, osovinsko opterećenje, protok vozila, infrastruktura

1 UVOD

Saobraćajna infrastruktura, naročito putevi, predstavlja osnovu za funkcionisanje savremenih društava i ekonomija. Kroz proces urbanizacije i širenja industrijskih zona, kao i razvoj ruralnih područja, putevi postaju od presudnog značaja za efikasan transport robe, putnika i drugih ključnih resursa. Kvalitet i dugovečnost puteva direktno utiču na nivo usluge, bezbednost korisnika i ekonomsku stabilnost regiona. U tom kontekstu, pravilno merenje i upravljanje osovinskim opterećenjem vozila je od presudne važnosti.

Osovinsko opterećenje je deo ukupne mase vozila u horizontalnom položaju kojim njegova osovina opterećuje kolovoz u stanju mirovanja vozila. [4] Opterećenje preneseno preko osovina izaziva stres i deformaciju asfaltne površine. Na prvi pogled, opterećenje vozila može delovati kao nevažan faktor u poređenju sa drugim izazovima u upravljanju

infrastrukturu. Međutim, dugoročni efekti prekomernog opterećenja na puteve su značajni. Putevi su projektovani da izdrže određene nivoe opterećenja, a prekoračenje tih granica može izazvati deformacije, pukotine, i generalno pogoršanje stanja puta. Ove promene ne samo da utiču na kvalitet puta već imaju i uticaj na bezbednost saobraćaja i troškove održavanja. Na primer, lose stanje kolovoza može uzrokovati povećanje troškova goriva, povećanje rizika od saobraćajnih nezgoda zbog oštećenja na kolovozu, i potrebu za intenzivnijim i češćim radovima na obnovi i rehabilitaciji puteva. Osim direktnog uticaja na stanje puteva, merenje osovinskog opterećenja je takođe ključno za usklađivanje sa saobraćajnim regulativama. Mnoge zemlje, uključujući i Republiku Srbiju, imaju zakonske limite za maksimalna opterećenja koja vozila mogu preneti, kako bi se zaštitila infrastruktura i obezbedila sigurnost. U skladu sa tim regulativama, merenje opterećenja pomaže u preventivnom nadzoru i kaznenim merama za neusklađena vozila, čime se smanjuje rizik od prekomernog opterećenja i oštećenja.

U 2020. godini Javno preduzeće Putevi Srbije je u saradnji sa Svetskom bankom uspešno implementiralo merenje osovinskog opterećenja u pokretu na 17 lokacija na mreži državnih puteva. Nakon realizacije projekta B-WIM uređaj je postavljen na deonici puta IA reda, petlja Batajnica – petlja Beograd, i vrši kontinualno merenje osovinskog opterećenja u pokretu sve do danas. Rad analizira procenat vozila koja prelaze dozvoljenu težinu na deonici puta na kojoj je uređaj za merenje osovinskog opterećenja postavljen u periodima pre i nakon završetka obilaznice oko Beograda.

2 MERENJE OSOVINSKOG OPTEREĆENJA VOZILA U POKRETU

Merenje opterećenja vozila u normalnim uslovima saobraćaja (pri realnim brzinama kretanja) predstavlja najrazvijeniji sistem za ovu vrstu merenja. WIM sistemi imaju mogućnost da dostavljaju detaljne informacije u realnom vremenu bez ometanja saobraćajnog protoka. U zavisnosti od tehnologije, oni mogu biti:

- Road WIM, stacionarni, permanentno instalirani na jednoj lokaciji u kolovoznoj konstrukciji, kako bi nadgledali razvoj saobraćajnog protoka kroz vreme na tom određenom mestu,
- B-WIM (Bridge Weigh-in-Motion) instalirani u mostovskim konstrukcijama koji se mogu koristiti za uzorkovanje na celoj putnoj mreži, ako se prenose sa jedne lokacije na drugu, ali se mogu koristiti i kao stacionarni ako su instalirani na jednom mostu.

B-WIM sistemi (Bridge Weigh-in-Motion) se uglavnom koriste za prikupljanje podataka o opterećenju vozila u ukupnom saobraćajnom toku (statistički pokazatelji) i za predselekciju vozila koja su preopterećena.

Mostovi su kritične komponente putne infrastrukture i predstavljaju idealna mesta za merenje opterećenja u pokretu. Sistemi za merenje opterećenja postavljeni ispod mostova ne narušavaju kolovoznu konstrukciju i ne izazivaju oštećenja na mostovskoj konstrukciji, što omogućava diskretno i efikasno praćenje opterećenja. [1] Takođe, ovaj sistem može predstavljati efikasan alat za nadzor opterećenja, s obzirom na mogućnost merenja težine vozila koja se kreću pri operativnim brzinama. [3] Kako bi se izmerilo osovinsko opterećenje vozila u pokretu, svi B-WIM sistemi koriste postojeće mostove ili odvodne kanale na mreži puteva, na koje se postavljaju instrumenti. Generalno, naprezanja se mere na glavnim uzdužnim elementima mosta kako bi se dobili podaci o

ponašanju konstrukcije pod osovinskim opterećenjem vozila u pokretu. WIM sistemi za mostove su tradicionalno zahtevali detektore osovina na kolovoznoj konstrukciji neposredno ispred mosta ili na mostu kako bi se utvrdile dimenzije, brzina kretanja i klasifikacija vozila. U današnje vreme, ovi sistemi su uglavnom zamenjeni FAD („detektor odsustva osovine“) ili NOR („ništa na putu“) instalacijama. Iako NOR tačnije opisuje princip (izbegavanje senzora na površini kolovozne konstrukcije), FAD je poznatiji u WIM zajednici i primenjen je kod nas. [1]

FAD sistem prikuplja neophodne informacije o osovinama bez potrebe za postavljanjem detektora osovina na kolovoznoj konstrukciji. Merenja tokom čitavog prolaska vozila preko konstrukcije pružaju veći broj podataka, što omogućava preciznije rešavanje problema koji nastaju usled dinamičkih interakcija između vozila i mosta. Ovo je najvažnija prednost nad WIM sistemima na kolovoznoj konstrukciji kod kojih se merenja osovine vrše tokom svega nekoliko milisekundi (osim kod instalacija sa više senzora). B-WIM sistemi (Bridge Weigh-in-Motion WIM za mostove je posebno prikladan za:

- Kratkotrajna merenja jer se može lako instalirati i skinuti sa mosta i predstavlja jedini WIN sistem kod kojeg i potpuno prenosive i trajne instalacije pružaju jednaku tačnost rezultata (pod uslovom da se koristi ista procedura za kalibraciju).
- Merenja na licu mesta, gde instaliranje opreme na ili u kolovoznu konstrukciju nije dozvoljeno ili bi bilo veoma skupo zbog velikog saobraćajnog opterećenja.
- Procenu mosta (ako je B-WIM sistem instaliran na predmetnom mostu) kroz obezbeđivanje dodatnih „konstrukcijskih“ podataka, kao što su faktor uticaja (dinamičko pojačanje osovinskih opterećenja), raspodela opterećenja i podaci o naprezanju. [1]

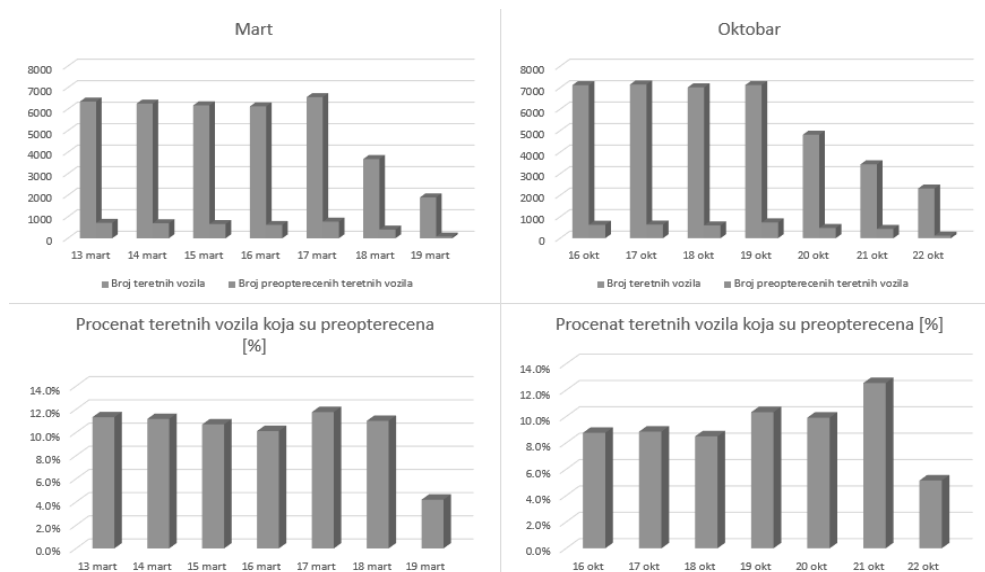
Uređaj je konstruisan da precizno detektuje i evidentira prolazak vozila po smerovima kretanja i različitim saobraćajnim trakama. Dodatno, uređaj ima sposobnost da detektuje teretna vozila i da posebno evidentira preopterećena teretna vozila. Ova funkcionalnost omogućava uređaju da prikuplja podatke o ukupnom broju teretnih vozila, kao i da identifikuje ona koja prelaze dozvoljene težinske limite, pružajući detaljnu analizu prema smerovima i saobraćajnim trakama.

3 ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

3.1 Analiza rezultata sa B-WIMa

Nakon realizacije projekta, B-WIM uređaj postavljen je na deonici puta IA reda broj 1045/1046, petlja Batajnica – petlja Beograd, i vrši kontinualno merenje osovinskog opterećenja u pokretu sve do danas.

U ovom istraživanju sprovedena je uporedna analiza podataka o teretnim vozilima za sedmodnevne periode u mesecu martu i oktobru 2023. godine, korišćenjem B-WIM uređaja koji beleži ukupan broj vozila, broj teretnih vozila i njihovu težinu u realnom vremenu. Na Slici 1 prikazani su rezultati analize osovinskog opterećenja dobijeni uz pomoć B-WIM uređaja.



Slika 14 – Rezultati analize osovinskog opterećenja na posmatranoj deonici

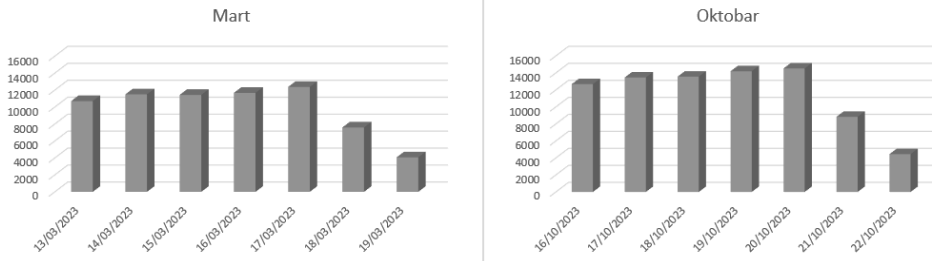
Za mesec mart 2023. godine, podaci ukazuju na prosečan dnevni broj teretnih vozila od oko 6000 tokom radnih dana, dok je tokom vikenda zabeležen značajan pad broja teretnih vozila što je posledica smanjene ekonomske aktivnosti tokom vikenda. Prosečna vrednost procenta preopterećenih teretnih vozila tokom posmatrane sedmice u martu iznosi 10,04%. Ova vrednost ukazuje na relativno visok nivo preopterećenja.

S druge strane, za mesec oktobar 2023. godine, u prva četiri dana posmatrane sedmice, broj teretnih vozila iznosio je približno 7000 vozila dnevno, što ukazuje na povećanje broja teretnih vozila u odnosu na mart. Međutim, u poslednja tri dana sedmice, broj vozila opada, što može biti posledica različitih faktora kao što su promene u poslovnim aktivnostima ili sezonske oscilacije u transportnom sektoru. Prosečna vrednost procenta preopterećenih teretnih vozila tokom sedmice u oktobru iznosi 9,15%, što je nešto niže u odnosu na mart, ali i dalje veoma značajno.

3.2 Analiza teretnog saobraćaja

Analiza saobraćaja obuhvatila je dva vremenska perioda: pre i nakon završetka izgradnje obilaznice oko Beograda. B-WIM uređaj postavljen je na deonici puta od petlje Batajnica do petlje Beograd. Za dodatnu analizu saobraćajnog opterećenja, sa posebnim fokusom na teretna vozila, posmatrana je susedna deonica puta između petlje Surčin i petlje Surčin jug i za te potrebe korišćeni su podaci sa automatskih brojača saobraćaja.

Analizom prikupljenih podataka, bilo je moguće kvantifikovati promene u saobraćajnom opterećenju i proceniti uticaj izgradnje obilaznice na saobraćajne tokove, posebno u pogledu teretnog saobraćaja.



Slika 15 – Analiza podataka sa automatskih brojača saobraćaja

Na Slici 2 predstavljeni su rezultati analize podataka o dnevnom protoku teretnih vozila na posmatranoj deonici puta. Analiza je obuhvatila broj teretnih vozila koja koriste ovu deonicu sa fokusom na promene pre i nakon završetka izgradnje obilaznice oko Beograda.

Tokom radnih dana u martu, broj teretnih vozila na posmatranoj deonici kretao se između 10.000 i 12.000 vozila dnevno. U skladu sa očekivanjima, broj teretnih vozila je bio značajno manji tokom vikenda.

Međutim, nakon završetka izgradnje obilaznice, u oktobru, primećene su značajne promene u broju teretnih vozila. Radnim danima u ovom periodu, broj teretnih vozila na posmatranoj deonici puta povećao se i sada iznosi između 12.000 i 14.000 vozila dnevno. Ova promena ukazuje na povećanje saobraćajnog opterećenja, što je rezultat preraspodele saobraćaja usled završetka izgradnje obilaznice.

4 ZAKLJUČAK

Pravilno merenje i upravljanje osovinskim opterećenjem je od presudne važnosti za dugovečnost puteva, bezbednost saobraćaja i ekonomsku efikasnost. Razumevanje i primena odgovarajućih metoda za nadzor i regulaciju opterećenja može značajno doprineti očuvanju infrastrukture i obezbeđivanju sigurnog i efikasnog transportnog sistema.

Ukoliko se uzmu u obzir rezultati dobijeni primenom B-WIM sistema, koji ukazuju da je prosečan procenat preopterećenih teretnih vozila u odnosu na ukupni broj teretnih vozila između 9% i 10% u posmatranom periodu, zajedno sa rezultatima analize podataka sa automatskih brojača saobraćaja koji ukazuju i na samo povećanje saobraćajnog opterećenja na posmatranoj deonici nakon završetka izgradnje obilaznice oko Beograda, može se doneti sledeći zaključak:

Prisutnost preopterećenih teretnih vozila, čiji se broj povećava proporcionalno rastu teretnog saobraćaja, u ovom procentualnom rasponu ukazuje na značajan nivo opterećenja izazvanog saobraćajem koje može imati negativne posledice na životni vek saobraćajne infrastrukture. Udeo preopterećenih vozila sugerise potrebu za implementacijom dodatnih mera kontrole i regulacije opterećenja vozila. Ove mere su neophodne kako bi se očuvala infrastruktura i smanjili troškovi održavanja, koji se povećavaju usled intenzivnog opterećenja. Stoga, efikasno praćenje i upravljanje opterećenjem vozila postaju ključni za očuvanje dugoročne funkcionalnosti i sigurnosti saobraćajne mreže.

LITERATURA

- [1] „SiWIM® Bridge Упутство за мерење осовинског оптерећења у покрету на мосту”, Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, CESTEL d.o.o., septembar 2020.
- [2] Klemen P., „SiWIM – S and SiWIM – M Supervision and Monitoring Manual – fourth edition”, CESTEL d.o.o., Slovenija, septembar 2020.
- [3] Carraro F., Silva Gonçalves M., „Weight estimation on static B-WIM algorithms: A comparative study”, Engineering Structures, novembar 2019.
- [4] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima ("Sl. glasnik RS", br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 – odluka US, 55/2014, 96/2015 – dr. zakon, 9/2016 – odluka US, 24/2018, 41/2018, 41/2018 – dr. zakon, 87/2018, 23/2019, 128/2020 – dr. zakon i 76/2023)

SUMMARY

Analysis of Axle Load Measurements of Heavy Trucks Using B-WIM Devices on the National Road Network

Abstract: In recent decades, there has been a significant increase in traffic load driven by changes in economic, technological, and social aspects. This increase in traffic load inevitably affects the state of infrastructure, particularly the condition of bridge structures, exposing structural elements to a higher risk of damage and wear. Consequently, understanding and monitoring traffic volumes on the road network have become essential, serving as a foundational basis for preventing potential consequences. In 2020, the Public Enterprise Roads of Serbia, in collaboration with the World Bank, successfully implemented axle load measurements in motion at 17 locations on the national road network. Following the project's implementation, a B-WIM device was installed on the IA class road section, from the Batajnica interchange to the Belgrade interchange, and has been continuously measuring axle loads in motion to this day. The aim of this research is to analyze axle loads, with a focus on the proportion of vehicles exceeding the permitted weight limits, i.e., overloaded vehicles, within the overall traffic flow on the studied section. The study encompasses two observation periods: before and after the completion of the Belgrade bypass. Additionally, data from automatic traffic counters were used to analyze changes in traffic patterns, with a focus on commercial vehicles. The analysis of axle loads provides a deeper understanding of traffic flows and potential challenges that may arise on the road network. Based on the research results, key areas for intervention and the development of effective traffic management strategies can be identified, contributing to better resource utilization and enhanced traffic safety.

Key words: Traffic, Axle Load, Vehicle Flow, Infrastructure

Анализа утицаја кишних падавина на брзину саобраћајног тока на деоници Баточина – Крагујевац

Ивона Јашић, Саобраћајни факултет, Београд, ivona.jasic@icloud.com

Драган Пантелић, Саобраћајни факултет, Београд,
draganpantelic7@gmail.com

Резиме: Временски услови могу имати значајан утицај на карактеристике саобраћајног тока и на безбедно функционисање саобраћаја било да су повољни (суначно време без падавина) или неповољни (лоше време са падавинама). Смањена перцепција возача услед смањене видљивости, како стања на путној мрежи, тако и услова у саобраћајном току, представља последицу неповољних временских прилика попут кише, магле и снега. Присуство кишних падавина, често доводи до промене понашања возача, што узрокује смањење брзине, а последично и Нивоа Услуге, чему сведоче резултати истраживања која су спроведена још средином прошлог века. Имајући наведено у виду, овај рад има за циљ да испита утицај кишних падавина на промену брзине саобраћајног тока, на деоници државног путу IБ реда број 24 од Баточине до Крагујевца. Спроведено емпиријско истраживање је обухватало анализу реалних података о брзинама возила са аутоматских бројача саобраћај 1181 и 1182, док су подаци о временским приликама преузети са метеоролошке станице Ботуње. Спровођењем компаративне анализе, резултати истраживања указују на постојање осетљивости промене брзине саобраћајног тока, при идеалним временским условима и у условима кишних падавина. Овако добијени резултати истраживања могу представљати корисну основу у пружању бољег увида у понашање и перформансе возача у кишним временским условима, и могу подстаћи даља истраживања промене понашања возача у другим временским условима.

Кључне речи: временски услови, кишне падавине, брзина саобраћајног тока

1 УВОД

Саобраћајни ток представља кретање возила, пешака и других учесника у саобраћају на мрежи путева и улица. Један од најзначајнијих параметара саобраћајног тока је брзина, поред протока и густине. Брзина највише утиче на ефикасност и економичност саобраћајног тока, али и на време путовања и безбедност саобраћаја. Временске непогоде утичу у великој мери са једне стране на низ свакодневних људских активности, али и на саобраћај и транспорт са друге стране.

Киша, као један вид временских неприлика утиче на нормално функционисање саобраћаја. Поред тога утиче и на трошкове одржавања путева, веће потрошње горива и дуже време путовања. Такође, честа је појава саобраћајних незгода услед клизавог коловоза.

Постоје бројна истраживања која се баве утицајем кише на брзину саобраћајног тока као и на боље разумевање ефеката кише на саобраћај и развојем мера за побољшање безбедности и ефикасности саобраћаја у условима кишних падавина. Истраживања су показала да киша значајно смањује видљивост и адхезију тачкова на мокром коловозу, што повећава ризик од саобраћајних незгода. Анализе показују да киша може довести до пораста саобраћајних загушења због споријег кретања возила и повећане густине саобраћаја на критичним тачкама, као што су раскрснице и тунели. Различити модели саобраћаја и симулације су коришћени за процену како киша утиче на пропусност путева, брзину и ток саобраћаја. Ови модели помажу у развоју стратегија за управљање саобраћајем у неповољним временским условима.

Имајући у виду наведено, циљ овог рада представља анализа услова у саобраћајном току на деоници Баточина – Крагујевац, стављајући фокус на анализу промене брзине кретања возила у условима са кишом и у условима без падавина. Сви подаци који су неопходни за анализу су прикупљени из постојећих база података, који се односе на податке забележене уз помоћ аутоматског бројача саобраћаја и метеоролошке станице који су постављени у непосредној близини деонице.

2 ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Истраживачи често користе податке из различитих извора, као што су саобраћајне камере, сензори на путевима и статистике о незгодама, како би пружили увид у ефекте временских услова на саобраћај у различитим земљама. Информације о времену се такође могу добити од јавно доступних извора података као што су путно-метеоролошке станице. Примери таквих студија приказани су у наставку рада, узимајући у обзир истраживања спроведена на територији градова Европе, Америке и Азије, са посебним освртом на истраживања спроведена на територији Републике Србије.

На пример, истраживање холандских аутора под називом Утицај времена на саобраћајни ток: Емпиријска анализа коришћењем GPS података [1] је спроведено 2015. године и ова студија је користила податке са GPS уређаја како би анализирали утицај кише и других временских услова на брзину саобраћаја. Истраживање је фокусирано на Холандију, где су анализирани подаци о брзини возила у различитим временским условима. Студија је показала да киша смањује брзину возила за око 10-15% у поређењу са сувим условима, посебно у урбаним срединама.

Истраживање Утицаји времена на саобраћај и безбедност: Увид из региона Париза [2] је фокусирано на регион Париза и користи податке из саобраћајних камера и метеоролошких станица. Анализирани су ефекти кише на брзину и безбедност саобраћаја. Киша је имала значајан утицај на смањење брзине, уз повећање броја незгода. Брзина возила опадала је у просеку за 12% током кишних дана.

Студија под називом Ефекти времена на саобраћајни ток и безбедност: Докази из коридора I-95 [3] је открила да киша узрокује смањење брзине возила од 10-20% и повећава ниво загушења, док се број незгода повећава, посебно у подручјима са великим саобраћајем.

За истраживање под називом Квантификовање ефеката кише на саобраћајни ток и стопу незгода: Истраживање случаја Лос Анђелеса [4] коришћени су подаци са саобраћајних камера и метеоролошких станица у Лос Анђелесу да се анализира како

киша утиче на брзину саобраћаја и учесталост незгода. Утврђено је да киша може смањити брзину возила за око 12% и значајно повећати број саобраћајних незгода. Студија је показала да су ефекти посебно изражени током јаке кише.

Подаци из Чикашког метрополитанског подручја искоришћени су за студију под називом Ефекти падавина на саобраћајни ток и безбедност: Увид из Чикашког метрополитанског подручја [5], односно да изврше анализу утицаја кише на саобраћај и безбедност користећи сензоре и извештаје о незгодама. Као резултат добијено је да киша смањује брзину саобраћаја у просеку за 8-15% и повећава време путовања.

За истраживање под називом Утицај кише на саобраћајни ток и безбедност: Истраживање у области Токија [6] коришћени су подаци из области Токија, укључујући податке са саобраћајних камера и метеоролошких станица, како би се анализирао утицај кише на брзину и безбедност саобраћаја. Као резултат је установљено да киша смањује брзину возила у просеку за 12-18%.

Анализа под називом Утицај кише на саобраћај у Мумбају: Анализа саобраћајних и метеоролошких података [7], спроведена 2018. године где су анализирани подаци из Мумбаја користећи саобраћајне камере и метеоролошке податке како би се проучили ефекти кише на саобраћајни ток и безбедност. Закључак је био да киша значајно смањује брзину саобраћаја, са падом брзине од 15-20%.

Истраживање које је користило податке из Бангкока, укључујући податке са саобраћајних сензора и метеоролошке информације спроведено је под називом Ефекти временских услова на саобраћај у Бангкоку: Истраживање утицаја кише на брзину и безбедност [8]. Резултат је показао да киша доводи до смањења брзине возила за 10-18% и повећава време путовања.

У Србији је спроведено више истраживања на тему утицаја кише на брзину саобраћаја, од којих се издваја рад под називом Ефекти падавина на саобраћајни проток и безбедност у Новом Саду [9]. Истраживачи су анализирали податке из Новог Сада, укључујући информације из саобраћајних камера и метеоролошких станица, како би се проучили ефекти кише на саобраћајни ток и безбедност. Киша је довела до смањења брзине возила за око 12% и повећала време путовања.

У оквиру студије Квантовање утицаја кише на саобраћај у Крагујевцу: Истраживање на основу података о незгодама и временским условима [10] коришћени су подаци о незгодама и временским условима у Крагујевцу. Киша је утицала на смањење брзине возила у просеку за 8-10% и повећала време путовања.

За потребе студије Утицај кише на саобраћајни ток у Београду: Анализа података са саобраћајних сензора [11] коришћени су подаци са саобраћајних сензора у Београду, како би се анализирао утицај кише на брзину и проток саобраћаја у градским условима. Студијом је утврђено да киша смањује брзину возила у просеку за 10-15% и повећава време путовања.

3 МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Циљ овог истраживања представља анализа утицаја кишних падавина на промену брзине саобраћајног тока, на државном путу IV реда број 24 на деоници Баточина – Крагујевац. Основни задатак се огледа у доношењу закључака о томе колико и на који начин кишне падавине утичу на функционисање саобраћајног тока

на дефинисаном подручју истраживања. На основу података добијених са аутоматских бројача саобраћаја (АБС-а) и са метеоролошке станице Ботуње, потребно је анализом података приказати резултате утицаја кишних падавина, на промену брзине саобраћајног тока на ванградском путу.

Истраживање је извршено за 58 неузастопних дана у 2023. години. Истраживање је обухватило 29 парова дана, што предсатвља 29 дана са кишним падавинама и 29 дана са идеалним временским условима, које карактерише сунчано време са сувим коловозом и без падавина. За парове дана су узети исти дани у седмици у оквиру истог месеца, само са различитим временским приликама.

За потребе истраживања преузети су релевантни подаци о брзини у оба смера вожње из базе података Јавног предузећа „Путеви Србије”, са АБС-ова 1181 и 1182. Подаци се односе на брзину кретања сваког појединачног возила и на тренутак преласка преко детектора. Подаци су класификовани на 10 – минутне интервале у данима без падавина и у данима са кишним падавинама, јер се подаци о падавинама на метеоролошким станицама бележе у том интервалу.

Такође, са сајта RWIS (Road Weather Information System) преузети су подаци о временским приликама у посматраним данима са метеоролошке станице Ботуње.

4 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Подаци су класификовани у 10-минутне интервале (који су касније претворени у часовне) и издвојени су интервали са кишним падавинама који су коришћени у анализи. За издвојене интервале пронађени су одговарајући интервали у данима без падавина који ће бити даље коришћени у анализи.

Истраживање је урађено посебно за сваки смер кретања, али је извршен само графички приказ за оба смера кретања заједно. С тим у вези, на Графику 1 приказана је зависност просечне брзине у периоду са кишним падавинама и у периоду без падавина од протока возила на деоници Баточина – Крагујевац.

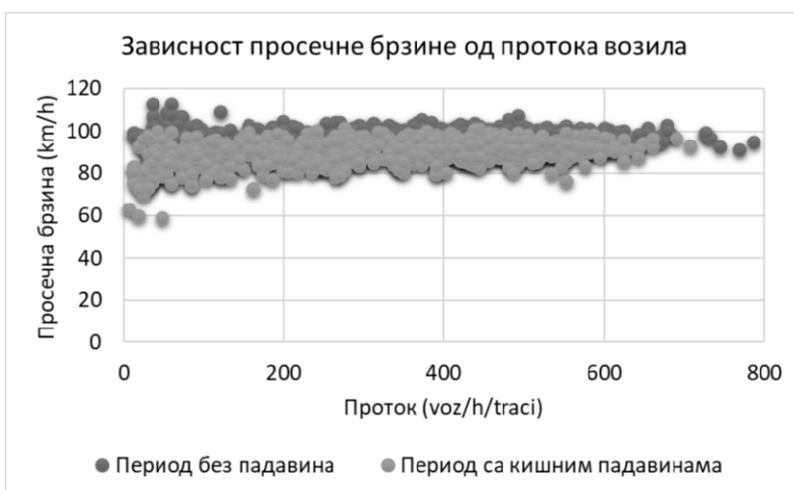


График 1: Зависности просечне брзине од протока возила у оба смера

Анализом обједињених података зависности просечне брзине од протока возила у оба смера, добијени су очекивани резултати који указују да је већа просечна брзина у условима без падавина у односу на период са кишом. Односно, потврђују се претходно добијени резултати по смеровима, који указују на јасну разлику у брзинама кретања возила у условима са кишним падавинама и условима без падавинама. Највеће брзине кретања одговарале су најмањим вредностима протока.

У Табели 1 приказане су вредности просечне брзине кретања, смањење просечне брзине и проценат смањења у периодима без падавина и у периодима са кишним падавинама по смеровима и укупно за оба смера.

Табела 1: Просечне брзине кретања, смањење просечне брзине и проценат смањења

Vpros (km/h)	Период без падавина	Период са кишним падавинама	Δ	%
Смер 1	96	91	5,9	6,08%
Смер 2	97	91	6,1	6,26%
Укупно	97	91	6,0	6,17%

Разлике у брзинама у периоду са и без падавина су приметне. На основу података у претходној табели може се закључити да у условима са кишним падавинама долази до смањења просечне брзине кретања за приближно 6 km/h (6%), у смеру 2 се јавља незнатно веће смањење од 6,26%.

На Графику 2 приказана је дисперзија просечних брзина у периоду са кишним падавинама и у периоду без падавина на деоници Баточина – Крагујевац.

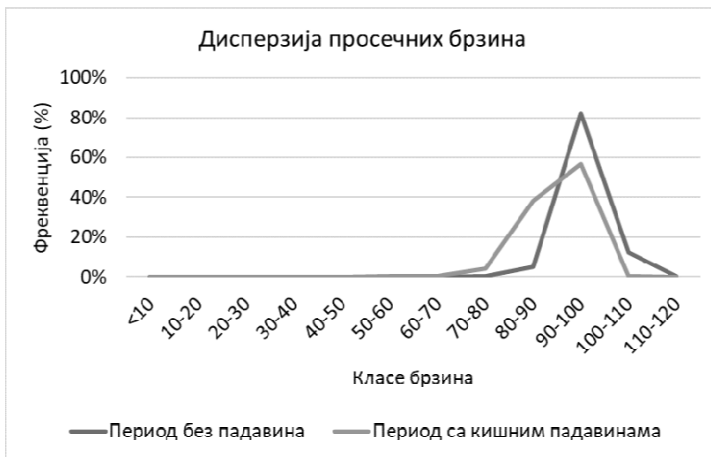


График 2: Дисперзија брзина у периодима са кишним падавинама и без падавина

На основу упоредне анализе, закључак је да се у условима са кишним падавинама значајно смањило проценат возача који возе брзинама у класи 90-100 km/h (смањење за 25,23%), док се са друге стране повећао проценат возача који возе брзинама у класи од 80-90 km/h (повећање за 32,88%).

5 ЗАКЉУЧАК

Подаци су дали очекиване резултате. На основу анализираних података и графичких приказа долази се до закључка да је просечна брзина кретања мања током периода са кишним падавинама у односу на период без падавина. Максималне забележене брзине кретања одговарале су минималним вредностима протока. Са повећањем протока долази до смањења просечне брзине кретање возила. Разлике у брзинама у периоду са и без падавина су биле приметне. На основу добијених података може се закључити да у условима са кишним падавинама долази до смањења просечне брзине кретања за приближно 6 km/h, односно 6%.

У наведеној литератури у већини радова смањење брзине у условима са кишним падавинама је између 8 и 18%, вредности добијене у овом раду су приближно 6%, што није у сагласности са наведеном литературом, због тога што је већина иностраних истраживања спроведена на аутопутским деоницама где се возила крећу већим брзинама, па је последично и смањење брзине веће у кишним условима.

На основу упоредне анализе, закључак је да се у условима са кишним падавинама значајно смањио проценат возача који возе брзинама у класи 90-100 km/h (смањење за 25,23%), док се са друге стране повећао проценат возача који возе брзинама у класи од 80-90 km/h (повећање за 32,88%).

Услед недовољне истражености утицаја кишних падавина на брзину у Републици Србији, отварају се многобројне могућности и нова питања која наводе на размишљање о креирању различитих модела којим би се дефинисале зависне променљиве (брзина, проток, капацитет, времена путовања итд.) у функцији временских услова. Такође, било би значајно испитати и утицај интензитета падавина (кише, снега), магле и видљивости на параметре саобраћајног тока. Такође је интересно испитати да ли у условима са кишним падавинама долази до повећања броја и последница саобраћајних незгода.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] H. Rakha, C. E. Via, R. Hranac, E. Sterzin, and D. Krechmer, "Empirical Studies on Traffic Flow in Inclement Weather Final Report-Phase I Mazen Arafteh Senior Research Associate, Center for Sustainable Mobility at the Virginia Tech Transportation Institute," 2007.
- [2] M. Uzunova, R. Velichkova, R. Potarusov, and M. A. Darcherif, "Traffic impact analysis on Paris and suburbs ways using BFSIS model," 2017.
- [3] I. Tsapakis, T. Cheng, and A. Bolbol, "Impact of weather conditions on macroscopic urban travel times," *J Transp Geogr*, vol. 28, pp. 204–211, Apr. 2013, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2012.11.003.
- [4] S. S. Dhaliwal, X. Wu, J. Thai, and X. Jia, "The Effects of Rain on Freeway Traffic in Southern California."
- [5] A. Thi and P. Tran, "Impact of precipitation on transit ridership: A case study of Chicago", doi: 10.13140/RG.2.2.34050.49605.

- [6] E. Chung, O. Ohtani, H. Warita, M. Kuwahara, and H. Morita, "Effect of rain on travel demand and traffic accidents," in IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC, 2005, pp. 1080–1083. doi: 10.1109/ITSC.2005.1520201.
- [7] A. R. Soni and M. K. Chandel, "Impact of rainfall on travel time and fuel usage for Greater Mumbai city," in Transportation Research Procedia, Elsevier B.V., 2020, pp. 2096–2107. doi: 10.1016/j.trpro.2020.08.269.
- [8] T. Takano, H. Morita, P. N. Napaporn, V. Vichiensan, and S. Nakamura, "Statistical analysis of rainfall impacts on urban traffic in Bangkok, Thailand," Hydrological Research Letters, vol. 17, no. 4, pp. 85–91, 2023, doi: 10.3178/hr.17.85.
- [9] I. LEŠČEŠEN, B. BASARIN, D. PAVIĆ, and M. MESAROŠ, "Extreme Precipitation Analysis in Novi Sad," 2023, pp. 140–147. doi: 10.24193/AWC2023_14.
- [10] N. Milentijevic, J. Dragojlovic, M. Cimbalevic, D. Ristic, K. Kalkan, and D. Buric, "Analysis of equivalent temperature – case of Kragujevac city," Glasnik Srpskog geografskog drustva, vol. 98, no. 1, pp. 61–77, 2018, doi: 10.2298/gsgd180225003m.
- [11] M. Vidas, V. Tubić, I. Ivanović, and M. Subotić, "One Approach to Quantifying Rainfall Impact on the Traffic Flow of a Specific Freeway Segment," Sustainability (Switzerland), vol. 14, no. 9, May 2022, doi: 10.3390/su14094985.

SUMMARY

Analysis of the impact of rainfall on the speed of the traffic flow on the section Batočina – Kragujevac

Abstract: Weather conditions can have a significant impact on traffic flow characteristics and on the safe operation of traffic, whether they are favorable (sunny weather without precipitation) or unfavorable (bad weather with precipitation). Reduced driver perception due to reduced visibility, both the state of the road network and the conditions in the traffic flow, is a consequence of unfavorable weather conditions such as rain, fog and snow. The presence of rainfall often leads to a change in the driver's behavior, which causes a decrease in speed, and consequently in the Service Level, as evidenced by the results of research conducted in the middle of the last century. Bearing the above in mind, this paper aims to examine the impact of rainfall on the change in the speed of the traffic flow, on the section of state road IB order number 24 from Batočina to Kragujevac. The conducted empirical research included the analysis of real vehicle speed data from automatic traffic counters 1181 and 1182, while weather data were taken from the weather station Botunje. By conducting a comparative analysis, the results of the research indicate the existence of sensitivity to changes in the speed of the traffic flow, in ideal weather conditions and in conditions of rainfall. The research results obtained in this way can represent a useful basis in providing a better insight into the behavior and performance of drivers in rainy weather conditions, and can encourage further research into changes in driver behavior in other weather conditions.

Key words: weather conditions, rainfall, speed of traffic flow

Modifikovana australijska metodologija za analizu troškova eksploatacije motornih vozila

Marijo Vidas, Saobraćajni fakultet, Beograd, m.vidas@sf.bg.ac.rs

Vladan Tubić, Saobraćajni fakultet, Beograd, vladan@sf.bg.ac.rs

Nemanja Stepanović, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: U izradi prethodnih studija opravdanosti i studija opravdanosti puteva sa slobodnim režimom korišćenja jedan od početnih koraka je proračun troškova eksploatacije motornih vozila na razmatranim putnim mrežama. U našoj inženjerskoj praksi najkorišćeniji je HDM-4 model za proračun ove kategorije troškova. U ovom radu će biti prikazan model razvijen u Australiji, koji svojom sistematičnošću i praktičnošću predstavlja pogodan model za primenu u lokalnim uslovima. Troškovi eksploatacije motornih vozila se po ovom modelu dele na troškove: goriva, ulja, pneumatika, održavanja i amortizacije. Za svaku vrstu troškova analizirana je zavisnost između tipa vozila, eksploatacione brzine, vrste goriva, uzdužnog nagiba, horizontalne zakrivljenosti, vrste i stanja kolovoznog zastora kao i uslova u saobraćajnom toku. U skladu sa dobijenim međuzavisnostima, definisani su faktori koji kvantifikuju pojedinačne uticaje pomenutih karakteristika, a sve u cilju dobijanja što preciznijih jediničnih troškova po kategorijama vozila za konkretnu saobraćajnu deonicu. Mogućnost da se u model implementiraju sve potrebne cene i prosečna pređena kilometraža po kategorijama vozila predstavlja osnovu za analizu njegove primene u našim uslovima i definisanja potrebnih koraka za njegovu kalibraciju.

Ključne reči: troškovi goriva, troškovi ulja, troškovi pneumatika, troškovi održavanja, troškovi amortizacije

1 UVOD

Ekonomske koristi u izradi prethodnih studija opravdanosti i studija opravdanosti puteva sa slobodnim režimom korišćenja proračunavaju se kao razlika između troškova na mreži bez investicije (MBI) i troškova na mreži sa investicijom (MSI). Veličina ostvarenih koristi, odnosno ušteda, predstavlja osnovu za ispitivanje ekonomske opravdanosti realizacije projekta. U našoj inženjerskoj praksi troškovi upotrebe analizirane mreže (MBI i MSI) sastoje se od: troškova eksploatacije vozila (VOC), troškova vremena putovanja (VOT), troškova saobraćajnih nezgoda (AC), troškova ekološkog uticaja saobraćajnice (EC) i troškova održavanja puteva (MC). Procentualno po učešću pojedinih troškova najveći udeo imaju troškovi eksploatacije vozila (VOC) i troškovi vremena putovanja (VOT). Iz tog razloga je vrlo značajno pronaći odgovarajuće modele koji su u mogućnosti na što precizniji način kvantifikovati sve tehničko-eksploatacione karakteristike koje utiču na povećanje ove dve kategorije troškova.

Najpoznatiji i najkorišćeniji model za proračun VOC dat je u okviru HDM-4 softvera. Softver za razvoj i upravljanje autoputevima (HDM-4) je moćan alat za podršku u donošenju odluka, razvijen od strane Svetske banke i korišćen od strane agencija za

puteve i menadžera putne infrastrukture širom sveta. Nedostatak primene modela za proračun VOC iz HDM-4 je to što je on integrisani u samom softveru, drugim rečima uslovljen je korišćenjem samog softvera. U ovom radu će biti prikazan deo Australijskog modela (CBA6) za proračun VOC koji svojom sistematičnošću i praktičnošću predstavlja pogodan model za primenu u lokalnim uslovima.

2 TROŠKOVI EKSPLOATACIJE MOTORNIH VOZILA (VOC) PO AUSTRALIJSKOM MODELU (CBA6)

VOC po definiciji predstavlja troškove koji su posledica upotrebe motornih vozila. Po CBA6 modelu sastoje se od troškova goriva, ulja, pneumatika, opravki i održavanja kao i troškova kamate i amortizacije. Proračun svake navedene komponente troškova eksploatacije motornih vozila je zasnovna na detaljnoj metodologiji. Proračun VOC je pod uticajem velikog broja faktora koji su prikazani u tabeli 1.

Za svaku vrstu troškova analizirana je zavisnost između tipa vozila, eksploatacione brzine, vrste goriva, uzdužnog nagiba (UN), horizontalne zakrivljenosti, vrste i stanja kolovoznog zastora kao i uslova u saobraćajnom toku. U skladu sa dobijenim međuzavisnostima, definisani su faktori koji kvantifikuju pojedinačne uticaje pomenutih karakterisitka, a sve u cilju dobijanja što preciznijih jediničnih troškova po kategorijama vozila za konkretnu saobraćajnu deonicu. Dodatna mogućnost da se u model implementiraju sve potrebne cene i prosečna pređena kilometraža po kategorijama vozila, predstavlja osnovu za analizu njegove primene u našim uslovima i definisanja potrebnih koraka za njegovu kalibraciju.

Tabela 1. Uticajni faktori po kategorijama troškova koji ulaze u VOC [1]

VOC	Ve	Karakterisitke vozila		Karakterisitke puta			Saobraćajni zahtevi (voz/h)
		Kat.	Vrsta goriva	UN	Horizontalna zakrivljenost	Stanje kolovoza	
Gorivo	+	+	+	+	+	+	+
Ulje	+	+	+				
Pneumatici	+	+		+	+	+	+
Opravke i održ.		+				+	
Kamata i amort.	+	+				+	

Većina ovih postupaka proračuna troškova definisano je u Austroads report ap-264/05 "Harmonisation of non-urban road user cost models" [2].

Zbog ograničenja u obimu rada u daljem tekstu će biti detaljno prikazan postupak za proračun troškova potrošnje goriva sa osvrtnom na njegovu mogućnost primene u našoj inženjerskoj praksi.

2.1 Gorivo

Proračun troškova potrošnje goriva za ceo saobraćajni tok se vrši na osnovu potrošnje goriva za svaku kategoriju vozila posebno. Eksploataciona brzina predstavlja karakteristiku koja ima najveći uticaj na stopu potrošnje goriva. U prvom koraku se proračunava bazna potrošnja goriva koja zavisi od kategorije vozila i eksploatacione brzine, a ne zavisi od

karakteristika puta i uslova u saobraćajnom toku. U drugom koraku potrebno je potrošnju goriva prilagoditi lokalnim karakteristikama puta kao što su uzdužni nagib, horizontalna zakrivljenost i stanje kolovoza kao i uslovima u saobraćajnom toku.

2.1.1 Bazna potrošnja goriva

Bazna potrošnja goriva (BPG) i bazna cena goriva (BCG) se proračunavaju na osnovu parametara datih u tabeli.

Tabela 2. Troškovi goriva i faktori potrošnje goriva

Tip voz.	C3	C2	C1	%DIZEL	Cena benzina* (cent/litar)	Cena dizela* (cent/litar)	F _{tab zag}
PA	0,0054	1526,2	37,3	0	82,49	81,57	0,4
BUS	0,0131	5451,1	69,4	0,7	82,49	81,57	0,3
TV	0,0168	3485,1	49	0,5	82,49	81,57	0,3
AV	0,0158	9621,1	118,6	0,9	82,49	81,57	0,3

* Iz cene goriva isključena je vrednost akcize

Bazna potrošnja goriva u litrima na 1000 km se proračunava na osnovu sledeće jednačine [2], ona je zasnovana na potrošnji goriva za svaku kategoriju vozila i eksploatacione brzine.

$$BPG_i = C_3 \cdot V_{ei}^2 + \frac{C_2}{V_{ei}} + C_1 \quad (1)$$

gde je:

BPG_i – bazna potrošnja goriva po kategorijama vozila

V_{ei} – eksploataciona brzina po kategorijama vozila

i – kategorija vozila

C_1, C_2 i C_3 – parametri modela

Ovako proračunata bazna potrošnja goriva predstavlja prosečne vrednosti po kategorijama vozila na pravom putu idealnih tehničko eksploatacionih karakteristika u uslovima slobodnog saobraćajnog toka. Stvarna potrošnja goriva mora uključiti uticaj uzdužnog nagiba, horizontalne zakrivljenosti, stanja kolovoza i uslova u saobraćajnom toku.

2.1.2 Korekcionni faktor potrošnje goriva na uzdužnom nagibu

Prilagođavanje potrošnje goriva deonicama na kojima postoji uzdužni nagib se vrši preko korekcionog faktora čije vrednosti zavise od kategorije vozila, eksploatacione brzine, procenta uzdužnog nagiba kao i procentualnog dela deonice pod uzdužnim nagibom. Veličina ovog faktora je u direktnoj zavisnosti od veličine uzdužnog nagiba, odnosno njegova vrednost raste sa porastom veličine %UN. Na primer veličina ovog faktora za putnički automobil koji se kreće brzinom od 40 km/h na uzdužnom nagibu od 9% je 0,30, odnosno potrošnja goriva se povećava za 30% u odnosu na put bez uzdužnog nagiba. Faktor uzdužnog nagiba se proračunava prema sledećoj jednačini [2]:

$$F_{UNi} = \sum F_{UNtab_i} (\text{kategorija vozila, \%UN, } V_e) \cdot \%deonice \text{ sa UN} \quad (2)$$

gde je:

F_{UNi} – Faktor uticaja %UN na potrošnju goriva po kategoriji vozila,

F_{UNtabi} – tabelarna vrednost koja predstavlja zavisnost potrošnje goriva od kategorije vozila, %UN i eksploatacione brzine (Tabela 3),

% deonice sa UN – procenat dužine deonice sa odgovarajućim %UN.

Tabela 3. F_{UNtabi} [2]

Kat. Voz.	%UN	Eksploataciona brzina (km/h)												
		8 – 15	16 – 23	24 – 31	32 – 39	40 – 47	48 – 55	56 – 63	64 – 71	72 – 79	80 – 87	88 – 95	96 – 103	104 – 112
PA	<4%	0.03	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03
TV	<4%	0.06	0.09	0.08	0.08	0.11	0.16	0.25	0.22	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17
BUS	<4%	0.08	0.11	0.10	0.13	0.20	0.26	0.39	0.52	0.42	0.29	0.19	0.10	0.00
AV	<4%	0.06	0.14	0.13	0.19	0.28	0.37	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
PA	<6%	0.04	0.11	0.10	0.11	0.12	0.14	0.17	0.19	0.16	0.12	0.11	0.10	0.08
TV	<6%	0.10	0.18	0.22	0.28	0.34	0.43	0.52	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
BUS	<6%	0.15	0.24	0.32	0.42	0.54	0.65	0.83	0.98	0.84	0.70	0.57	0.45	0.32
AV	<6%	0.18	0.29	0.40	0.52	0.66	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
PA	<8%	0.05	0.19	0.17	0.17	0.18	0.21	0.26	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.12
TV	<8%	0.19	0.39	0.47	0.55	0.62	0.68	0.70	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
BUS	<8%	0.26	0.50	0.62	0.76	0.91	1.05	1.25	1.42	1.25	1.08	0.92	0.78	0.62
AV	<8%	0.33	0.60	0.75	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
PA	<10%	0.06	0.28	0.27	0.28	0.30	0.35	0.42	0.47	0.42	0.34	0.28	0.25	0.21
TV	<10%	0.30	0.61	0.72	0.83	0.89	0.93	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
BUS	<10%	0.39	0.76	0.93	1.11	1.28	1.45	1.69	1.90	1.69	1.49	1.31	1.13	0.95
AV	<10%	0.47	0.90	1.08	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13

Na osnovu jednačine (2) može se uočiti da ovaj model omogućava kvantifikaciju uticaja različitih veličina %UN na posmatranoj deonici kroz %deonice sa UN.

2.1.3 Korekcionni faktor potrošnje goriva u zavisnosti od horizontalne zakrivljenosti

Horizontalna zakrivljenost puta takođe utiče na povećanje potrošnje goriva. Po ovom modelu tabelarna vrednost faktora koji kvantifikuje ovaj uticaj na potrošnju goriva zavisi od kategorije vozila i kategorije puta.

Putevi se na osnovu horizontalne zakrivljenosti (HZ), odnosno broja horizontalnih krivina, dele u tri kategorije: velika HZ, prosečna HZ i pravi putevi. Za prave puteve tabelarna vrednost faktora iznosi 0, dok se za ostale kategorije puteva ona kreće u rasponu od 0,1 za puteve sa prosečnom HZ i 0,2 za puteve sa velikom HZ. Na osnovu toga se može zaključiti da putevi sa veoma velikim brojem horizontalnih krivina povećavaju potrošnju goriva za 20%. Nedostatak modela je to što nisu date granične vrednost između puteva sa velikom HZ i prosečnom HZ, odnosno ostavljeno je da korisnik sam proceni u koju kategoriju da svrsta posmatranu deonicu. Korekcionni faktor potrošnje goriva u zavisnosti od horizontalne zakrivljenosti se proračunava prema sledećoj jednačini [2]:

$$F_{R_i} = F_{Rtab}(\text{kategorija vozila, kategorija puta}) \tag{3}$$

Tabela 4. Faktor prilagođavanja potrošnje goriva horizontalnoj zakrivljenosti F_{Rtab} [2]

Kat. voz.	Kategorija puta prema horizontalnoj zakrivljenosti		
	Veoma krivudav	Krivudav	Prav
PA	0,2	0,1	0
BUS	0,2	0,1	0
TV	0,2	0,1	0
AV	0,2	0,1	0

2.1.4 Korekcionni faktor potrošnje goriva u zavisnosti od uslova u saobraćajnom toku

Korekcionni faktor potrošnje goriva u zavisnosti od uslova u saobraćajnom toku se proračunava na osnovu veličine iz Tabele 2. Zagušenje utiče na povećanje potrošnje goriva i ta vrednost se povećava što je vozilo duže u uslovima zagušenog saobraćajnog toka.

Ovaj faktor se proračunava tako što se odnos merodavnog protoka i kapaciteta q_m/C množi sa faktorom iz Tabele 2. za svaku kategoriju vozila ($F_{tab\ zag}$). Na osnovu vrednosti iz Tabele 2. može se zaključiti da uticaj zagušenja nije isti za sve kategorije vozila i da se u takvim uslovima za PA potrošnja više povećava nego za druge kategorije. Vrednost faktora mora biti manji ili jednaka 1. Jednačina za proračun [2] je ovog korekcionnog faktora je:

$$F_{zag_i} = MIN(1, (q_m / C) \cdot F_{tab_{zag_i}}) \quad (4)$$

2.1.5 Korekcionni faktor potrošnje goriva u zavisnosti od stanja kolovoza

Ovaj korekcionni faktor potrošnje goriva zavisi od stanja kolovoza, kategorije vozila i eksploatacione brzine. On se sastoji od proizvoda dva člana: prvi član kvantifikuje povećanje troškova kao posledicu stanja kolovoza, dok drugi član povezuje eksploatacionu brzinu sa ovim proračunom. Modelom je definisana maksimalna vrednost faktora troškova u zavisnosti od stanja kolovoza i ona iznosi 1,75. Ta vrednost se poredi sa proračunatom vrednošću u zavisnosti od trenutnog – realnog stanja kolovoza na posmatranoj deonici, što je objašnjeno u daljem tekstu.

Prvi član se proračunava na sledeći način [2]:

$$SK = \min \left\{ \begin{array}{l} CFMAX \\ CSENSP \cdot \frac{(CNRM - PAVC)}{(NRMA - PAVC)} \end{array} \right. \quad (5)$$

Gde je:

SK – faktor troškova za stanje kolovoza

CFMAX – maksimalna vrednost faktora troškova = 1,75

CSENSP – faktor osetljivosti troškova na stanje kolovoza = 4

CNRM – trenutno stanje kolovoza

PAVC – stanje kolovoza posle rekonstrukcije = 60

NRMA – koeficijent konverzije iz PSR u NRM = 250

NRM – NAASRA Roughness Meter

Da bi se ovaj model primenio u lokalnim uslovima potrebno je napraviti konverziju iz NRM u *International roughness index* (IRI), to se može uraditi preko sledeće jednačine [3]:

$$NRM(counts / km) = 26,49 \cdot IRI(m / km) - 1,27 \quad (6)$$

Proračunata vrednost faktora SK potrebno je prilagoditi kategoriji vozila i eksploatacnoj brzini preko faktora F_{SKtab} iz sledeće tabele:

Tabela 5. F_{SKtab} [2]

Kat. Voz.	Eksploataciona brzina (km/h)												
	8-15	16-23	24-31	32-39	40-47	48-55	56-63	64-71	72-79	80-87	88-95	96-103	104-112
PA	0,023	0,060	0,067	0,070	0,077	0,087	0,100	0,103	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
BUS	0,050	0,080	0,090	0,100	0,110	0,120	0,140	0,150	0,130	0,120	0,120	0,110	0,100
TV	0,044	0,083	0,093	0,103	0,111	0,123	0,127	0,110	0,104	0,097	0,091	0,076	0,071
AV	0,033	0,097	0,113	0,127	0,143	0,160	0,177	0,193	0,187	0,170	0,160	0,147	0,133

Korekcionni faktor potrošnje goriva zavisi od stanja kolovoza po kategorijama vozila proračunava se preko sledeće jednačine [2]:

$$F_{SKi} = SK \cdot F_{SKtab} \quad (7)$$

2.1.6 Troškovi potrošnje goriva

Na osnovu podataka iz Tabele 2. može se proračunati bazna cena goriva preko sledeće jednačine:

$$BCG_i = CB_i \cdot (1 - \%DIZEL_i) + CD_i \cdot \%DIZEL_i \quad (8)$$

gde je:

CG_i – cena goriva u centima po litru

CB_i – cena benzina u centima po litru

$\%DIZEL_i$ – procenat vozila koji koriste dizel kao pogonsko gorivo po kategorijama vozila

CD_i – cena dizela u centima po litru

U sledećem koraku mogu se proračunati troškovi potrošnje goriva po kategorijama vozila koji uključuju sve uticajne veličine preko sledeće jednačine [2]:

$$TG_i = BCG_i \cdot BPG_i \cdot (1 + F_{UN_i} + F_{R_i} + F_{zag_i} + F_{SK_i}) \quad (9)$$

3 ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat prikaz postupka za proračun troškova eksploatacije vozila po Australijskoj metodologiji CBA6. Detaljno je obrađen postupak za proračun troškova potrošnje goriva. On se sastoji od proračuna bazne potrošnje goriva po kategorijama vozila koja se zasniva na potrošnji na pravom putu u ravničarskom terenu i slobodnim uslovima saobraćajnog toka. Cene goriva koja će se koristiti definiše se na osnovu cene benzina i dizela kao i procentualnom učešću vozila na dizel u posmatranoj kategoriji vozila. Prednost ovog modela je u korekcionim faktorima koji u analizu potrošnje goriva uključuju uzdužni nagib, horizontalnu zakrivljenost, stanje kolovoza i uslove u saobraćajnom toku. Mogućnost da se u proračunu koriste cene na našem tržištu kao i pretpostavka da su tehničko-eksploatacione karakteristike vozila približne omogućavaju primenu ovog modela u lokalnim uslovima uz minimalnu kalibraciju.

LITERATURA

- [1] Department of Transport and Main Roads. (2021). Cost-benefit Analysis manual – Road projects. AUS
- [2] Austroads. (2005). Economic Evaluation of Road Proposals: Harmonisation of Non-Urban Road User Cost Models (ap-r264/05). AUS
- [3] <https://austroads.com.au>

SUMMARY

Modified Australian Methodology for Vehicle Operating Cost Analysis

Abstract: In the preparation of feasibility studies of roads one of the initial steps is the calculation of the vehicle operating costs on the considered road networks. In our engineering practice, the HDM-4 model is the most used for calculating this category of costs. This paper will present a model developed in Australia, which, with its systematicity and practicality, represents a suitable model for application in local conditions. According to this model, the costs of operating motor vehicles are divided into the following costs: fuel, oil, tires, maintenance and depreciation. For each type of costs, the dependence between the type of vehicle, operating speed, type of fuel, gradient, horizontal curvature, type and condition of the pavement, as well as conditions in the traffic flow, was analyzed. In accordance with the obtained interdependencies, factors were defined that quantify the individual impacts of the mentioned characteristics, all with the aim of obtaining the most accurate unit costs by vehicle category for a specific traffic section. The additional possibility to implement all the necessary prices and average mileage by vehicle category in the model is the basis for analyzing its application in our conditions and defining the necessary steps for its calibration.

Key words: fuel costs, oil costs, tire costs, maintenance costs, depreciation costs

Методе вредновања пешачких простора, пример Трга републике

Владимир Ристановић, Институт за путеве, vlada0011@hotmail.rs

Традиционални економски модели и „cost-benefit“ анализе су игнорисале или се мучиле при вредновању пешачких простора. Њих је тешко разматрати заједно са уобичајеним мерама, као што су чување времена и побољшање безбедности. Све ово утиче на то да се пешачки простор посматра као нешто што је добро имати, а супротно томе да је пешачки простор једна од основних компонената доброг функционисања града. Зато се конструисао систем попут више-критеријумског вредновања пројеката који може да вреднује пројекте реконструкција или реновирања пешачких простора као јавног добра. познат као VURT, систем који користећи упитник намењен самим пешацима, а не стручњацима области, даје вредност пројекта реконструкције пешачких простора. VURT користи систем прегледа пешачке животне средине, или PERS (Pedestrian Environment Review System), такође развијен у Великој Британији, да објективно процени промене у квалитету јавног простора за пешаке и кориснике јавног простора. PERS користи упитник који је састављен од 17 питања. Питања анкете имају облик Ликертове скале, али за разлику од класичне Ликертове скале, најмањи број износи минус три (-3), док највећи број износи плус три (+3), рачунајући и нулу (0).

Кључне речи: саобраћај, вредновање, проток пешака

1 УВОД

Традиционални економски модели и „cost-benefit“ анализе су игнорисале или се мучиле при вредновању пешачких простора. Њих је тешко разматрати заједно са уобичајеним мерама, као што су чување времена и побољшање безбедности. Све ово утиче на то да се пешачки простор посматра као нешто што је добро имати, а супротно томе да је пешачки простор једна од основних компонената доброг функционисања града. Зато се конструисао систем попут више-критеријумског вредновања пројеката који може да вреднује пројекте реконструкција или реновирања пешачких простора као јавног добра. Направљен и први пут искоришћен у Великој Британији у Лондону, познат као VURT, систем који користећи упитник намењен самим пешацима, а не стручњацима области, даје вредност пројекта реконструкције пешачких простора.

2 ШТА ЈЕ „VURT“

VURT тј. „Valuing Urban Realm Toolkit“, развијен од стране „Transportation for London“ у циљу да објективно оправда улагање у јавни простор. Стављајући економску вредност на погодности које је тешко вредновати. Овако омогућава да се

упоредно користе са уобичајеним мерама, процењујући могућности будућих предлога као и вредновање већ одрађених пројеката.

2.1 Како ради „VURT“

VURT користи систем прегледа пешачке животне средине, или PERS (Pedestrian Environment Review System), такође развијен у Великој Британији, да објективно процени промене у квалитету јавног простора за пешаке и кориснике јавног простора. PERS користи упитник који је састављен од 17 питања. Постоје две групе питања, и то:

- Кретање пешака кроз простор (11 питања)
- Пасивна вредност погодности простора (6 питања)

Питања су типа скале од -3 до +3, где 0 представља неутрално стање. VURT користи исходе питања да одреди економску вредност дела простора на које се питање односи. PERS омогућава да се провере мере које су начињене или тек треба да се поставе на пешачком простору. Овај преглед може да се дефинише као системски процес који омогућава да се објективно процени квалитет пешачке околине.

3 МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

„VURT“ је више степени процес који се састоји од:

1. Процене постојећег квалитета PERS-а
2. Процене будућег квалитета PERS-а, који се види са планова
3. Процена колико пешака ће осетити промену у квалитету, засновану на тренутном протоку пешака и на предвиђеном протоку пешака (за раст протока пешака се препоручује 4,3%)
4. Вредност промена погодности квалитета између постојећег и будућег стања на основу WtP принципа економског вредновања
5. Ануализација корисничких погодности ради рачунања укупних погодности које ће предложено стање да оствари

Модел за квантификовање вредности побољшања је следећи:

$$V = \left(\frac{\sum PERS * WtP}{100} \right) * \left(\frac{L}{v_p} \right) * \left(\frac{Q_p}{60} \right) \quad (1)$$

Где је:

V – Вредност побољшања

L – Дужина простора

Q_p – Проток пешака

v_p - Брзина пешака, препоручена брзина пешака износи 1,33 m/s

WtP (Willingness to Pay) – цена коју су људи спремни да плате за коришћење услуге. Препоручена вредност коју метода даје износи 0,67 РСД/минут.

PERS – Вредности добијене из анкете корисника

Проток пешака се рачуна класичним бројањем пешака у вршном часу, који се користи за цео дан. Метод препоручује да се проток пешака измери у току радног дана између 13:00 и 14:00 часова, а да се за викенд искористи коефицијент да се повећа проток. Коефицијент износи 10,69. Међутим проток се у овом истраживању

рачунао на основу истраживања за прикупљање података о бициклическом и пешачком протоку [5]. Овим начином бројања се долази до реалнијег протока пешака у току дана, месеца и године. Мерење протока се врши, кад год истраживач жели.

Приликом овог истраживања дан бројања пешака је био радни дан у месецу Мају између 13:00 и 14:00 часова. Коефицијент за добијање истог бројног сата у Мају за нерадни дан износи 1,40. Следеће табеле приказују коефицијенте експанзије протока пешака по сатима за радне и нерадне дане.

Табела 1: Табела коефицијената за радне дане

Време	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
k	0,29	0,25	0,22	0,19	0,19	0,17	0,18	0,23
Време	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
k	0,32	0,44	0,53	0,69	0,81	1,00	1,28	1,53
Време	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
k	0,70	1,75	1,44	1,34	1,24	1,06	0,72	0,37

Табела 2: Табела коефицијената за нерадне дане

Време	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
k	0,19	0,14	0,14	0,16	0,15	0,12	0,11	0,15
Време	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
k	0,21	0,34	0,49	0,61	0,73	1,00	1,29	1,31
Време	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
k	1,63	1,82	1,58	1,37	1,18	0,90	0,55	0,28

Табела 3: Коефицијенти протока у току године

Месец	Јануар	Фебруар	Март	Април	Мај	Јун
k	0,13	0,14	0,23	0,52	1,00	1,68
Месец	Јул	Август	Септембар	Октобар	Новембар	Децембар
k	1,87	1,70	1,28	0,65	0,34	0,12

Приликом рада на анкети PERS, додато је 18. питање, које се односи на WtP. Људи који су анкетирани су сами могли да унесу цену коју су спремни да плате за коришћење јавног простора.

4 ИСТРАЖИВАЊЕ

Вредновање пројекта Трга републике је отежано тиме што се ради након реконструкције, и то читаве три године. Реконструкција је одражена 2020. године, а вредновање 2023. године. За почетну годину ће се узети 2020. година. Међутим, проток пешака је измерен за 2023. годину, те ће се стопом од 4,3% смањити по години уназад до 2020. Овим путем ће се добити проток за 2020. годину. Истражиће се период од препоручених 15 година, тј. од 2020 до 2035.

Истраживањем се дошло до податка да је цена реконструкције једнака 6,4 милиона евра, а то у против динарској вредности износи 768.262.900 РСД.

Препоручена износ WtP мора да се подигне на јединицу РСД/сат, са вредности 0,67 РСД/минут постаје 40,6 РСД/сат. Овај податак ће се користити приликом вредновања на самом крају.

4.1 Проток пешака

Проток пешака је мерен на дан 10.05.2023. између 13:00 и 14:00 часова. Ово је радни дан (среда). Бројање пешака је вршено уз помоћ слободно приступних камера. Овако се види цео Трг републике на малом екрану, те је бројање на више страна лакше. Овај начин бројања је добар кад бројање врши само један истраживач. Са више истраживача би могло да се организује теренско бројање. Проток пешака за дан мерења износи 2133 пешака. Одатле се са коефицијентом 1,4 добија проток пешака за исти временски период за викенд. Проток пешака за викенд износи 2996 пешака/час. Користећи коефицијенте из табела 1 и 2 добија се проток за остале сате радних и нерадних дана.

Табела 4: Табела протока за радне дане

Време	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
Q	609	539	465	405	395	364	374	494
Време	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
Q	673	947	1138	1472	1728	2133	2720	3271
Време	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
k	3631	3724	3068	3864	2653	2255	1543	784

Табела 5: Табела протока пешака за нерадне дане

Време	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
k	566	427	427	482	443	345	321	436
Време	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
k	616	1028	1474	1831	2181	2996	3861	3914
Време	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
k	4872	5452	4719	4105	3545	2694	1644	824

Из табела 4 и 5 се добија проток у току радног и нерадног дана. Одатле се види да проток пешака у току радног дана износи 38250 пешака/сат, а за нерадних дана износи 49203 пешака/сат. За месец Мај у 2023. години проток пешака износи 1.273.377 пешака/месец. Затим се користе коефицијенти наведени у табели 3, и одатле се добија табела 6.

Табела 6: Табела протока по месецима

Месец	Јануар	Фебруар	Март	Април	Мај	Јун
Q	159.975	173.743	294.582	661.930	1.273.377	2.134.654
Месец	Јул	Август	Септембар	Октобар	Новембар	Децембар
Q	2.383.880	2.161.126	1.628.957	831.737	434.412	153.226

Сабирањем свих протока по месецима добија се 12.291.598 пешака/год. Са растом од 4,3%, добија се табела 7 протока пешака за претходне 3 и наредних 11 година. У истој табели ће бити приказан и ПГДСП.

Табела 7: Проток пешака у току године и ПГДСП

Година	Проток	ПГДСП
2020	10.773.186	29.435
2021	11.257.247	30.842
2022	11.763.059	32.228
2023	12.291.598	33.676
2024	12.820.136	35.028
2025	13.371.402	36.634
2026	13.946.373	38.209
2027	14.546.067	39.852
2028	15.171.547	41.452
2029	15.823.924	43.353
2030	16.504.353	45.217
2031	17.214.040	47.162
2032	17.954.244	49.055
2033	18.726.276	51.305
2034	19.531.506	53.511
2035	20.371.361	55.812

4.2 Резултати анкете PERS

Анкета је рађена путем интернета, где су одговори сакупљани између 3. и 15. Маја. Укупно је урађено 111 анкета. Одговори су сумирани по питању и приказани испод. У табели 8 је приказано побољшање са старог на тренутно стање Трга републике. У анкети се налази додатно питање везано за WtP, овим истраживањем је утврђено да су пешаци спремни да плате 55,3 РСД/сат за коришћење простора Трга републике.

Табела 8: Побољшање оцене по питању

Питање	Побољшање	Питање	Побољшање
Питање 1	0	Питање 10	2
Питање 2	1	Питање 11	2
Питање 3	0	Питање 12	1
Питање 4	5	Питање 13	2
Питање 5	2	Питање 14	2
Питање 6	3	Питање 15	0
Питање 7	0	Питање 16	0
Питање 8	2	Питање 17	2
Питање 9	5		

5 РАЗУЛТАТИ

Кад се узме у обзир да реконструкција Трга републике износи 6,4 милиона евра, тј. 768.262.900 РСД. Након 15 година са WtP индексом од 40,6, добија се износ једнак 214.292.452 РСД, док са индексом од 55,3 се добија 291.881.099 РСД. У оба случаја почетна инвестиција није покривена након 15 година, и то, 28% и 38%, респективно, од почетне инвестиције.

6 ЗАКЉУЧАК

Међутим ако се настави након 15 година, почетна инвестиција ће се покрити након 40 година за индекс 40,6 РСД/сат, а за индекс 55,3 РСД/сат ће се покрити након 30 година експлоатације. Кад се узме у обзир да је претходна реконструкција рађена пре 75 година (1945), период повратка инвестиције од 30 до 40 година је прихватљив.

Мора да се напомене да се у крајњи износ не додаје добит од моторизованог саобраћаја, инфлације као ни трошкови одржавања. Метода показује одличну способност комбиновања са методама вредновања саобраћајне инфраструктуре, које су намењене за моторизован саобраћај. Међутим препоручен период од 15 година је кратак те мора да се размотри о повећању периода разматрања.

Табела 9: Вредности реконструкције Трга републике по годинама

Година	ПГДСП	Вредност (WtP = 40,6 РСД/сат)	Вредност (WtP = 55,3 РСД/сат)
2020	29.435	9.537.126	12.990.223
2021	30.842	9.965.700	13.573.970
2022	32.228	10.413.545	14.183.967
2023	33.676	10.881.425	14.821.251
2024	35.028	11.349.293	15.458.520
2025	36.634	11.837.217	16.123.105
2026	38.209	12.346.132	16.816.284
2027	39.852	12.877.020	17.539.390
2028	41.452	13.430.710	18.293.553
2029	43.353	14.008.267	19.080.226
2030	45.217	14.610.565	19.900.597
2031	47.162	15.239.035	20.756.617
2032	49.055	15.894.130	21.648.901
2033	51.305	16.577.726	22.580.006
2034	53.511	17.290.531	23.550.895
2035	55.812	18.034.032	24.563.596

ЗАХВАЛНИЦА

Захваљујем се професору др Владану Тубићу, на подстицају да објавим своје истраживање.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Michael Nettelship, B. Arch (Hons), Olivia Johnstone, BLA (Hons) „A VALUE OF THE URBAN REALM TOOLKIT FOR AUCKLAND“
- [2] „Technical note – Lengley Station PERS and VURT Draft Method and Outputs v0.2“
- [3] <https://www.istinomer.rs/izjava/radovi-na-trgu-republike-64-miliona-evra/>
- [4] <https://uzivokamere.com/trg-republike-beograd/>
- [5] Eric Minge, Cortney Falero, Greg Lindsey, Michael Petesch, Tohr Vorvick “Bicycle and Pedestrian Data Collection Manual”
- [6] Menghang Liu, Luning Li, Qiang Li, Yu Bai, Cheng Hu “Pedestrian Flow Prediction in Open Public Places Using Graph Convolutional Network”
- [7] <https://www.beograd.rs/cir/upoznajte-beograd/3185-trg-republike/>

Valuation methods for pedestrian spaces, an example for Republic Square

Traditional economic models and cost-benefit analysis ignore valuing of pedestrian spaces. They seem to not care about time saving or upgrading safety. Hence pedestrian space is seen as good to have, while also being one of elemental infrastructural elements. With introduction of VURT, pedestrian spaces will have a way to be valued. Unlike traditional methods, VURT uses PERS, that is a questionnaire meant for pedestrians that use the space. Made in UK, to objectively present the upgrade of space. Method used on historic square of Republic in Belgrade, Serbia, in an attempt to value the finished reconstruction.

Key words: traffic, valuing, pedestrian flow

Postpandemijski uticaj COVID-19 na promene u saobraćajnim tokovima, uz dodatno razmatranje efekata krize u Ukrajini

Ana Tomić, Saobraćajni fakultet, Beograd, ana.ttomic2000@gmail.com

Katarina Bošković, Saobraćajni fakultet, Beograd, katarinaboskovic45@gmail.com

Rezime: Pandemija COVID-19 prvobitno je izazvala zdravstvenu krizu, ali su njene posledice vremenom postale značajno obimnije, uzrokujući poremećaje u svim segmentima ljudskog života. Nakon dužeg vremenskog perioda praćenog ovom krizom, beleži se oporavak drumskog saobraćaja. Cilj ovog rada je da istraži postpandemijski uticaj COVID – 19 na promene u saobraćajnim tokovima na određenim deonicama putne mreže Republike Srbije, sa posebnim naglaskom na kvantitativnu analizu saobraćaja nakon završetka pandemije, uz dodatno razmatranje efekata krize u Ukrajini koja je izazvala promene cena goriva. Radi identifikovanja promena saobraćajnih tokova izvršena je analiza na mrežama različitih funkcionalnih nivoa – IA, IB i IIA reda. Analiza promena saobraćaja je sprovedena na merodavnim deonicama sa različitim karakterima kretanja (deonice sa tipično lokalnim kretanjima, putevi sa daljinskim kretanjima, deonice sa tipično turističkim kretanjima, vangradske deonice kao i same gradske saobraćajnice). Zaključak ovih analiza je značajan za procenu buduće saobraćajne potražnje, s obzirom da je pandemija završena, a da je počela kriza u Ukrajini. Stoga, rezultati ove analize treba da ukažu na otpornost samog sistema na spoljašnje uslove, kao i kakav su uticaj navedene krize imale na prostornu distribuciju i strukturu saobraćajnih tokova.

Ključne reči: saobraćajni tok, COVID – 19, karakter tokova, struktura tokova

1 UVOD

Pandemija izazvana virusom COVID-19 uticala je na sve aspekte ljudskog života. Većina svetske populacije bila je prinuđena da značajno promeni svoje obrasce ponašanja u vezi sa brojnim svakodnevnim aktivnostima koje su prethodno smatrali uobičajenim. U periodu kulminacije COVID-19 pandemije (proleće 2020. godine), mnoge zemlje su izdale razne mere i instrukcije za ostanak kod kuće u pokušaju da dodatno smanje širenje bolesti smanjenjem mobilnosti ljudi [1]. Godine 2022. pandemija još traje, a svet se suočava sa novim izazovom, krizom u Ukrajini. S toga, cilj ovog rada je da istraži kako je pandemija COVID – 19 uticala na promene u saobraćajnim tokovima na određenim deonicama mreže Republike Srbije (RS), sa posebnim naglaskom na kvantitativnu analizu saobraćaja nakon završetka pandemije. Takođe, analiza će obuhvatiti i krizu u Ukrajini koja je dovela do promene cena goriva.

2 ANALIZA PROMENE SAOBRAĆAJNIH TOKOVA USLED PANDEMIJE COVID-19 I KRIZE U UKRAJINI

U svrhu analize saobraćajnih tokova, putna mreža Republike Srbije podeljena je u sledeće funkcionalne podgrupe, odnosno mreže:

- IA reda (90 deonica ukupne dužine 910,6 km, odnosno 92,2% ukupno izgrađene mreže državnih puteva IA reda na teritoriji RS)
- IB reda (406 deonica ukupne dužine 3898,4 km, odnosno 99% ukupno izgrađene mreže državnih puteva IB reda na teritoriji RS)
- IIA reda (319 deonica ukupne dužine 3747,8 km, odnosno 99,7% ukupno izgrađene mreže državnih puteva IIA reda na teritoriji RS).

U Tabeli 1 i na Grafiku 1 prikazan je izvedeni pokazatelj – prosečan PGDS na deonicama posmatrane mreže, dok je u Tabelama 2-3 prikazan pokazatelj srednja vrednost prosečne godišnje stope rasta saobraćaja na posmatranom delu mreže. Godine 2020. na svim posmatranim mrežama dolazi do pada vrednosti prosečnog PGDS-a, na šta je uticala globalna pandemija izazvana virusom COVID-19. Naredne, 2021. beleži se rast saobraćaja na svim posmatranim mrežama, s tim da je najveći rast primetan na mreži IA reda i on iznosi 41%. Takođe, vrednosti prosečnog PGDS-a na svim posmatranim mrežama su veće od vrednosti zabeleženih 2019. godine. 2022. godine nastavlja se rast manjeg inteziteta prosečnog PGDS-a u odnosu na 2021. godinu, s tim da su vrednosti svakako veće u odnosu na one iz 2019. godine. Ovaj trend se nastavlja i 2023. godine.

Tabela 1: Prosečan PGDS na posmatranoj mreži puteva za period 2019-2023. godine

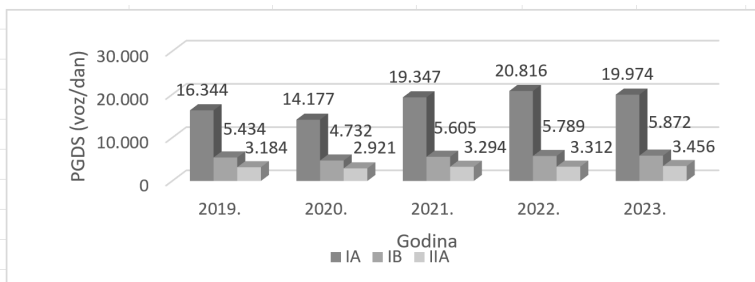
Mreža puteva	Prosečan PGDS na posmatranoj mreži puteva (voz/dan)				
	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
IA	15.226	11.563	16.304	17.338	18.065
IB	4.401	3.880	4.667	4.814	4.922
IIA	2.732	2.526	2.838	2.880	2.956

Tabela 2: Procentualna promena prosečnog PGDS-a

Mreža puteva	Procentualna promena (%)			
	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023
IA	-24,06	41,00	6,34	4,19
IB	-11,84	20,28	3,15	2,24
IIA	-7,54	12,35	1,48	2,64

Tabela 3: Procentualna promena prosečnog PGDS-a u odnosu na 2019. godinu

Mreža puteva	Procentualna promena (%)			
	2019/2020	2019/2021	2019/2022	2019/2023
IA	-24,06	7,08	13,87	18,65
IB	-11,84	6,04	9,38	11,84
IIA	-7,54	3,88	5,42	8,20



Grafik 1. Prosečan PGDS na posmatranoj mreži puteva za period 2019-2023. godine

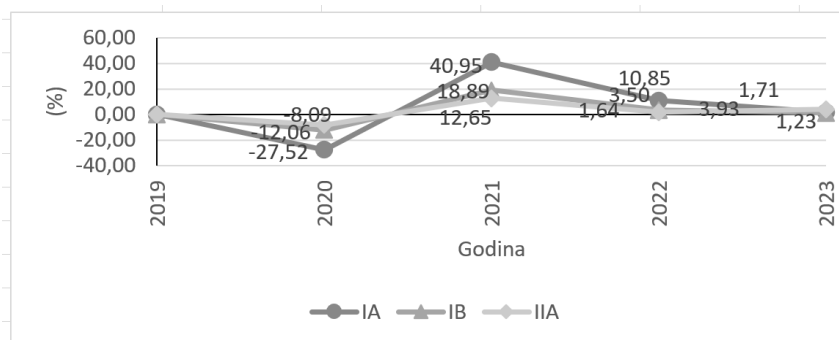
U Tabeli 4 prikazan je pokazatelj – ukupno ostvaren transportni rad na posmatranim mrežama, a u Tabeli 5 i na Grafiku 2 pokazatelj prosečna godišnja stopa rasta transportnog rada. Ovaj pokazatelj približnije opisuje zbivanja na mreži, jer pored podataka o protoku vozila uzima u obzir i prosečnu dužinu mreže na kojoj se kretanja realizuju [2].

Tabela 4. Ostvareni transportni rad na posmatranoj mreži puteva za period 2019-2023. godine

Mreža puteva	Transportni rad na posmatranoj mreži puteva (voz x km x 365)				
	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
IA	5.365.290.125	3.888.578.965	5.480.888.180	6.075.362.950	6.179.030.250
IB	6.364.314.105	5.596.902.335	6.654.296.020	6.887.216.025	6.971.923.035
IIA	3.775.607.450	3.470.131.285	3.909.114.960	3.973.272.470	4.129.415.820

Tabela 5. Prosečna godišnja stopa rasta transportnog rada

Mreža puteva	Procentualna promena (%)			
	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023
IA	-27,52	40,95	10,85	1,71
IB	-12,06	18,89	3,50	1,23
IIA	-8,09	12,65	1,64	3,93



Grafik 2. Procentualna promena ostvarenog transportnog rada na posmatranoj mreži puteva za period 2019-2023. godine

U 2020. godini na svim posmatranim mrežama beleži se pad ostvarenog transportnog rada, kao posledica pandemije izazvane virusom COVID-19. Najviši pad, oko 28%,

registrovan je na mreži najvišeg funkcionalnog nivoa, mreži IA reda. Tokom 2021. godine dolazi do porasta transportnog rada na svim posmatranim mrežama jer je tada većina mera vezanih za pandemiju ukinuta ili ublažena. Takođe, najviši rast beleži se na mreži IA reda, oko 41%. 2022. i 2023. godine beleži se dalji rast transportnog rada, s tim da je taj rast blažeg intenziteta u odnosu na prethodnu, 2021. godinu, kao posledica krize u Ukrajini koja je značajno doprinela inflaciji na globalnom nivou i rastu cena goriva.

3 PROMENA VELIČINE PGDS-A PO KATEGORIJAMA MREŽE PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI U PERIODU OD 2019. DO 2023. GODINE

S obzirom na postojanje različitih kategorija saobraćajnih tokova, odnosno tranzitnih, izvorno-ciljnih i lokalnih, izvršen je izbor merodavnih deonica za sledeće kategorije puteva:

- 1) putevi sa dominantno daljinskim kretanjima;
- 2) tipično vangradski putevi;
- 3) putevi sa dominantno lokalnim kretanjima;
- 4) putevi sa dominantno sezonskim (turističkim) kretanjima i
- 5) putevi na kojima vladaju gradski uslovi u saobraćajnom toku [3].

3.1 Putevi sa dominantno daljinskim kretanjima

Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 6 može se uočiti drastičan pad prosečnog PGDS-a u 2020. godini, nakon čega sledi intenzivan rast naredne 2021. godine. Godine 2022. nastavlja se dalji rast prosečnog PGDS-a, dok 2023. dolazi do blažeg pada njegove vrednosti.

Tabela 6. Vrednosti PGDS-a na deonicama puteva sa dominantno daljinskim kretanjima

Naziv deonice	Oznaka puta	Dužina (km)	PGDS (voz/dan)				
			2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Subotica jug - Žednik	IA A1	11,1	10.309	6.847	9.666	10.915	11.582
Batrovci - Adaševci	IA A3	6,6	8.134	4.675	6.078	7.345	8.024
Batočina - Jagodina	IA A1	21,9	22.924	13.836	23.706	25.880	22.014
Pečinci - Šimanovci	IA A3	14,8	18.335	13.276	17.909	19.979	21.005
Pojate - Ražanj	IA A1	12,7	17.500	11.506	18.006	19.500	21.084
Aleksinac - Trupale	IA A1	21,1	19.661	14.445	20.681	22.174	23.431
Trupale - Niš sever	IA A4	2,5	17.774	13.227	16.904	18.616	19.615
Gradina - granica SRB/BUG	IA A4	2,0	5.140	2.931	3.850	4.437	5.047
Prosečan PGDS (voz/dan)			17.619	11.825	17.763	19.450	19.372

3.2 Tipično vangradski putevi

Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 7 može se uočiti drastičan pad prosečnog PGDS-a u 2020. godini, nakon čega sledi rast 2021. godine. Trend rasta se nastavlja i naredne, 2022. godine, dok 2023. dolazi do pada vrednosti prosečnog PGDS-a.

Tabela 7. Vrednosti PGDS-a na deonicama tipično vangradskih puteva

Naziv deonice	Oznaka puta	Dužina (km)	PGDS (voz/dan)				
			2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Kač - Žabalj	IB 12	13,3	9.451	8.865	10.213	10.618	11.050
Žabalj - Zrenjanin	IB 12	26,7	8.118	7.599	8.876	9.058	8.954
S.Kamenica - Irig (Krušedol)	IB 21	14,9	9.098	8.101	9.288	9.696	9.833
Jarak - Granica APV (Šabac)	IB 21	20,8	9.023	7.694	9.032	9.455	7.387
Ruma (Voganj) - Ruma (veza sa A3)	IB 21	4,1	10.114	8.673	10.720	11.165	9.981
Petlja Pojate - Čičevac	IB 23	3,9	7.947	7.495	9.008	9.578	8.051
Makrešane - Kruševac (Jasika)	IB 23	6,7	4.764	4.589	6.229	5.557	6.843
Koševi - Stopanja	IB 23	8,5	7.839	7.061	8.355	8.784	9.225
Preljina - Mrčajevci	IB 22	12,3	13.543	13.197	14.763	16.494	16.710
Mrčajevci - Kraljevo	IB 22	19,9	7.057	6.996	8.577	9.010	9.482
Mataruška Banja - Ušće	IB 22	39,1	6.586	5.981	7.079	7.118	7.124
Biljanovac - Brvenik	IB 22	8,2	5.610	4.830	6.043	5.934	5.808
Raška (Kuti) - N.Pazar (Banja)	IB 22	17,4	6.714	5.828	7.177	7.125	7.148
Prosečan PGDS (voz/dan)			7.988	7.321	8.654	8.950	8.823

3.3 Putevi sa dominantno lokalnim kretanjima

Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 8 može se uočiti drastičan pad prosečnog PGDS-a u 2020. godini, nakon čega sledi intenzivan rast naredne 2021. godine. 2022. godine dolazi do blagog pada vrednosti, koja ponovo raste 2023. godine.

Tabela 8. Vrednosti PGDS-a na deonicama puteva sa dominantno lokalnim kretanjima

Naziv deonice	Oznaka puta	Dužina (km)	PGDS (voz/dan)				
			2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Stara Pazova - Nova Pazova	IJA 100	9,6	10.697	10.220	11.817	10.953	11.980
Lipovička šuma - Meljak	IB 22	3,1	17.368	12.346	13.270	13.257	13.861
Lazarevac (Ibarski put) - Čelije	IB 22	4,5	17.133	11.895	12.698	12.763	12.971
Vlaško Polje - Mladenovac	IB 25	6	14.913	13.835	15.421	15.901	16.068
Prosečan PGDS (voz/dan)			13.927	11.764	13.114	12.892	13.481

3.4 Putevi sa dominantno sezonskim (turističkim) kretanjima

Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 9 može se uočiti drastičan pad prosečnog PGDS-a u 2020. godini, nakon čega sledi intenzivan rast naredne 2021. godine. Trend rasta se nastavlja i u narednom periodu.

Tabela 9. Vrednosti PGDS-a na deonicama puteva sa dominantno sezonskim (turističkim) kretanjima

Naziv deonice	Oznaka puta	Dužina (km)	PGDS (voz/dan)				
			2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Pakovraće - Kratovska Stena	IB 23	17,9	10.211	9.179	11.729	13.276	13.909
Požega - Užice	IB 23	22,1	11.801	9.768	13.479	14.475	15.051
Bela Zemlja - Sušica	IB 23	7,0	9.873	9.256	13.449	14.443	15.383
Zlatibor - Ržav	IB 23	3,7	5.769	5.061	7.060	7.582	7.949
Mijoska - granica SRB/CG	IB 23	30,2	3.239	2.151	3.434	3.802	4.188
Merošina - Doljevac	IA A1	10,6	11.540	7.186	10.945	12.529	13.499
Ribariće - Bregovi	IB 22	12,6	2.463	1.892	2.979	2.485	1.995
Brus - Brzeće	IIA 211	17,5	1.489	1.479	1.654	1.715	1.687
Prosečni PGDS (voz/dan)			6.672	5.383	7.519	8.188	8.577

3.5 Putevi na kojima vladaju gradski uslovi u saobraćajnom toku

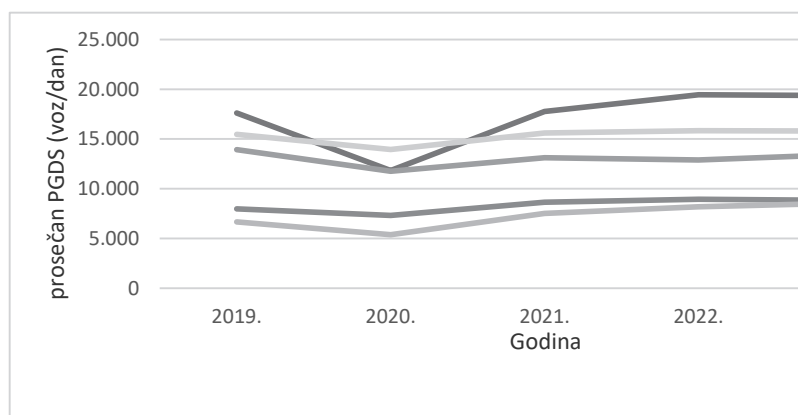
Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 10 može se uočiti drastičan pad prosečnog PGDS-a u 2020. godini, nakon čega sledi intenzivan rast naredne 2021. godine. Trend rasta se nastavlja i u narednom periodu, 2022. godine, dok 2023. godine dolazi do neznatnog opadanja vrednosti prosečnog PGDS-a.

Tabela 10. Vrednosti PGDS-a na deonicama puteva na kojima vladaju gradski uslovi u saobraćajnom toku

Naziv deonice	Oznaka puta	Dužina (km)	PGDS (voz/dan)				
			2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Nova Pazova - Batajnica	IIA 100	3,2	7.709	8.008	9.259	8.582	8.202
Petlja Ostružnica - Umka	IB 26	7,2	17.435	13.373	14.588	15.099	14.317
Petlja Pančevo - gr.APV (Pančevo)	IB 10	3,0	14.689	14.202	14.575	15.284	15.483
Kraljevo (Beranovac) - Mat. Banja	IIB 410	11,2	16.631	15.953	18.342	18.546	19.007
Prosečan PGDS (voz/dan)			15.469	13.951	15.602	15.843	15.799

Na Grafiku 3 prikazana je promena prosečnog PGDS-a analiziranih kategorija tokova za period od 2019. do 2023. godine. Na osnovu prikazanih podataka može se uočiti značajan pad prosečnog PGDS-a na svim kategorijama tokova u 2020. godini, s tim da se najveći pad beleži na putevima sa dominantno daljinskim kretanjima. Godine 2021. dolazi

do intenzivnog rasta prosečnog PGDS-a. Takođe, najveći rast prosečnog PGDS-a beleži se na putevima sa dominantno daljinskim kretanjima. Naredne, 2022. godine može se uočiti pad vrednosti prosečnog PGDS-a na putevima sa dominantno lokalnim kretanjima, dok se na ostalim kategorijama tokova nastavlja dalji rast ove vrednosti. Godine 2023. dolazi do pada prosečnog PGDS-a na putevima sa daljinskim, vangradskim i gradskim kretanjima, dok na putevima sa lokalnim i turističkim kretanjima ova vrednost beleži rast.



Grafik 3. Promena prosečnog PGDS-a analiziranih kategorija tokova za posmatrani period

Takođe, analizirane su promene prosečnih godišnjih stopa rasta PGDS-a na reprezentativnim deonicama po kategorijama mreže puteva za period od 2019. do 2023. godine. Ono što se primećuje je negativna stopa rasta PGDS-a na gotovo svim deonicama puteva različite kategorije u 2020. godini u odnosu na 2019. Ovo je posledica početka pandemije COVID-a 19. Što se tiče perioda posle 2020. godine, uočava se pozitivna stopa rasta na skoro svim deonicama, svih kategorija puteva. Nakon 2020. godine nastavlja se trend pozitivne stope rasta, što svedoči oporavku drumskog saobraćaja od posledica pandemije.

Na ukupno 9 deonica (3 deonice puteva sa dominantno daljinskim kretanjima, 2 deonice tipično vangradskih puteva, 2 deonice puteva sa dominantno lokalnim kretanjima, 1 deonica puteva sa dominantno turističkim kretanjima i 1 deonica gradskih saobraćajnica) se zapaža manja vrednost PGDS-a u 2023. godini u odnosu na 2019.

4 ANALIZA UTICAJA KRIZE U UKRAJINI NA PROMENE U STRUKTURI TOKA NA REPREZENTATIVNIM DEONICAMA MREŽE PUTEVA REPUBLIKE SRBIJE 2022. U ODNOSU NA 2019. GODINU

Sva vozila su podeljena u tri kategorije, prva kategorija su putnički automobili, druga kategorija su autobusi i treća kategorija su sva teretna vozila (lako, srednje teško i teško teretno vozilo), kao i auto-voz.

Na putevima sa dominantno daljinskim kretanjima stopa rasta za kategoriju putnički automobil je negativna na dve od posmatranih osam deonica i to na deonicama koje su u blizini graničnih prelaza. Stope se kreću od -15,33% do +13,76%. Kategorija autobus na daljinskim putevima ima izrazito negativnu stopu rasta 2022. u odnosu na 2019. godinu, gde vrednosti na deonicama u blizini graničnih prelaza dolaze i do -40,00% (granični

prelaz sa Bugarskom). Stope se kreću od -40,00% do -5,33%. Vrednosti stopa rasta za teretna vozila su veoma slične vrednostima za kategoriju putničkih automobila. Zabeležene su pozitivne vrednosti stope rasta na 6 od 8 deonica, dok su na dve deonice u blizini graničnih prelaza zabeležene negativne stope rasta. Stope se kreću od -9,79% do +24,15%. Na tipično vangradskim putevima stope rasta putničkih automobila 2022. godine u odnosu na 2019. godinu su pozitivne na svim posmatranim deonicama i kreću se od +3,61% do +29,30%. Ovo važi i za kategoriju teretnih vozila, dok kategorija autobus ima negativnu stopu rasta na svim deonicama, gde je zabeležen najintezivniji pad od -32,73%. Putevi sa dominantno lokalnim kretanjima, beleže negativnu stopu rasta putničkih automobila na dve od četiri deonice, gde se stope kreću od -22,35% do +6,07%. Za kategoriju teretna vozila stope rasta se kreću od -45,22% do +19,05%. Kategorija autobus beleži pad na svim deonicama, krećući se od -36,87% do -6,98%. Putevi sa dominantno turističkim kretanjima beleže pozitivne stope rasta za putničke automobile, gde se stope kreću od +1,03% do +49,04%. Kategorija teretnih vozila isto beleži pozitivne stope rasta na svim deonicama. Kategorija autobus beleži negativnu stopu rasta na skoro svim deonicama i one su u opsegu od -40,67% do +2,03%. Na gradskim saobraćajnicama kategorija putničkih automobila beleži pozitivnu stopu rasta na tri od četiri posmatrane deonice, stope se kreću od -11,53% do +13,22%. Kategorija teretnih vozila na dve od četiri deonice beleži pozitivan rast, u njihovom slučaju stope rasta se kreću od -35,16% do +17,23%, dok kategorija autobus beleži pozitivan rast na dve od četiri deonice gde se stopa rasta kreće od -35,58% do +5,51%.

Kao posledica početka krize u Ukrajini, cena goriva je skočila. Rezultati istraživanja su pokazali da korisnici putničkih automobila posle drastičnog poskupljenja goriva, nisu odustali od korišćenja ovog vida prevoza. Zabeležene su pozitivne stope rasta ove kategorije vozila 2022. godine u odnosu na 2019. godinu i to na skoro svim deonicama svih posmatranih kategorija puteva. Stopa rasta kategorije autobusa je negativna za skoro sve deonice svih posmatranih kategorija puteva, vršeći poređenje 2022. godine u odnosu na 2019. Stope rasta su pozitivne za teretna vozila, uglavnom na svim kategorijama puteva, osim na putevima sa dominantno lokalnim kretanjima gde je stopa rasta negativna na tri od četiri analizirane deonice.

5 ZAKLJUČAK

U ovom radu pažnja je bila usmerena na analizu promena u saobraćajnim tokovima na određenim deonicama putne mreže Republike Srbije, sa posebnim naglaskom na kvantitativnu analizu saobraćaja nakon završetka pandemije, uz dodatno razmatranje efekata krize u Ukrajini koja je izazvala promene cena goriva. Pandemija virusa COVID-19 uzrok je drastičnog pada vrednosti prosečnog PGDS-a na svim posmatranim mrežama puteva (IA red, IB red i IIA red) u 2020. godini. Ovaj trend se nije nastavio u narednim godinama, već je zabeležen intenzivan rast u narednoj 2021. godini. Vrednost prosečnog PGDS-a je nastavila sa rastom i u naredne dve godine ali sa nešto manjim intenzitetom. U godinama posle 2020. vrednosti prosečnog PGDS-a su značajno veće nego što je to bio slučaj 2019. godine, odnosno pre početka pandemije virusa COVID-19. Kada je reč o promeni prosečnog PGDS-a u odnosu na posmatrane kategorije puteva, sve kategorije su u 2020. godini zabeležile pad vrednosti PGDS-a, a zatim intenzivan rast u narednoj 2021. godini, kao i nešto umereniji rast naredne dve godine. Od svih kategorija puteva, putevi sa

dominantno daljinskim kretanjima su imali najveću oscilaciju vrednosti prosečnog PGDS-a 2020. godine u odnosu na 2019. kao i naredne 2021. godine u odnosu na prethodnu 2020. godinu. Ovo je posledica karaktera daljinskih puteva koji povezuju udaljena regionalna ili makroregionalna saobraćajna težišta. Analizom strukture toka zaključuje se da poskupljenje goriva nije značajno uticalo na korišćenje putničkih automobila. Uočava se da na svim kategorijama puteva, kao i na većini deonica, postoje pozitivne stope rasta putničkih automobila i teretnih vozila, dok su stope rasta saobraćaja za autobuse na skoro svim deonicama, svih kategorija puteva negativne. Kako je uticaj aktuelne krize u Ukrajini na globalnu ekonomiju neizvestan, buduća istraživanja će zahtevati da se pri analizi i definisanju stopa rasta saobraćaja pažljivo prati stanje ekonomskih indikatora, ali i svih ostalih društveno – političkih zbivanja.

LITERATURA

- [1] Simunek, M., Smutny, Z., Dolezel, M. (2021). The Impact of the COVID-19 Movement Restrictions on the RoadTraffic in the Czech Republic during the State of Emergency, Prague, Czech Republic
- [2] Stojićević, M., (2022). ANALIZA UTICAJA KRIZE IZAZVANE KOVIDOM-19 NA PROMENE SAOBRAĆAJNIH TOKOVA NA PUTNOJ MREŽI REPUBLIKE SRBIJE, BEOGRAD

SUMMARY

The post-pandemic impact of COVID-19 on changes in traffic flows, with additional consideration of the effects of the crisis in Ukraine

Abstract: The COVID-19 pandemic initially caused a health crisis, but over time its consequences became significantly broader, causing disruptions in all segments of human life. Road traffic, after a prolonged period of crisis, is beginning to return to its previous state. The aim of this paper is to investigate the post-pandemic impact of COVID-19 on changes in traffic flows on certain sections of the road network of the Republic of Serbia, with special emphasis on the quantitative analysis of traffic after the end of the pandemic, and additionally considering the effects of the crisis in Ukraine, which has caused changes in fuel prices. To identify changes in traffic flows, an analysis was conducted on networks of different functional levels – IA, IB, and IIA categories. The analysis of traffic changes was carried out on several representative sections with different movement characteristics (sections with typically local movements, roads with long-distance movements, sections with typically tourist movements, intercity sections, as well as urban streets). The conclusion of these analyses is significant for assessing future traffic demand, considering that the pandemic has ended, and the crisis in Ukraine has begun. Therefore, the results of this analysis should indicate the resilience of the system to external conditions and the impact these crises have had on the spatial distribution and structure of traffic flows.

Key words: traffic flow, COVID-19, flow characteristics, flow structure

Uspostavljanje baze podataka o prolascima državnih puteva kroz naselja

Marija Dotto, JP „Putevi Srbije, Beograd, marija.dotto@putevi-srbije.rs

Ana Lukić, JP „Putevi Srbije”, Beograd, ana.lukic@putevi-srbije.rs

Katarina Borović, JP „Putevi Srbije”, Beograd, katarina.borovic@putevi-srbije.rs

Zorana Zorić, JP „Putevi Srbije”, Beograd, zorana.zoric@putevi-srbije.rs

Ivana Ilić, JP „Putevi Srbije”, Beograd, ivana.ilic@putevi-srbije.rs

Rezime: Prolazak državnih puteva kroz naselja uzrok je jednog od glavnih problema bezbednosti saobraćaja na putevima, usled pojave disperzije brzina u saobraćajnom toku i pojave različitih kategorija učesnika u saobraćaju (motorna vozila, pešaci, biciklisti, osobe sa posebnim potrebama). Zbog toga je jako bitno definisati granice naselja postavljanjem saobraćajnih znakova „naselje” III-24 i „završetak naselja “ III-24.1 na adekvatna mesta. U ovom radu biće prikazana metodologija prikupljanja podataka u cilju uspostavljanja baze podataka o prolascima državnih puteva kroz naselja.

Gljučne reči: naselja, naseljeno mesto, upravljač puta, lokalna samouprava, ranjivi učesnici u saobraćaju.

1 UVOD

Na teritoriji Republike Srbije prostire se mreža puteva u dužini od oko 40.000 km, od čega državni putevi obuhvataju oko 17.000 km. S obzirom na dužinu postojeće mreže puteva i kontinuiranu izgradnju novih saobraćajnica širom Republike Srbije, neophodan je najviši nivo bezbednosti saobraćaja, i to u svim fazama životnog veka puta. Od ukupne dužine državnih puteva oko 20% prolazi kroz naselja, samim tim je unapređenje bezbednosti saobraćaja na delu koji prolazi kroz naselja od krucijalnog značaja za opštu bezbednost saobraćaja, posebno kada se govori o potrebama ranjivih učesnika u saobraćaju (prvenstveno pešaka i biciklista), ili o uređenju zona škole, koje se nalaze duž državnih puteva.

Razvoj mreža puteva u našoj zemlji je u najvećoj meri bio stohastičan bez jasno utvrđenih dugoročno planiranih trasa pružanja puteva, a posebno puteva sa funkcijom povezivanja i daljinskog povezivanja. Izostanak planiranja trase puteva, nedostatak materijalnih sredstava za izgradnju obilaznica oko saobraćajnih težišta kao i kontrole izgradnje saobraćajnih priključaka na obilaznice doprineo je postojećoj situaciji – u našoj zemlji najznačajniji putevi koji bi trebalo da imaju funkciju povezivanja prolaze kroz naselja.

Nadležnost upravljanja putevima podeljena je između upravljača državnim putevima – Javno preduzeće “Putevi Srbije” i upravljača opštinskim putevima, ulicama i nekategorisanim putevima – jedinica lokalne samouprave. Na osnovu donetog planskog dokumenta, na delu prolaska državnog puta kroz naselje se, zbog drugačijih zahteva i uslova saobraćaja, izrađuju dodatni elementi puta, širi kolovoz, trotoari, pešačke i

biciklističke staze, parkirališta, javna rasveta, autobuska stajališta. Dodatne elemente puta izrađuje nadležna lokalna samouprava na osnovu prethodno pribavljene saglasnosti upravljača državnog puta. Podeljena je nadležnost održavanja dela državnog puta koji prolazi kroz naselje, upravljač državnog puta održava kolovoz i saobraćajnu signalizaciju, osim uređaja za davanje svetlosnih saobraćajnih znakova i turističke signalizacije, dok dodatne elemente, koji su izgrađeni za potrebe naselja, održava jedinica lokalne samouprave.

Zakonom o putevima, jasno je prepoznata i definisana obaveza lokalne samouprave da donese odluku o prolasku državnog puta kroz naselje. Nedovoljna posvećenost, loša ekonomska situacija slabije razvijenih lokalnih samouprava i za njih kompleksna procedura rezultirala je da u postojećem stanju od 150 lokalnih samouprava samo 59 lokalnih samouprava ima donetu odluku o prolasku državnih puteva kroz naselja.

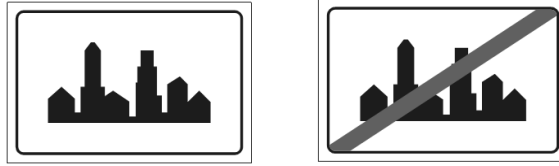
Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima predviđa obavezu svih jedinica lokalnih samouprava da pripreme, usvoje i sprovedu strateška dokumenta u skladu sa strategijom. Primena ovih dokumenata nije sistematski praćena, niti je jasno prepoznata odgovorna institucija koja bi pratila usvajanje strateških dokumenata na međunarodnom nivou, usaglašavanje nacionalnih i lokalnih dokumenata, redovno i stručno analizirala postignute rezultate i izveštavala javnost. Kao posledica, svega 20% jedinica lokalne samouprave je donelo lokalna strateška dokumenta (strategije i akcione planove), a najveći broj jedinica lokalne samouprave očekuje usvajanje strategije. Prema tome, može se zaključiti da u konkurenciji sa drugim važnim društveno – ekonomskim pitanjima, bezbednost saobraćaja nije prepoznata kao nezaobilazan prioritet, u skladu sa njenim društvenim značajem. Ako govorimo o prolasku državnog puta kroz naselje, nejasno podeljene odgovornosti značajno ugrožavaju uspostavljanje bezbednog saobraćaja na ovom delu mreže.

U nastavku, biće prikazano uspostavljanje baze podataka o prolascima državnih puteva kroz naselje na osnovu pozicija znakova „naselje” III-24 i „završetak naselja” III-24.1 primenom GIS tehnologija.

2 METODOLOGIJA USPOSTAVLJANJA BAZE PODATAKA

Baza podataka o prolascima državnih puteva kroz naselja sadrži podatke o poziciji saobraćajnih znakova „naselje” III-24 i „završetak naselja” III-24.1 (Slika 1), koji označava mesto od koga počinje naselje tj. kome se završava naselje, kao i podatke o pripadnosti dela deonice državnog puta naselju.

Struktura baze podataka je slojevita, a entiteti u bazi su tačkastog ili linijskog tipa. Osnovna ideja je da se na osnovu pozicija saobraćajnih znakova za početak i završetak naselja izvrši segmentiranje mreže državnih puteva tako što će se za svaki segment puta utvrditi da li pripada delu koji prolazi kroz naselje ili ne. Podaci tačkastog tipa, koji se odnose na pozicije mesta od koga počinje naselje, tj. na kome se završava naselje prikupljeni su u okviru redovnog ažuriranja inventara mreže državnih puteva, dok su podaci linijskog tipa, koji se odnose na pripadnost segmenta deonice naselju, dobijeni primenom različitih GIS alata nad prethodno prikupljenim podacima.



Slika 1: Saobraćajni znakovi "naselje" (III-24) i "završetak naselja" (III-24.1), koji označavaju mesto od koga počinje odnosno na kome se završava naselje;

Podaci tačkastog tipa definisani su sledećim atributima:

- Naziv naselja koje u datoj tački počinje ili se završava
- Matični broj naselja koje u datoj tački počinje ili se završava
- Kategorija puta koji prolazi kroz pomenuto naselje
- Oznaka puta i oznaka deonice koja prolazi kroz pomenuto naselje
- Smer deonice (ako je deonica predviđena za dvosmerni saobraćaj (O-obostrano), za jednosmeran saobraćaj u pravcu rasta stacionaže (D-desno), za jednosmeran saobraćaj u smeru suprotnom od smera rasta stacionaže (L-levo), ili ako je deonica u jednom svom delu (odseku) predviđena za obostrani saobraćaj a na drugom delu (odseku) su razdvojeni smerovi vožnje (M-mešovita))
- Stacionaža početka ili završetka naselja
- Vrsta pojave koja se definiše u smeru rasta stacionaže (P i Z- koje redom označavaju početak, odnosno završetak naselja)
- Slike sa terena kao prilog u .jpg formatu
- Komentar
- X,Y koordinate pozicije tačke u kojoj naselje počinje ili se završava

Podaci linijskog tipa definisani su sledećim atributima:

- Oznaka puta i oznaka deonice kojoj segment pripada
- Kategorija puta kojem segment pripada
- Oznaka početnog i završnog čvora deonice kojoj segment pripada
- Naziv početnog i završnog čvora deonice kojoj segment pripada
- Naziv naselja (ukoliko segment deonice prolazi kroz naselje)
- Status (da li se segment nalazi u naselju, van naselja ili ne postoje podaci o tome)
- Smer deonice kojoj segment pripada

Na Slici 2 dat je prikaz deonica referentnog sistema državnih puteva podeljenih na segmente, pri čemu su zelenom bojom prikazani delovi puta koji pripadaju određenom naselju, dok su crvenom bojom prikazani oni koji ne prolaze kroz naselje.

U donjem delu Slike 1 može se videti tabelarna struktura klase podataka tačkastog tipa, pri čemu svaka kolona predstavlja jedan od prethodno pomenutih atributa.



Table

Granice naselja - Oktobar 2023.

OBJEKTID*	Naziv naselja	Matični broj naselja	Kategorija puta	Oznaka puta	Oznaka deonice	Smer	Stacionaža (km)	Pojava	Komentar	X	Y	SHAPE*
1	Pančevo	803138	IB	10	01005	D	11.21	P	/	4968092.44	7472970.33	Point
2	Banatsko Novo Selo	803065	IB	10	01009o3	O	28.882	P	/	4981787.0397	7482462.9032	Point
3	Vladimirovac	800082	IB	10	01009o3	O	37.281	P	/	4988916.4443	7488996.4165	Point
4	Banatsko Novo Selo	803065	IB	10	01009o3	O	32.006	Z	/	4984003.1789	7484631.6365	Point
5	Vladimirovac	800082	IB	10	01009o3	O	39.425	Z	/	4988073.7948	7490733.2844	Point
6	Pančevo	803138	IB	10	01009o3	O	17.123	Z	/	4972484.3963	7475299.1597	Point
7	Banatski Karlovac	800074	IB	10	01010	O	50.934	P	/	4990028.094	7500899.2122	Point
8	Nikolinci	800155	IB	10	01012	O	56.408	P	/	4989933.4468	7504004.7471	Point
9	Ujma	801283	IB	10	01012	O	62.497	P	/	4988927.6607	7511776.173	Point
10	Nikolinci	800155	IB	10	01012	O	57.252	Z	/	4988976.2361	7506620.1162	Point

Slika 2: Grafički i tabelarni prikaz početka i završetka prolaska državnih puteva kroz naselje Alibunar

2.1 Uočene nepravilnosti

Tokom obrade podataka o prolascima državnih puteva kroz naselja radom u GIS okruženju, primećene su određene nelogičnosti koje su onemogućile jasno definisanje granica naselja, zbog čega je terenska provera podataka bila neophodna.

Obilaskom različitih lokacija kroz niz terenskih aktivnosti i proverom pozicija znakova III-24 i III-24.1 prepoznate najučestalije nelogičnosti moguće je grupisati na sledeći način:

2.1.1 Postavljeni su znakovi kojim se definiše početak/završetak naselja, ali njihova pozicija nije usaglašena sa okolinom puta

Znak koji označava naselje postavlja se na putu u neposrednoj blizini mesta gde postoje izgrađeni redovi, odnosno grupe stambenih ili poslovnih objekata, na mestu gde je očekivano veće prisustvo pešaka, dok se znaka za završetak naselja postavlja na putu u neposrednoj blizini mesta gde prestaje deo puta na kome su ispunjeni uslovi prethodno navedeni. Obilaskom lokacija prolaska državnog puta kroz naselje često je slučaj da je pozicija znakova i do nekoliko kilometara pomerena u odnosu na naselje. Na Slici 3 prikazan je slučaj pogrešne pozicije postavljenih znakova u naselju Zvečka gde se redovi kuća i drugih objekata nastavljaju nekoliko kilometara izvan granica naselja.



Slika 3: Prikaz sporne situacije u naselju Zvečka

2.1.2 Postavljeni su znakovi kojima se definiše početak/završetak naselja u jednom smeru na adekvatnom mestu, međutim nedostaje signalizacija u drugom smeru

Na slici 4 prikazana je pozicija znaka kojima se definiše završetak naselja u Mladenovcu gde naspram znaka za izlaz iz naselja, nedostaje znak za ulaz u naselje iz suprotnog smera.



Slika 4: Prikaz sporne situacije u naselju Mladenovac

2.1.3 Višak saobraćajnih znakova kojim se definiše početak/završetak naselja

Saobraćajni znakovi kojima se definiše početak/završetak naselja pripadaju grupi opštih znakova obaveštenja. Postavljaju se da učesnicima u saobraćaju pruže obaveštenje o putu kojim se kreću, nazivima mesta kroz koja put prolazi i udaljenosti do tih mesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi i druga obaveštenja, i za razliku od znakova izričitih naredbi ne moraju se ponavljati posle svake raskrsnice. Praktično, trebalo bi da budu postavljeni na putu svim tačkama početka/završetka naselja i nije ih unutar naselja potrebno ponavljati. Obilaskom lokacija prolaska državnog puta kroz naselje često se u

okviru naselja nepotrebno ponavlja znak, na slici 5 prikazan je primer naselja Mionica, gde na rastojanju od oko 200m dolazi do ponavljanja znaka za početak naselja. Ova za posledicu može imati dovođenje u zabludu učesnika u saobraćaju u smislu najvećih vrednosti „opšteg ograničenja brzine kretanja vozila”.



Slika 5: Prikaz sporne situacije u naselju Mionica

Takođe, u slučaju kada se naselja nadovezuju nepotrebno je postavljena saobraćajna signalizacija kojom se definiše završetak i u neposrednoj blizini početak naselja, a veoma čest slučaj je da se oba znaka postave na istom stubu (Slika 6).



Slika 6: Prikaz uočenog problema na terenu

2.2 Predlog rešenja

Analizom prvobitnih i naknadno prikupljenih podataka, kao i sumiranjem utisaka sa terenskih obilazaka lokacija, zaključuje se da je neophodna primena različitih mera u cilju potpune implementacije Strategije bezbednosti saobraćaja.

Uspostavljanje kvalitetnije saradnje između različitih državnih struktura nadležnih za poslove praćenja i kontrole bezbednosti saobraćaja, posebno organizacionih celina nadležnih za postavljanje saobraćajne signalizacije, doprinelo bi upravljanju celokupnim sistemom bezbednosti saobraćaja. Primarno, potrebno je imenovati instituciju koja će biti odgovorna za usvajanje i sprovođenje strateških dokumenata na nivou lokalne samouprave, a u skladu sa Strategijom bezbednosti saobraćaja. Kroz podelu nadležnosti između aktera na svim nivoima sistema omogućiće se efikasno upravljanje procesima, u smislu planiranja aktivnosti, uspostavljanja rokova izvršenja, praćenja i kontrole realizacije poslova.

3 ZAKLJUČAK

Problem postavljanja saobraćajne signalizacije, kojom se učesnici u saobraćaju obavestavaju o prolasku državnog puta kroz naselje, značajno utiče na kvalitet sprovođenja mera bezbednosti saobraćaja i na taj način direktno ugrožava opštu bezbednost saobraćaja. Premda je bezbednost drumskog saobraćaja zakonski uređen sistem, poteškoće u njegovom sprovođenju i kontroli su evidentne. S tim u vezi, neophodno je unapređenje sistema upravljanja, što podrazumeva bolju organizaciju sistema u smislu njegove strukture i raspodele nadležnosti. Optimizacija poslovnih procesa, njihovo planiranje i kontrola na nivou aktivnosti, kao i proaktivni pristup u rešavanju nastalih problema doprinose uspešnoj implementaciji sistema upravljanja bezbednošću saobraćaja. Baza podataka o prolascima državnih puteva kroz naselje unaprediće sve procese i aktivnosti uspostavljanja bezbednog sistema. Korišćenje GIS tehnologija omogućava različite prostorne analize i neizbežno je u budućem sistemskom uređenju ove oblasti.

LITERATURA

- [1] Strategija bezbednosti saobraćaja Republike Srbije za period od 2023. Do 2030. Godine sa akcionim planom za period od 2023. Do 2025. Godine („Sl. glasnik RS”, br. 84/2023)
- [2] Zakon o putevima („Sl. glasnik RS”, br. 41/2018, 95/2018 – dr. zakon i 92/2023 – dr. zakon)
- [3] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima („Sl. glasnik RS”, br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 – odluka US, 55/2014, 96/2015 – dr. zakon, 9/2016 – odluka US, 24/2018, 41/2018, 41/2018 – dr. zakon, 87/2018, 23/2019, 128/2020 – dr. zakon i 76/2023)

SUMMARY**Establishment of a database on the passage of state roads through settlements**

Abstract: The passage of state roads through settlements causes significant safety problems due to the speed dispersion and different categories of road users. In the regulation of traffic safety, it is crucial to clearly mark the borders of the settlement with traffic signs: III-24, which refers to the beginning of the settlement and III-24.1, which refers to the end of the settlement. On the territory of the Republic of Serbia, there is a network of roads with a length of about 40,000 km, of which state roads include about 17,000 km. About 20% of the total length of state roads pass through settlements. Laws, such as the Law on Traffic Safety and the Law on Roads, define the traffic safety system in Serbia. This paper presents the methodology of data collection in order to establish a database on the passage of state roads through settlements. The database on the passage of state roads through settlements contains data on the position of traffic signs III-24 and III-24.1, as well as data on the belonging of a section of the state road to the settlement. During data processing and field research, disputed situations were observed. This relates to the inadequate positioning of the traffic signs III-24 and III-24.1, the lack of a traffic sign, and the unnecessary repetition of the same traffic sign in the field. In order to solve the previously mentioned irregularities, and therefore to improve traffic safety, it is necessary to apply various measures for the full implementation of the Traffic Safety Strategy, whereby the measures would be based on the establishment of better cooperation between the various state structures responsible for traffic safety monitoring and control.

Key words: settlements, populated place, road manager, local self-government, vulnerable road users.

Plenarna sesija 4

UPRAVLJANJE PARKIRANJEM

Upravljanje parkiranjem u funkciji održive urbane mobilnosti: neiskorišćeni potencijal u našim gradovima

Jelena Simičević, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.simicevic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Usled povećanog stepena urbanizacije, motorizacije i mobilnosti, kao i zavisnosti ljudi od putničkog automobila, gradovi se suočavaju sa problemima parkiranja i saobraćajnih zagušenja, čije rešavanje predstavlja veliki izazov za gradske vlasti. Savremeni koncept upravljanja transportnim sistemom akcenat stavlja na upravljanje transportnim zahtevima, pre svega kroz promenu vida prevoza sa automobila na alternativne transportne opcije. U tom smislu, na politike parkiranja se sve više gleda kao na sredstvo koje u velikoj meri može uticati na urbanu mobilnost i doprineti realizaciji novog koncepta. S tim u vezi, politika parkiranja postaje sastavni deo transportne politike grada, a njeni ciljevi se integrišu u opšte ciljeve grada u smislu mobilnosti, planiranja i kvaliteta životne sredine. Time je upravljanje parkiranjem podignuto na drugi nivo: sa čisto operativnog (uravnotežavanje ponude i potražnje za parkiranje) na viši, strateški nivo (doprinos realizaciji ciljeva održivog transportnog sistema). Cilj ovog rada je da prikaže mogućnosti politike parkiranja u realizaciji direktnih i opštih ciljeva upravljanja parkiranjem, kao i da ispita koliko se u našim gradovima te mogućnosti koriste, odnosno koliko se uspešno upravlja. Analiza je urađena na manjem uzorku gradova u kojima se upravlja parkiranjem, a koji raspoložu (uslovno) ažurnim bazama podataka o parkiranju koje su bile dostupne autoru. Identifikovani su uobičajeni uzročnici nedovoljno dobrog stanja parkiranja kao i problemi i izazovi sa kojima se nadležni za upravljanje suočavaju, i ponuđene smernice za njihovo prevazilaženje.

Ključne reči: upravljanje parkiranjem, režimi parkiranja, efekti, održiva mobilnost

1 UVOD

Do osnovnih problema u transportnom sistemu dolazi zbog neusaglašenosti transportne ponude i potražnje. Nastali problemi manifestuju se saobraćajnim zagušenjima i neregularnim parkiranjima ali i velikom broju indirektnih negativnih efekata, a njihovo rešavanje predstavlja veliki izazov za gradske vlasti. Savremeni koncept upravljanja transportnim sistemom, proistekao iz koncepta održivog razvoja, podrazumeva korišćenje svakog vida prevoza za ono za šta je on najbolji, što po pravilu znači ograničavanje automobilskog saobraćaja i veće oslanjanje na nemotorizovane vidove kretanja i javni gradski transport putnika. Realizacija koncepta podrazumeva sveobuhvatan pristup i integrisano upravljanje svim transportnim podsistemima, odnosno podrazumeva integrisan izbor mera koje će proizvesti „push and pull” efekte.

Od 2000. godine transportna politika grada sve više značaja daje upravljanju zahtevima a upravljanje parkiranjem postaje integralni deo politika upravljanja transportnim sistemom. Time je upravljanje parkiranjem podignuto na viši, strateški nivo i dobilo dve osnovne uloge: pored rešavanja problema u okviru samog podsistema, ono treba i da

doprinese realizaciji ciljeva održivog transportnog sistema, pre svega kroz upravljanje vidovnom raspodelom kretanja.

To se postiže obezbeđivanjem „dovoljnog“ broja parking mesta, odnosno samo onog broja mesta koji je potreban za zadovoljenje zahteva korisnika od kojih zavisi normalno funkcionisanje sadržaja zone („kvalifikovana potražnja“); i primenom mera koje će zahteve dovesti na nivo tako definisane ponude. U tom smislu, nakon prostornog uređenja parkiranja, upravljanje parkiranjem u centralnim zonama gradova otpočinje uvođenjem odgovarajućeg restriktivnog režima sa atributima koji su posledica specifičnosti gradova, odnosno specifičnosti zahteva korisnika. Režimi naplate parkiranja sa ili bez vremenskog ograničenja treba da demotivšu ili onemoguće parkiranje dugotrajnim korisnicima koji „ne treba“ da se parkiraju u visokoatraktivnim zonama, čime se omogućava parkiranje korisnicima koji pripadaju kvalifikovanoj potražnji. Korisnicima koji će zbog režima odustati od parkiranja u zoni mora se ponuditi kvalitetan alternativni način dolaska. Podršku režimu čini dobro definisan tarifni sistem i kvalitetan sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja.

Ranija istraživanja autora [1, 2] su pokazala da je većina gradova u Srbiji u svoje centralne zone uvela restriktivni režim parkiranja, pa se može smatrati da je prihvatila savremeni koncept. Cilj ovog rada je da kroz meta-analizu stanja parkiranja na manjem uzorku gradova oceni koliko su naši gradovi spremni na nove izazove upravljanja parkiranjem, odnosno koliko uspešno koriste politiku parkiranja za realizaciju njenih direktnih i opštih ciljeva.

2 STANJE PARKIRANJA U NAŠIM GRADOVIMA

U radu su korišćeni podaci iz studija parkiranja tri grada iz Srbije: Pirot, Loznica i Trstenik, koje je uradio Saobraćajni fakultet iz Beograda, sve u periodu od 2019-2021. godine. Svi podaci navedeni u daljem tekstu odnose se na period kada su studije rađene.

2.1 Opšte karakteristike istraženih gradova

Loznica i Trstenik (67%) imaju manje od 20.000 stanovnika te po klasifikaciji pripadaju malim gradovima (u koju grupu pripada oko 70% gradova u Srbiji), dok se Pirot sa nešto više od 30.000 stanovnika svrstava u grad srednje veličine. Prema fizionomiji, sva tri grada su zbijenog tipa. Za gradove koji su raspolagali podacima o vidovnoj raspodeli kretanja može se reći da se najveći broj kretanja u toku dana obavi pešice (42% u Pirotu i 60% u Loznici), a zatim automobilom (34% i 33%, redom), dok je značajno i učešće kretanja biciklom (15% i 7%, redom). Treba primetiti da je učešće javnog prevoza u oba grada manje od 1%, što je posledica lošeg funkcionisanja ovog vida prevoza.

2.2 Operativne mere parkiranja u primeni

U centralnim zonama svih predmetnih gradova je 2008. ili 2009. godine uveden restriktivni režim parkiranja, čime se otpočelo sa upravljanjem parkiranja. Predmet ovog istraživanja su samo zone režima.

U zonama režima ovih gradova u potpunosti ili u najvećoj meri je izvršeno tehničko regulisanje parkiranja. Ukupan broj javnih parking mesta iznosi u proseku 1.608 (1.357-1.963), a mesta su realizovana na uličnim frontovima (60%), unutarblokovskim parkiralištima (32%) i vanuličnim parkiralištima (8%). Ni u jednom predmetnom gradu ne

postoji parking garaža, što je razumljivo s obzirom na njihovu veličinu. Na 72% mesta u primeni je određeni režim, dok su ostala mesta bez režima. Radi se o svim ili nekim unutarblokovskim parkiralištima, a razlozi su verovatno imovinsko-pravne prirode.

U okviru zone režima postoje 2 (67%) ili 3 (33%) zone za parkiranje, a atributi režima su isti na svim strukturama parking mesta u okviru zone. U primeni je ili samo režim bez vremenskog ograničenja sa naplatom u svim zonama ili je uz to u najužoj centralnoj zoni uvedeno i vremensko ograničenje od 2 sata. Zone režima razlikuju se (i) po tarifnom sistemu parkiranja, pre svega po cenama karata. Tarifnim sistemima definisane su, pored korisnika izuzetih od naplate i korisnika rezervisanih mesta, i sledeće kategorije:

- Povlašćeni korisnici, gde pored stanovnika, u svim gradovima spadaju i fizička lica i pravna lica i preduzetnici. Kriterijumi za sticanje statusa ove kategorije su blagi a cene niske: prosečno mesečno 1.069 RSD za fizička, a 2.083 RSD za pravna lica i preduzetnike.

- Posetioci, koji parkiranje plaćaju po započetom satu po prosečnoj ceni od 37 RSD. Pored toga, u svim gradovima (u celoj zoni režima ili u nekim njenim delovima) posetioci parkiranje mogu platiti i po danu, u Pirotu čak i u zoni sa vremenskim ograničenjem, čime se ono poništava. Prosečna cena dnevne karte odgovara ceni četiri sata parkiranja.

Režim operativno sprovodi JKP Parking servis (33%) ili sektor parkiranja koji se nalazi u sklopu nekog drugog javnog preduzeća (67%). Oni su zaduženi za kontrolu poštovanja režima, koja se ostvaruje putem kontrolora koji nadgledaju odgovarajući prostor (sektor patroliranja) i sprovode kontrolne postupke. U 2/3 grada postoji tolerantni period od 15 minuta. Prosečna dužina jednog sektora patroliranja iznosi 344 parking mesta (184-501). Cena „kazne“ za nepoštovanje režima, uzimajući u obzir i popust od 50% ako se ona izmiri blagovremeno tamo gde ta mogućnost postoji iznosi u proseku 683 RSD (400-1.200).

Pored njih, za kontrolu prekršaja zaduženi su i komunalna inspekcija i saobraćajna policija, a u Loznici i Komunalna policija – svako u okviru svojih nadležnosti. Ni u jednom gradu se ne koriste tehnička sredstva za sankcionisanje prekršaja („pauk“ vozila i „lisice“).

2.3 Ocena stanja parkiranja

Analiza i ocena postojećeg stanja parkiranja je zasnovana na podacima prikupljenim iz dokumentacionih osnova odgovarajućih institucija i podacima prikupljenim saobraćajnim (terenskim) istraživanjima, metodama nezavisnih (brojanje) i zavisnih istraživanja (anketa). U sva tri grada primenjena je ista metodologija istraživanja, pa se dobijeni rezultati mogu međusobno porediti. Osnovni zaključci analize prikazani su u nastavku.

Generalno gledano, u svim gradovima uprkos primenjenim merama postoji problem parkiranja a ogleda se u većem broju realizovanih zahteva od broja parking mesta – ali on nije veliki. U podne, kada su zone maksimalno opterećene parkiranim vozilima, parkirano je u proseku 1,08 puta više vozila nego što ima regulisanih parking mesta.

Međutim, ukoliko se analizira mesto realizacije zahteva uočava se sledeće: regulisana parking mesta su nedovoljno iskorišćena: od 62% (50%-79%) pri akumulaciji „jutro“ kada su parkirani samo stanovnici do 70% (58%-82%) pri akumulaciji „podne“. Drugim rečima, uvek ima veliki broj slobodnih regulisanih parking mesta. Uprkos tome, izraženo je parkiranje na mestima na kojima ono nije dozvoljeno: pri jutarnjoj akumulaciji 24% (15%-34%) vozila stanovnika parkirano je na nedozvoljenim mestima, a u podne 32% (23%-45%) vozila korisnika. Posmatrano u celom periodu važenja režima, 43% parkiranja obavi se na nedozvoljenim mestima na uličnim frontovima. Ovakvi rezultati posledica su loše kontrole

i sankcionisanja prekršaja u nadležnosti Saobraćajne policije. U prilog tome govore podaci da je verovatnoća dobijanja kazne za nepropisno parkiranje u Pirotu 0,21%, a u Trsteniku 0,34%. Uzimajući u obzir stepen naplate izrečenih kazni (90%), može se reći da u proseku tek svaki 432. prekršilac dobije i plati kaznu za nepropisno parkiranje.

Sa druge strane, korisnici koji se parkiraju na regulisanim parking mestima u velikoj meri ne poštuju režim, odnosno ne plaćaju parkiranje i/ili ostaju duže od propisanog vremenskog ograničenja. U proseku 47% (28%-57%), odnosno 3.433 korisnika dnevno koji se parkiraju na regulisanim mestima u periodu važenja režima ne plate parkiranje. Čak i ako se izuzmu korisnici koji su se našli u tolerantnom periodu od 15 minuta, verovatnoća dobijanja „kazne“ u ovim gradovima je mala i iznosi samo 1,49% (0,26%-2,96%), a stepen njihove naplate samo 33,7%, što zapravo znači da se tek svaki 200. prekršaj i naplati.

Na osnovu gore navedenog može se konstatovati da je stanje parkiranja u predmetnim gradovima loše, a primarni razlog za to je loše funkcionisanje sistema kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju. Razlozi za lošu kontrolu od strane Saobraćajne policije su nedovoljan prioritet koji se daje sprovođenju propisa u parkiranju i/ili je obim kontrole takav da zahteva daleko veći broj izvršilaca od broja kojima policija raspolaže. Kada je u pitanju deo kontrole u nadležnosti parking servisa, ključni problemi se odnose na nedovoljan broj angažovanih kontrolora, koji bi trebalo (uz ukidanje tolerantnog perioda) u proseku udvostručiti.

U uslovima u kojima se u ovolikoj meri propisane mere ne poštuju, teško je/nemoguće vrednovati njihovu valjanost. Zbog toga se u ovoj fazi jedino može ukazati na mere u primeni koje su a priori u koliziji sa ciljevima upravljanja. Radi se o postojanju povlašćenih karata za fizička i pravna lica i dnevnih karata, jer se njima stimuliše parkiranje čestih i dugotrajnih korisnika. U prilog tome govori činjenica da u predmetnim gradovima učešće posetilaca sa motivom rad iznosi 17% (13%-22%) svih parkiranja u toku perioda važenja režima parkiranja, a pri podnevnoj akumulaciji čak 62% (55%-68%); kao i raspodela korisnika povlašćenih i dnevnih karata po motivima parkiranja.

Na kraju treba primetiti da su korisnici zavisni od putničkih automobila, jer ih koriste i za putovanja na kratkim relacijama. Korisnici koji dolaze sa gradskog područja, a kojih je u proseku 36% (30%-51%) do zone režima se voze u proseku 1,1 km, i to: 15% do 400 m, a 47% do 800 m; što su rastojanja koja se lako mogu preći pešice ili biciklom.

2.4 Očekivani efekti predloženih mera

U ovoj tački je analizirano kako bi se boljim upravljanjem parkiranjem u predmetnim gradovima moglo unaprediti stanje parkiranja ali i doprineti razvoju održive urbane mobilnosti. S tim u vezi, a imajući u vidu postojeće stanje parkiranja i identifikovane uzročnike lošeg stanja, predviđene su mere koje treba primeniti u I fazi, a koje se prevashodno odnose na: (1) unapređenje kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju, (2) izmene tarifnog sistema, u smislu ukidanja određenih vrsta karata, eventualno (3) uvođenje vremenskog ograničenja trajanja parkiranja.

Očekivani efekti su izračunati uz pretpostavku da će predložene intervencije u sistemu kontrole i sankcionisanja prekršaja dovesti do toga da se svi korisnici parkiraju na regulisanim mestima i pri tome plaćati parkiranje na neki od propisanih načina. Efekti intervencija u tarifnom sistemu (i u slučaju Loznice, u vremenskom ograničenju) definisane su korišćenjem podataka o raspodeli posetilaca po trajanju parkiranja i cenovnoj elastičnosti po kategorijama posetilaca dobijenih anketom korisnika.

Ovako izračunati efekti pokazuju da bi se obim parkiranja u zonama režima predmetnih gradova smanjio u proseku za 1.364 parkiranja dnevno, što predstavlja smanjenje od 16% (14%-16%), i pozitivan je efekat i za podsistem dinamičkog saobraćaja.

Posetioci koji bi odustali od parkiranja u zonama režima u predmetnim gradovima ne bi odustali od dolaska u zonu, što je pozitivno zbog održavanja njene atraktivnosti i ekonomske vitalnosti, a posledica je verovatno toga što sadržaji u centralnim zonama malih gradova često nemaju alternativu. Ovi posetioci bi promenili ponašanje na sledeći način: trećina bi umesto automobilom u zonu dolazila nemotorizovanim načinom kretanja: pešice (22,4%) ili biciklom (11,2%), što je u skladu sa kratkim rastojanjima putovanja velikog broja korisnika i ključno je za razvoj održive urbane mobilnosti. Druga trećina (34,6%) se ne bi odrekla u potpunosti komfora putničkog automobila, već bi se parkirali na obodu zone režima. To ipak treba ceniti kao pozitivan efekat s obzirom na to da je centralna zona po pravilu najkritičnija za saobraćajna i parking zagušenja. Samo 7,7% bi prešlo na javni prevoz, što je posledica lošeg kvaliteta usluge ovog vida prevoza.

Maksimalna akumulacija parkiranja u zonama režima bi se smanjila za 11%-12%, pri čemu bi se eliminisalo parkiranje na nedozvoljenim mestima a postojeća mesta bi se efikasnije koristila. Ovo je pozitivan efekat i za ostale transportne podsisteme, zbog negativnog uticaja uličnog (naročito nepropisnog) parkiranja na njihovo funkcionisanje i bezbednost. Maksimalno iskorišćenje parking mesta iznosilo bi 92% (87%-98%), čime bi se u mnogome smanjilo vreme traganja za slobodnim mestom koje je u njegovoj direktnoj zavisnosti (kada je iskorišćenje manje od 85% traganje praktično ne postoji).

Ako se u obzir uzme vreme traganja (1,4 min/kor), kao i obim parkiranja u toku dana, može se zaključiti da u svakom od ovih gradova korisnici provedu 149 (94-204) sati dnevno u potrazi za slobodnim mestom, pri čemu se potroše 93 l goriva i emituje 362 kg CO₂ (na osnovu modela razvijenog u [3]). Gore navedeno očekivano smanjenje iskorišćenja parking mesta smanjiće/eliminisaće ovu dodatnu vožnju, što će uz vremenske i novčane uštede za korisnike, doprineti i značajnim energetskim i ekološkim efektima.

Iako bi došlo do značajnog smanjenja obima parkiranja, ono ne bi dovelo do smanjenja prihoda od naplate parkiranja. Naprotiv, mere usmerene ka efikasnijoj kontroli poštovanja režima povećaće broj naplata parkiranja i time povećati prihod i to u proseku za čak 359% (185%-460%). Ovakav efekat dobija na značaju ako se pravilno upravlja prihodom, te ako se dobit delimično usmeri na unapređenje stanja parkiranja i urbanog transportnog sistema, kao i na finansiranje projekata razvoja lokalne zajednice.

Na kraju treba napomenuti da ako se javi potreba da se dodatno doprinese realizaciji ciljeva upravljanja urbanom mobilnošću, to se može postići povećanjem cene parkiranja. Ovo se može argumentovati činjenicom da su posetioci osetljivi na cenu parkiranja te da bi 64% (48%-81%) njih pri određenoj ceni odustali od parkiranja u zoni.

3 ZAKLJUČAK

Analiza stanja parkiranja u predmetnim gradovima je pokazala da je ono loše, tj. da se parkiranjem ne upravlja na dobar način. Demonstrirano je da bi se pravilnim upravljanjem rešili problemi parkiranja i u mnogome doprinelo realizaciji održive mobilnosti.

Upravljanje parkiranjem jeste izazovan zadatak za lokalne vlasti koji je skopčan sa nizom problema i ograničenja. Da bi se realizovao koncept održivog parkiranja, iskustvo već pretočeno u literaturu sugerise da nadležni za upravljanje moraju posedovati: stručna

znanja, administrativnu kompetenciju (mogućnost da bezuslovno primene odabranu politiku i sve njene mere) i politički senzibilitet (kako bi se obezbedilo i neophodno zadovoljstvo korisnika). Stručna znanja se odnose na razumevanje i promovisanje novog koncepta i sposobnost kritičkog odnosa prema merama koje propisuje Projekat upravljanja parkiranjem. Nadležni za upravljanje treba da budu upoznati sa značajem kontinuiranog praćenja stanja parkiranja, kao sastavnog dela procesa upravljanja, te da periodičnost praćenja uvrste u strategiju upravljanja parkiranjem. Ovo je neophodno kako bi se cenila valjanost mera u primeni i izvršilo njihovo dalje prilagođavanje radi postizanja što boljih efekata kako u parkiranju tako i u čitavom transportnom sistemu. Poštovanje ili ispunjavanje gore navedenih uslova dovelo bi ne samo do rešavanja uzročnika nedovoljno dobrog upravljanja parkiranjem već i do realizacije održive urbane mobilnosti u gradu.

LITERATURA

- [1] Simićević, J. (2018). Stanje parkiranja u gradovima i naseljenim mestima u Republici Srbiji. Zbornik radova XII Konferencije o tehnikama saobraćajnog inženjerstva, str. 315-320. 18-19. oktobar 2018. Vrnjačka Banja, Srbija
- [2] Simićević, J. (2022). Upravljanje parkiranjem u Srbiji. Tehnika, 77(5), 589-595.
- [3] Čuljković, V. (2018). Influence of parking price on reducing energy consumption and CO₂ emissions. Sustainable cities and society, 41, 706-710.

SUMMARY

Parking management in the function of sustainable urban mobility: unused potential in our cities

Abstract: Due to increased levels of urbanisation, mobility, car ownership and car dependency, cities are facing problems of parking and traffic congestion, which solution represents a great challenge for city authorities. The modern concept emphasizes transport demand management, primarily through modal shift from a car to alternative transport options. In this sense, parking policies are increasingly seen as a means that can largely impact urban mobility and contribute to the realisation of the new concept. Therefore, parking policy becomes an integral part of an urban transport policy while its goals are integrated into the general city's goals in terms of mobility, planning and environmental quality. This raised parking management to another level: from barely operational (balancing parking supply and demand) to a higher, strategic level (contribution to the realisation of sustainable transport's goals). The aim of this paper is to show the parking policy possibilities in the realisation of direct and general parking management goals, as well as to examine whether and to what extent these possibilities are used in our cities, i.e. how successful the management is. The analysis was performed on a small sample of cities in which parking is managed and which have up-to-date parking databases. Common causes of a poor parking state are identified as well as problems and challenges the authorities are facing with. Guidelines for overcoming them are offered.

Key words: parking management, parking regimes, effects, sustainable mobility

Analiza parkiranja vozila u centralnoj zoni Beograda – opština Stari grad i delovi opština Savski venac, Vračar, Zvezdara i Palilula

Predrag Krstić, Urbanistički zavod Beograda, predrag.krstic@urbel.com

Marija Kosović, Urbanistički zavod Beograda, marija.kosovic@urbel.com

Danica Munižaba, Urbanistički zavod Beograda, danica.munizaba@urbel.com

Igor Teofilović, Urbanistički zavod Beograda, igor.teofilovic@urbel.com

Nikola Urošević, Urbanistički zavod Beograda, nikola.urosevic@urbel.com

Rezime: Upravljanje transportnim sistemom u centralnim gradskim zonama predstavlja jedan od najznačajnijih problema gradske uprave. Povećanje stepena motorizacije, nepovoljne geometrijske karakteristike ulične mreže, promena namene pojedinih zona i objekata, dovodi do povećanog broja zahteva za parkiranjem vozila koje se preliva na javne prostore i utiče na funkcionisanje tih delova grada sa svih aspekata. Predmet analize je deo Beograda u kome je problem stacioniranja vozila najizraženiji, a sa ciljem sagledavanja stanja i definisanja predloga mera za rešavanje uočenih problema. Metodologija izrade analize bazira se na formiranju informacione osnove, analizi postojećeg stanja kroz sagledavanje zakonske regulative, planske dokumentacije i stanja na terenu, zatim analizi primera nekih evropskih gradova, trendova promene parametara transportnog sistema i na kraju definisanju predloga mera za poboljšanje stanja parkiranja. Analizirano je opterećenje ulične mreže sa posebnim akcentom na ulazno/izlazne pravce u i iz centralne zone grada, gustine stanovanja i poslovanja kao i prostorna raspodela korisnika, a u cilju procene potrebnog broja parking mesta. Na osnovu terenskog istraživanja, došlo se do zaključaka vezanih za stepen zadovoljenja potreba za parkiranjem, kao i efikasnost zonskog sistema parkiranja. Upoređivanjem proračunatih potreba za parkiranjem raspoloživih parking mesta (postojećih i planiranih) došlo se do deficita parking mesta i trenda njegovog rasta u narednih deset godina. Rezultat analize je predlog nekoliko mogućih rešenja baziranih na optimizaciji postojećeg transportnog sistema sa svim svojim podsistemima.

Ključne reči: parkiranje vozila, Park & Ride, pešačke zone, zero emission

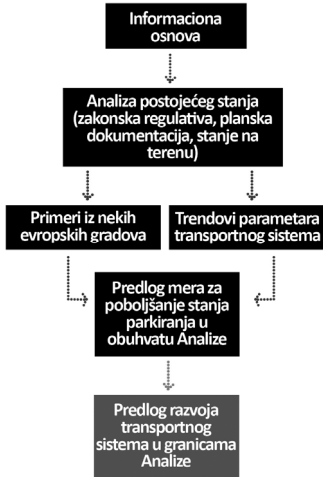
1 UVOD

Sve veći obim saobraćaja motornih vozila u centralnim gradskim zonama utiče na stanje činilaca životne sredine, kulturno – istorijske vrednosti i stvara velike saobraćajne gužve. U Beogradu je u poslednjih 20 godina stepen motorizacije povećan za skoro 50% što je uticalo na pojavu većeg obima saobraćaja motornih vozila na gradskim ulicama, samim tim na veće gužve ali i potrebu da se vozila negde parkiraju.

Područje koje je obuhvaćeno Analizom predstavlja centralni deo šumadijskog dela Beograda, opštinu Stari grad i delove opština Savski venac, Vračar, Zvezdara i Palilula.

Površina obuhvaćena Analizom iznosi oko 1 330ha i podeljena je na prostorne jedinice u vidu 83 saobraćajne zone.

Cilj izrade Analize je sagledavanje stanja parkiranja vozila u ovoj gradskoj zoni, formiranje informacione osnove i predlog mera za definisanje pravaca rešenja problema parkiranja vozila.



Dijagram 1: Metodologija izrade Analize

Metodologija izrade Analize definisana je tako da se u najvećoj mogućoj meri, a u odnosu na raspoložive podatke iz urbanističke planske dokumentacije i zakonske regulative i podatke prikupljene obilaskom terena, sagleda postojeće stanje ne samo podsistema parkiranja već i postojeće stanje funkcionisanja transportnog sistema u centralnoj gradskoj zoni. Na osnovu trendova razvoja parametara transportnog sistema, socio-ekonomskih pokazatelja i iskustava iz nekih evropskih gradova, formiran je predlog rešenja primernih za centralnu zonu šumadijskog dela grada uz uvažavanja urbane morfologije grada, socio-ekonomskih karakteristika i drugih značajnih obeležja ovog dela grada.

2 ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA ZAKONSKE REGULATIVE, PLANSKE DOKUMENTACIJE I STANJA NA TERENU

Informacionu osnovu za izradu Analize sačinjavaju: zakonska regulativa, podaci iz urbanističke planske dokumentacije, podaci iz Transportnog modela Beograda 2015. godine, i SMART plana 2017. godine kao i podaci dobijeni od republičkih i gradskih institucija sa kojima je tokom izrade Analize obavljena saradnja.

2.1 Postojeća zakonska regulativa

Zakoni i propisi kojima se reguliše oblast parkiranja su Zakon o komunalnim delatnostima, Pravilnik o tehničkim zahtevima za zaštitu garaža za putničke automobile od požara i eksplozija, Rešenje o opštim parkiralištima i Odluka o javnim parkiralištima.

Upravljanje javnim parkiralištima spada i u komunalne delatnosti. Prema Zakonu o komunalnim delatnostima propisano je da komunalnu delatnost mogu obavljati javna preduzeća, privredno društvo, preduzetnici ili drugi privredni subjekti što daje mogućnost da se ovom delatnosti bave svi subjekti koji su pobrojani u gore pomenutom Zakonu, čime se otvara mogućnost za veći obim gradnje ove vrste objekata na teritoriji celog grada.

2.2 Opis stanja parkiranja na osnovu važeće planske dokumentacije

Urbanističku plansku dokumentaciju koja se bavila temom parkiranja čine Plan generalne regulacije mreže javnih garaža, Generalni urbanistički plan Beograda, Plan generalne regulacije građevinskog područja sedišta jedinice lokalne samouprave – grad Beograd (celine I-XIX), Izmene i dopune Plana generalne regulacije građevinskog područja

sedišta jedinice lokalne samouprave – Grad Beograd (celine I-XIX) – (I faza – 2. Etapa)), Plan generalne regulacije šinskih sistema u Beogradu sa elementima detaljne razrade za I fazu prve linije metro sistema i Planovi detaljne regulacije i regulacioni planovi u obuhvatu Analize (10 regulacionih planova i 59 planova detaljne regulacije koji su usvojeni i sprovode se od 1996. godine do danas). Navedena planska dokumentacija je sagledana sa aspekta rešavanja parkiranja vozila, kako postojećih tako i planiranih sadržaja.

Generalnim planom i planovima generalne regulacije u okviru granice Analize planirano je 34 javnih garaža, od kojih je 7 realizovanih javnih garaža i definisan je normativ od 1,3PM/stan za rešavanje potreba parkiranja stambenih objekata u centralnoj gradskoj zoni, takođe dozvoljena je fazna realizacija garaža u vidu javnih parkirališta.

Iz analize važeće planske dokumentacije može se zaključiti da je prioritetno rešavati problem parkiranja na pripadajućoj parceli, a tamo gde to nije moguće odnosno gde su realizovani objekti bez kapaciteta za parkiranje, potrebno je njihove potrebe rešiti u okviru regulacije saobraćajnica ili predložiti neki drugi način rešavanja tog problema zato što se problem parkiranja vozila reflektuje i na sve druge sfere života a pre svega na komunalni red, funkcionisanje javnih službi i druge vidove saobraćaja.

S obzirom na to da veliki broj javnih i blokovskih garaža koje su planirane urbanističkim planovima nisu realizovane, da se prilikom implementacije planskih rešenja nije u potpunosti poštovao normativ vezan za realizovanje parking mesta na pripadajućoj parceli, došlo je do drastičnog povećanja definicita parking mesta od onog koji je definisan u usvojenim urbanističkim planovima.

2.3 Analiza postojećeg stanja parkiranja

Za potrebe Analize izvršeno je istraživanje na terenu, koje je obuhvatilo oko 51% od celokupnog prostora. Svrha terenskog istraživanja je bila procena broja objekata (stanova i poslovnih jedinica) za koje je parkiranje vozila rešeno na pripadajućoj parceli.

Istraživanje je pokazalo da postoji velika razlika u zadovoljenju potreba za parkiranjem vozila korisnika stambenih i poslovnih objekata u centralnoj zoni grada Beograda. Iako je pre istraživanja pretpostavljeno da bi stambeni objekti mogli imati veću zadovoljenost parkiranja, rezultati su pokazali da su poslovni objekti zapravo bolje rešili parkiranje. Razlozi za to su različiti, ali se čini da lokacija objekta igra ključnu ulogu.

Postojeće parkiranje u obuhvatu Analize vrši se na prostorima zonskog sistema parkiranja i u javnim garažama i parkiralištima.

Zonski sistem parkiranja je imao za cilj da usaglasi broj zahteva za parkiranjem sa prostornim mogućnostima, odnosno ponudom (brojem raspoloživih parking mesta), uz uslov da se na adekvatan način reši parkiranje stanovnika centralne zone. Stanovnicima koji žive unutar granica zonskog sistema, kao i pravnim licima i preduzetnicima je omogućeno parkiranje bez vremenskog ograničenja uz mesečnu pretplatu (povlašćena parking karta – PPK). Zonskim sistemom se, kroz regulisanje trajanja parkiranja, destimulišu dugotrajna parkiranja i na taj način se ograničen broj parking mesta može ponuditi većem broju korisnika. U okviru granice Analize, na uličnim frontovima u obuhvatu zonskog režima parkiranja prema podacima JKP „Parking servis“ ima ukupno 19 649PM. Gotovo ceo prostor u obuhvatu Analize je „pokriven“ zonskim režimom parkiranja.

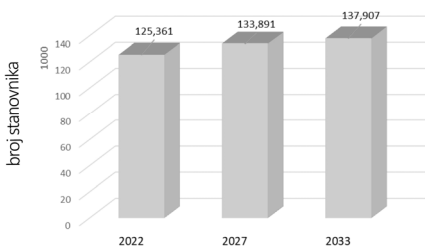
U okviru granice Analize se nalazi osam javnih garaža, pet garaža sa rezervisanim parking mestima i devet parkirališta.

Procenjeni broj parking mesta koja se nalaze na raspolaganju korisnicima u obuhvatu Analize iznosi 24 974PM.

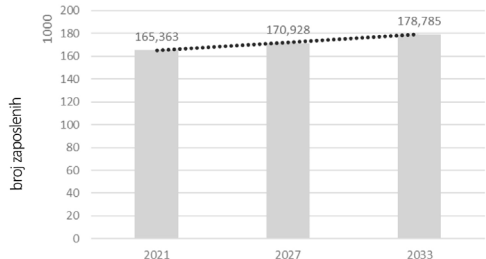
3 SOCIO-EKONOMSKI POKAZATELJI I PARAMETRI TRANSPORTNOG SISTEMA

3.1 Socio-ekonomski pokazatelji (broj stanovnika i broj zaposlenih)

U narednom periodu do 2033. godine (sa presekom 2027.godine) prema sprovedenim analizama na posmatranom prostoru treba očekivati blagi porast broja stanovnika i zaposlenih po mestu rada.



Grafik 1: Broj stanovnika



Grafik 2: Broj zaposlenih

Analiza korisnika prostora (stanovnici i zaposleni po mestu rada) pokazuje da područje obuhvaćeno Analizom ima visok stepen atrakcije i, sa aspekta parkiranja, ukazuje da generiše veliki broj putovanja putničkim automobilom. Generalno posmatrano za period do 2027. godine očekuje se porast broja korisnika prostora za 4,85% u odnosu na postojeće stanje, a u periodu od 2027. godine do 2033. godine, treba očekivati porast broja korisnika prostora u proseku za 3,9%. To naravno otvara pitanje potrebnog broja parking mesta kako za stanovnika tako i za ostale korisnike prostora koji sa različitim svrhama dolaze u predmetni prostor i zadržavaju se odredjeni vremenski period.

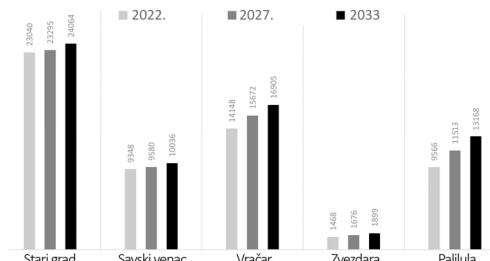
3.2 Parametri transportnog sistema

3.2.1 Stepen motorizacije i broj motornih vozila

Prognoza stepena motorizacije do 2041. godine zasniva se na raspoloživim podacima (demografski podaci i broj registrovanih vozila) i ekspertske proceni (dijagram 7). Prvobitna hipoteza da će stepen motorizacije rasti linearno s porastom broja stanovnika je odbačena, jer Demografska studija, urađena za Generalni urbanistički plan Beograda 2041, pokazuje da broj stanovnika opada dok stepen motorizacije raste, tako da se zaključuje da ove dve vrednosti nisu u korelaciji. Umesto linearnog, očekuje se logaritamski rast stepena motorizacije, koji će doseći tačku zasićenja, slično kao i u drugim evropskim gradovima.



Grafik 3: Stepen motorizacije



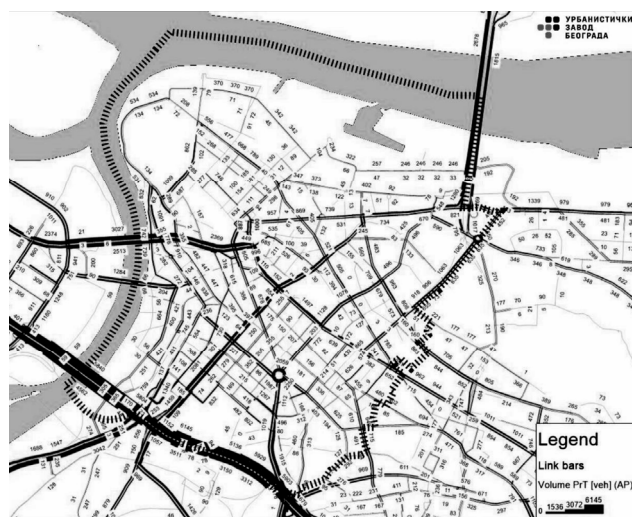
Grafik 4: Procena broja putničkih vozila

Na osnovu stepena motorizacije na nivou opština za naredni period, 2027. i 2033. godina, procenjen je broj putničkih automobila u obuhvatu Analize. Procenjen ukupan broj putničkih automobila u obuhvatu Analize 2027. godine iznosi 61 736, a 2033. godine 66 072.

3.2.2 Analiza opterećenja ulične mreže, atrakcija i produkcija i javni linijski transport

Na osnovu podataka i saobraćajnih analiza (TMB i Smart plan) sprovedeno je detaljno sagledavanje opterećenja ulične mreže grada, sa posebnim osvrtom na područje u okviru granice Analize. Zbog naglašenog radialnog koncepta ulične mreže grada, najopterećenije deonice su i dalje uvodni pravci ka centralnoj gradskoj zoni ali kao što je i opšte poznato kao jedna od najopterećenijih deonica gradske ulične mreže izdvaja se most „Gazela” sa preko 10300 vozila u preseku u vršnom času.

Za svaku saobraćajnu zonu u obuhvatu Analize izvršena je analiza izvorno – ciljnih kretanja. Ukupan broj vozila koje generiše područje Analize iznosi 18 344 vozila u vršnom satu dok je produkcija, odnosno broj vozila koji napušta zonu 11 730 u vršnom satu.

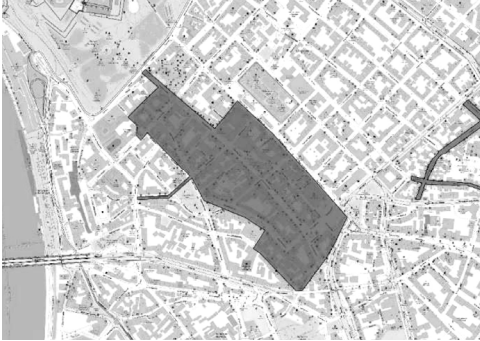


Slika 1: Prikaz saobraćajnog opterećenja

U okviru područja Analize zastupljeni su svi vidovi podсистема javnog linijskog transporta putnika (JLTP), koji saobraćaju duž primarnih ulica.

U narednom periodu Grad Beograd planira znatno veće učešće šinskih sistema u sistemu JLTP u gradu, kroz realizaciju metro sistema sa tri linije i koje bi se ukrštale u centralnoj gradskoj zoni, odnosno u obuhvatu Analize.

3.2.3 Pešačke zone



Slika 2: Postojeće pešačke zone

U centralnom gradskom jezgu nalaze se pešačka zona Knez Mihailove ulice površine 16,2ha i pešačka zona Skadarske ulice površine 0,9ha koja predstavlja staru boemsku četvrt grada (slika 49). U okviru pešačke zone Knez Mihailove u funkciji je linija javnog prevoza "Vrabac servis", koja koriste vozila na električni pogon i čija je usluga besplatna. Na obodu pešačke zone organizovano je parkiranje vozila u javnoj garaži „Obilicev venac“.

3.2.4 Procena potreba za parkiranjem u obuhvatu Analize

Beograd se suočava s nedostatkom parking prostora, posebno u centralnoj zoni. Prema raspoloživim podacima, u području Analize ima oko 57.570 registrovanih vozila, a oko 21,72% stambenih jedinica i 19,72% poslovnog prostora ima rešeno parkiranje van javnih površina. To znači da 44.801 vozila stanovnika parkiranje obavlja na javnim površinama. Dnevno u zonu prema datoj proceni ulazi oko 18.334 vozila, dok 11.730 vozila izlazi, od čega većina koristi javne površine za parkiranje.



Grafik 5: Procenat zadovoljenja potreba za parkiranjem

Na osnovu sprovedenih analiza procenjuje se da za korisnike sadržaja u okviru posmatranog područja treba obezbediti preko 50 000 parking mesta. Kako je na istom prostoru na raspolaganju oko 22 500 parking mesta (garaže i otvoreni parking prostori), deficit je preko 27 500 parking mesta.

U narednom periodu, ako se uzme u obzir izgradnja novih kapaciteta za parkiranje i reorganizacija sistema javnog transporta putnika (razvoj metro sistema) procenat zadovoljenja potreba za parkiranjem bi sa sadašnjih 44,8% mogao da se poveća na 45,8% u 2027. godini ali s obzirom na prognozirani trend rasta broja vozila u gradu i samoj centralnoj zoni procenat zadovoljenja potreba za parkiranjem bi u 2033. godini ponovo opao na 44,2%. Ovo jasno upućuje na zaključak da je podsistem parkiranja vozila kao deo transportnog sistema grada, sistem kojim se mora upravljati u sklopu primene skupa kompleksnih mera ne samo iz oblasti parkiranja vozila već mnogo šireg obuhvata koje nisu samo iz domena saobraćaja.

4 PRIMERI NEKIH EVROPSKIH GRADOVA

Analizom je obuhvaćeno 11 Evropskih gradova (Valensija, Madrid, Lion, Minhen, Berlin, Prag, Ljubljana, Beč, Bratislava, Budimpešta i Atina) pa se u skladu sa tim mogu izdvojiti sledeća zapažanja koje je moguće u značajnoj meri uzeti u obzir prilikom

definisanja predloga mera za rešenje parkiranja i upravljanjem transportnim sistemom u centralnoj zoni Beograda:

- definisane su posebne mere i uslovi za parkiranje i kretanje vozila u centralnim gradskim zonama i razvijeni sistemi javnog transporta putnika, a posebno šinski sistemi;
- stanovnici centralnih gradskih zona parkiraju svoja vozila po posebnom režimu na uličnim frontovima, a posetioci na uličnim frontovima uz naplatu parkiranja po satu na jasno obeleženim parking mestima koji se razlikuju od parking mesta koja su opredeljena za stanovnike, dok u nekim gradovima postoje odvojene kompletne zone uličnog parkiranja samo za stanovnike;
- definisane su pešačke zone u centru grada koje se stalno šire;
- za regulisanje saobraćaja u centralnim gradskim zonama u većem ili manjem obimu koriste se režimske mere, dok su građevinske mere manje prisutne;
- pre uvođenja nekih novih mera u upravljanju transportnim sistemom u centralnoj gradskoj zoni rade se sveobuhvatne ili parcijalne Studije upravljanja i regulisanja saobraćaja.

5 PREDLOG MERA I SMERNICA ZA POBOLJŠANJE STANJA PARKIRANJA

Rešenje problema povećanog broja vozila u gradovima, posebno za delove centra grada mora se tražiti u optimizaciji postojećeg transportnog sistema sa svim svojim podsistemima, a posebno u oblasti javnog transporta putnika, parkiranja i upravljanju i regulisanju saobraćajnih tokova. U skladu sa navedenim za prostor u obuhvatu predložene su mere u tri vremenska preseka, do 2027. godine, do 2033. godine i nakon 2023. godine.

Do 2027. godine predlaže se preispitivanje obeleženih broja parking mesta, njihova diferencijacija (stanovnici i posetioci), definisanje parking mesta za dostavna vozila, preispitivanje cene i uslova za dobijanje PPK, nastavak realizacije van uličnih parkirališta, formiranje sistema parkirališta tipa „PARK&RIDE” na obodu zone, proširenje postojeće pešačke zone, reorganizacija sistema JGTP , izrada Studije normativa za parkiranje, pokretanje aktivnosti na prezentovanju ideje o zoni „ZERO EMISSION”, izrada Studije upravljanja i regulisanja saobraćaja u predmetnoj zoni.

Do 2033. godine predlaže se uvođenje i funkciju proširene pešačke zone, izrada Studije efekata na podsistem parkiranja nakon proširenja pešačke zone i zone „ZERO EMISSION” , dalja izgradnja van uličnih kapaciteta za parkiranje, i

Nakon 2033. godine predlaže se izrada Studije efekata na saobraćajni sistem nakon proširenja pešačke zone, zone „ZERO EMISSION” i uvođenja metro sistema u funkciju i u skladu sa dobijenim rezultatima planiranje dalje proširenje pešačke zone i zone nulte emisije štetnih gasova, (faza IV), dalja izgradnja van uličnih kapaciteta za parkiranje.

6 ZAKLJUČAK

Primenom predloga mera i smernica za poboljšanje stanja parkiranja došlo bi do značajnog poboljšanja kvaliteta života u centralnoj gradskoj zoni koje će se očitavati kroz poboljšanje stanja parkiranja, veću protočnosti ulične mreže, promenu učešća pešačkog i biciklističkog saobraćaja u vidovnoj raspodeli, unapređenje sistema javnog transporta

putnika, formiranje kvalitetnijih javnih prostora preraspodelom uličnog profila i poboljšanja kvaliteta životne sredine usled smanjenja zagađenja vazduha.

Realizacijom metro sistema, povećanjem učesća železnice u gradsko – prigradskom transportu putnika uz reorganizaciju konvencionalnih vidova javnog transporta dostupnost zona „nulte“ emisije neće biti umanjena, već će samo biti promenjena sa aspekta sredstva prevoza koje je budu opsluživale.

SUMMARY

Analysis of vehicle parking in the central area of Belgrade – Stari grad municipality and parts of Savski venac, Vračar, Zvezdara and Palilula municipalities

Abstract: Management of the transport system in central city areas is one of the most significant problems of city administration. The increase of motorization, the unfavorable geometric characteristics of the street network, the change in the functions of certain zones and buildings, leads to an increased number of requests for vehicle parking, which spills over into public spaces and affects the functioning of those parts of the city from all aspects. The subject of the analysis is the part of Belgrade where the problem of vehicle parking is most pronounced, with the aim of assessing the situation and defining proposed measures to solve the observed problems. The analysis methodology is based on the formation of an information base, the analysis of the existing situation through the review of legislation, planning documents and the situation on the ground, then the analysis of examples of some European cities, the trends of changes in the parameters of the transport system, and finally the definition of proposals for measures to improve the parking situation. The load on the street network was analyzed with a special emphasis on the entrance/exit directions to and from the central area of the city, the density of housing and business, as well as the spatial distribution of users, with the aim of estimating the required number of parking spaces. Based on the field research, conclusions were reached regarding the level of satisfaction of parking needs, as well as the efficiency of the zonal parking system. By comparing the calculated parking needs of the available parking spaces (existing and planned), the deficit of parking spaces and the trend of its growth in the next ten years were found. The result of the analysis is the proposal of several possible solutions based on the optimization of the existing transport system with all its subsystems.

Key words: vehicle parking, Park & Ride, pedestrian zones, zero emission

Upravljanje parkiranjem u turističkim mestima

Vladimir Čuljković, Saobraćajni fakultet, Beograd, v.culjkovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Neravnoteža između ponude i zahteva za parkiranje predstavlja jedan od najvažnijih problema urbanih sredina. Ovaj problem ima negativan uticaj ne samo na saobraćaj (dugo traganje za slobodnim parking mestom, nepropisno parkiranje, zagušenje, smanjena bezbednost itd.) već i na zagađenje vazduha, povećan nivo buke, gubljenje vremena, povećanje troškova, odnosno, na kvalitet života građana. Posebne specifičnosti ovaj problem ima u turističkim mestima u kojima se u određenim, ograničenim vremenskim periodima (sezonski ili kao posledica nekih događaja – festivali, koncerti i sl.) pojavljuje veliki broj posetilaca, odnosno, u kojima obim saobraćaja (i parkiranja) značajno varira tokom godine. Iako turizam predstavlja značajan izvor prihoda i povećava stopu zaposlenosti, on može biti i uzrok problema za lokalno stanovništvo u pogledu smanjene mobilnosti i zagađenja životne sredine. Upravljanje parkiranjem u turističkim mestima predstavlja svojevrsan izazov što je posledica različitih pogleda koje na ovaj problem imaju posetioci (turisti), pružaoci turističkih usluga i lokalno stanovništvo. Svaka od ovih kategorija pokušava da utiče na donosiocel političkih odluka pri čemu su njihovi zahtevi ponekad u suprotnosti sa kriterijumima na osnovu kojih se uređuje ova oblast. Da bi se donele adekvatne odluke, treba razumeti uzroke i obrasce ponašanja svih učesnika u ovom procesu, odnosno, istražiti vezu između primenjenih režima parkiranja i reakcija korisnika parking prostora na njih uzimajući u obzir i raspoložive alternativne načine prevoza. U ovom radu analizirano je stanje parkiranja u dva turistička mesta u Crnoj Gori i, u skladu sa njihovim osobenostima, predloženi su mogući pravci i mere za njegovo unapređenje.

Ključne reči: režimi parkiranja, alternativni načini prevoza, mere unapređenja

1 UVOD

Rast broja automobila, a time i broja zahteva za parkiranje, doprineo je da pronalazjenje slobodnog parking mesta bude čest problem u većini urbanih sredina. Osim brzog rasta broja automobila, na nedostatak mesta bitno utiče činjenica da je većina starih, istorijskih gradova nastala mnogo pre nastanka automobila pa su ulice uske bez mogućnosti za realizaciju parking mesta. Takođe, u mnogim gradskim centrima prioritet je dat pešačkim kretanjima kroz stvaranje pešačkih zona čime se obogaćuje iskustvo posetilaca i njihova bezbednost, a istovremeno se čuva istorijsko nasleđe. Povećanje obima saobraćaja i nedostatak parking mesta dovode do stvaranja zagušenja koja negativno utiču na saobraćaj ali i na pad kvaliteta života koji se ogleda u zagađenju životne sredine (izduvni gasovi, buka i sl.) i povećanju troškova (potrošnja goriva, vremenski gubici itd.). Problem je dodatno izražen u popularnim područjima i turističkim atrakcijama, a posebno postaje ozbiljan u vršnim periodima, odnosno, u vreme godišnjih odmora, praznika ili različitih manifestacija (festivali, karnevali i sl.).

U želji da se izbore sa navedenim problemima ili da ublaže njihove efekte, gradske uprave primenjuju različite politike parkiranja. Prema savremenom pristupu upravljanju parkiranjem, politike parkiranja treba da uravnoteže ponudu i potražnju i da omoguće što efikasnije korišćenje raspoloživih mesta za parkiranje. Međutim, u turističkim mestima pitanja vezana za parkiranje predstavljaju poseban izazov. Nedostatak parking mesta i intenzivni turistički tokovi u delovima grada u kojima se nalaze kulturne znamenitosti, luke, stanice ili plaže imaju za posledicu da se stanovnici iseljavaju iz njih jer im je narušen svakodnevni život. Za turiste koji dolaze svojim automobilom mogućnost i dostupnost parkiranja direktno utiče na odluku o realizaciji putovanja, a takođe i na njihovo mišljenje o destinaciji što je važno za njenu buduću promociju. Ukoliko postoji utisak da nikada nema dovoljno parking mesta, oni će često izabrati drugu destinaciju. Konačno, rast potražnje za parkiranje utiče i na pružaoce turističkih usluga jer se kao odgovor nameće izgradnja parking garaža i otvorenih parkirališta koja, osim što zauzimaju velike površine, iziskuju i značajna ulaganja.

Iz navedenih razloga, donosioci odluka često prave kompromise između zahteva koje pred njih postavljaju sve zainteresovane strane i kriterijuma za uređivanje ove oblasti. Donošenje adekvatnih odluka zahteva najpre razumevanje ponašanja svih učesnika u ovom procesu čak i kada oni pripadaju istoj kategoriji. Na primer, turisti koji traže mir i odmor kroz kontakt sa prirodom, ne smatraju parking odlučujućim faktorom, dok oni koji traže blizinu grada, gastronomsku ponudu i kulturne aktivnosti smatraju da je dostupnost parkinga odlučujuća [1]. Postojanje, pristupačnost i kvalitet alternativnih načina prevoza čine gradove atraktivnijim za turiste i omogućavaju bolje upravljanje povećanjem tokova koji se dešavaju u vršnom periodu turističke sezone (leto, u slučaju primorskih destinacija). Ovo omogućava da se ublaže neprijatnosti koje su prouzrokovane rezidentnom stanovništvu kao rezultat povećane gužve i pritiska na lokalnu saobraćajnu infrastrukturu koji proizilazi iz povećanja broja posetilaca [2]. Prema [3], najrelevantniji faktori koji utiču na izbor korisnika plaže između korišćenja sopstvenog automobila i alternativnih načina prevoza su cena parkiranja, udaljenost od plaže za sve alternative u odnosu na parkiralište, cena i komfor putovanja javnim prevozom i vreme čekanja za alternativu u sistemu parkiraj i vozi se.

Cilj ovog rada je da se na osnovu podataka iz 2 turistička mesta u Crnoj Gori analizira i oceni stanje parkiranja i pokažu moguća rešenja za upravljanje parkiranjem u turističkim mestima.

2 STANJE PARKIRANJA U BARU I SUTOMORU

Za potrebe ovog rada, korišćeni su podaci prikupljeni u okviru Studije sistema javnog parkiranja u Baru (Crna Gora), koja je za potrebe Opštine Bar urađena 2023-2024. godine [4]. Povod za izradu studije parkiranja bio je jedan od zaključaka prostorno-urbanističkog plana Opštine Bar koji je rađen 2018. za 2020. godinu koji je izdvojio problem parkiranja vozila na širem gradskom području Bara (područje GUP) kao prioritetan problem za rešavanje, navodeći čak da bi njegovo nerešavanje moglo postati „ozbiljna kočnica razvoja turizma i grada uopšte“. Kroz pomenuti zaključak je naglašeno da dugo traganje za slobodnim mestom i veliki broj parkiranih vozila na površinama koje za to nisu predviđene „ometaju saobraćaj i drastično umanjuje kapacitet putne i ulične mreže“, stvara utisak urbanog haosa, degradira životnu sredinu i narušava kvalitet života u gradu. Studijom su

obuhvaćena naselja Bar, Šušanj, Sutomore i Stari Bar, dok su za potrebe ovog rada izabrani samo Bar i Sutomore.

Prema popisu iz 2011. godine u Opštini Bar je živelo 42.048 stanovnika. Broj stanova iznosio je 33.371, od čega je 61,8% stambenog fonda korišćeno za stanovanje, a 35,5% je deklarirano za sezonsko korišćenje (preostali stanovi su ili korišćeni za obavljanje delatnosti ili o njima ne postoje podaci). Ove pokazatelje treba uzeti samo kao opisne, jer se odnose na celu teritoriju opštine, a ne mogu biti svedeni na nivo predmetnih naselja.

U raspoloživoj dokumentaciji o karakteristikama transportnog sistema nema podataka o vidovnoj raspodeli putovanja. Javni prevoz putnika na teritoriji opštine Bar obavlja se na tri gradske linije i 6 prigradskih linija, od kojih samo 3 linije (1 gradska i 2 prigradske) saobraćaju tokom perioda letnje sezone, odnosno van perioda trajanja školske godine, pri čemu 1 linija van perioda trajanja školske godine ima smanjen broj polazaka. Pored javnog prevoza putnika, na teritoriji opštine Bar funkcioniše i taksi prevoz. U taksi sistemu postoji ukupno 129 vozila. Za kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju nadležne su Uprava policije – Saobraćajna policija i Služba za vršenje komunalnog nadzora – Komunalna policija Opštine Bar.

U Studiji je analiza postojećeg stanja parkiranja urađena na osnovu podataka prikupljenih iz raspoložive dokumentacione osnove odgovarajućih institucija uključenih u upravljanje ili eksploataciju, kao i podataka prikupljenih terenskim istraživanjima prema prethodno definisanoj i verifikovanoj metodologiji istraživanja. U posmatranom prostoru sveobuhvatno su popisana parking mesta i snimljene su minimalna (jutarnja) i maksimalna (podnevna) akumulacija parkiranja, dok su ostali relevantni parametri snimljeni na reprezentativnom uzorku uličnih i vanuličnih parking mesta metodama nezavisnih i zavisnih istraživanja. Naselja su posmatrana posebno kako bi se, pri analizi i oceni stanja i predlogu mera za upravljanje parkiranjem uvažile specifičnosti svake od prostornih celina. Kako se rad odnosi na specifične probleme parkiranja u turističkim gradovima, to su u analizi uzeti u obzir samo podaci koji su prikupljeni u letnjoj sezoni. Stoga se predložene mere i efekti odnose samo na ovaj period.

2.1 Analiza i ocena stanja parkiranja u Baru

U Baru postoji ukupno 6.792 regulisanih parking mesta namenjenih za javno korišćenje. Na najvećem delu ponude za parkiranje (94%) nije uveden režim parkiranja (nema naplate).

Rezultati su pokazali da u čitavom prostoru obuhvaćenom Studijom i na svim strukturama za parkiranje ima dovoljno parking mesta za realizaciju svih zahteva stanovnika i turista smeštenih u njemu (kategorije koja „mora” da se parkira u zoni). U okviru ovog prostora izdvojila se zona u kojoj problem postoji. Radi se o užoj centralnoj zoni, koja je atraktivna jer se u njoj u podne parkira 1,38 puta više vozila nego ujutru. Broj realizovanih zahteva za parkiranje pri podnevnoj akumulaciji je veći od broja regularnih parking mesta (koeficijent iskorišćenja parking mesta iznosi 1,16), pa oko 2/3 korisnika po dolasku u zonu mora da traži slobodno parking mesto (dodatno se voze oko 3,4 minuta). Prosečno rastojanje pešačenja od mesta za parkiranje do konačnog cilja je 130 metara (dvostruko duže od uobičajenog za gadove veličine Bara). Iako se može reći da problem parkiranja u ovoj zoni trenutno nije veliki, za očekivati je da bi aktuelna izgradnja velikog broja objekata za stanovanje i smeštaj intenzivirala taj problem, što bi trebalo

blagovremeno preduprediti. Imajući u vidu njene karakteristike i uslove koje treba da ispuni, problem u ovoj zoni se može rešiti uvođenjem odgovarajućeg režima parkiranja (buduća Zona režima).

U ostatku prostora problem parkiranja ne postoji, a postojeća infrastruktura može da primi i dodatne zahteve (oko 22% slobodnih parking mesta pri podnevnom opterećenju zone).

2.2 Analiza i ocena stanja parkiranja u Sutomoru

U Sutomoru postoji ukupno 355 regulisanih parking mesta namenjenih za javno korišćenje. Najveći deo ponude za parkiranje se nalazi na unutarblokovskim površinama (53,3%), zatim na uličnim frontovima (31,1%) i na parkiralištima (15,6%). Mesta namenjena za osobe sa invaliditetom i rezervisana parking mesta ne postoje.

Na većini mesta za parkiranje (84%) nije uveden režim parkiranja, odnosno, naplata se vrši samo na parkiralištima (samo tokom sezone).

Rezultati istraživanja pokazuju da u čitavom prostoru u toku celog dana postoji izražen problem parkiranja. Broj parkiranih vozila je preko tri puta veći od broja parking mesta (iskorišćenje: ujutru 3,12; u podne 3,32) pri čemu je na uličnim frontovima preko 98% vozila parkirano na mestima na kojima parkirane nije dozvoljeno.

Prema nameni površina i posledično atraktivnosti zona, i dalje prema prioritarnosti za rešavanje problema parkiranja izdvojila se zona „Uz more“. Iako je stanje parkiranja u ovoj zoni (iskorišćenje: ujutru 2,23; u podne 3,40) bolje nego u Ostatku prostora istraživanja (iskorišćenje: ujutru 4,93; u podne 4,27), zbog navedenog nedostatka parking mesta ni u njoj se ne može uvesti restriktivni režim parkiranja.

Kao primarni razlog veoma lošeg stanja parkiranja u Sutomoru izdvojili su se propusti u urbanističkom planiranju, odnosno, nepoštovanje urbanističkih normativa. Ovo se najbolje može sagledati u Ostatku prostora istraživanja koji je monofunkcionalne namene (stanovanje/smeštaj), a u kojem je broj vozila stanovnika i smeštenih turista preko 4 puta veći od broja parking mesta. Ovako izražen nedostatak parking mesta za kategorije korisnika koji tu moraju da se parkiraju ukazuje na to da se problem parkiranja u Sutomoru ne može rešavati primenom restriktivnih režima parkiranja već je potrebno tražiti drugačija rešenja.

3 PREDLOG MERA I OČEKIVANI EFEKTI

U skladu sa analizom i ocenom stanja parkiranja, definisane su mere koje treba da dovedu do njegovog unapređenja ali i da doprinesu realizaciji održivog transportnog sistema. Predložene mere za rešavanje/ublažavanje problema parkiranja usmerene su na poboljšanje kvaliteta života stanovnika i na kvalitet usluge koji se nudi turistima.

3.1 Predlog mera za unapređenje stanja parkiranja u Baru i očekivani efekti

U prostoru istraživanja u Baru tehničko regulisanje parkiranja je gotovo u potpunosti izvršeno (99,66%), pa mere za prostorno uređenje obuhvataju kompletiranje tehničkog regulisanja, postavljanje uličnog mobilijara (stubića, kugli, visokih ivičnjaka i sl.) gde god je to potrebno i moguće kako bi se sprečilo parkiranje vozila na mestima na kojima ono nije dozvoljeno i tehničko regulisanje parking mesta za vozila osoba sa invaliditetom.

U budućoj Zoni režima u Baru ispunjeni su svi uslovi za uvođenje restriktivnog režima parkiranja. Režim je izabran tako da dovede do uravnoteženja ponude i potražnje,

eliminisanja parkiranja na zabranjenim mestima, zadovoljenja svih zahteva korisnika koji „moraju“ da se parkiraju u zoni (stanovnici, a u sezoni i turisti smešteni u Zoni) i ostvarivanja visokog stepena zadovoljstva korisnika. Shodno tome, predloženo je uvođenje režima bez vremenskog ograničenja sa naplatom parkiranja. U okviru tarifnog sistema predloženo je da povlašćeni status, osim stanovnika zone, mogu ostvariti i turisti sa smeštajem u Zoni režima, pri čemu cena pretplate za ove dve kategorije nije regulativnog karaktera već služi isključivo za regulisanje prava na korišćenje parking mesta u uticajnoj zoni stana/smeštaja pod povlašćenim uslovima.

Rezultati prognoze su pokazali da bi predložene mere rešile problem parkiranja (maksimalni koeficijent iskorišćenja bio bi 1,01, a prosečan 0,81). Obim parkiranja stanovnika i turista sa smeštajem bi ostao nepromenjen dok bi se obim parkiranja posetilaca smanjio za 41%. Od posetilaca koji više ne bi parkirali u Zoni režima, oko 43% bi putovanje realizovalo alternativnim načinom (oko 35% pešice; oko 8% taksi prevozom), što je pozitivno sa aspekta održive urbane mobilnosti. Oko 42% bi parkiralo na obodu Zone režima što ne bi dovelo do preliivanja problema jer obodna zona ima dovoljno kapaciteta da prihvati ove nove zahteve. Konačno, oko 15% posetilaca bi odustalo od dolaska u zonu.

3.2 Predlog mera za unapređenje stanja parkiranja u Sutomoru u očekivani efekti

U zoni „Uz more“ u Sutomoru je na uličnim frontovima obeleženo samo 36 parking mesta, a pri postojećim režimima dinamičkog saobraćaja (jednosmerno/dvosmerno) moguće je obeležiti još samo 108 parking mesta, što bi bilo nedovoljno za kategoriju koja „mora“ da se parkira. Stoga je kao mera koja prethodi tehničkom regulisanju parkiranja predložena izmena režima dinamičkog saobraćaja (iz dvosmernog u jednosmerni) na onim deonicama uličnih frontova u zoni „Uz more“ na kojima to ne bi onemogućilo pristup određenim delovima grada. Ova mera bi omogućila obeležavanje dodatnih 100 parking mesta što bi sa jedne strane ublažilo problem parkiranja (ne bi ga u potpunosti rešilo jer i dalje ne bi bilo uslova za uvođenje restriktivnog režima parkiranja), a sa druge strane omogućilo protočnost dinamičkog saobraćaja koja je u postojećem stanju umanjena (česti su višeminutni zastoji) tokom čitavog dana. U ostatku prostora istraživanja u Sutomoru nema mogućnosti ni za prostorno uređenje parkiranja.

Kako se predložene mere odnose samo na zonu „Uz more“ to se samo u njoj mogu očekivati pozitivni efekti. Nakon tehničkog regulisanja, broj vozila u prekršaju na uličnim frontovima pri maksimalnoj akumulaciji bi se smanjio za oko 42%, a kategorije koja mora da se parkira (jutarnja akumulacija) za oko 65%. Obzirom da nisu predviđene restriktivne mere, ukupan obim parkiranja se ne bi smanjio. Iz istog razloga neće doći ni do preliivanja zahteva na obodnu zonu, pa ublažavanje problema parkiranja u zoni „uz more“ neće dovesti do pogoršanja stanja u ostatku prostora istraživanja.

4 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Ovaj rad ističe da je za pravilno upravljanje parkiranjem potrebno sagledati sve uzročnike problema. Poseban akcenat je stavljen na uvažavanje lokalnih uslova i interesa, odnosno, na to da se mere ne mogu „prepisivati“. Na primeru dva turistička mesta u Crnoj Gori, Baru i Sutomoru, pokazano je da se odgovarajućim merama može rešiti/ublažiti problem parkiranja i indirektno uticati na poboljšanje kvaliteta života stanovnika, a u

sezoni i na poboljšanje kvaliteta usluge turistima. Konvencionalni pristup rešavanja problema parkiranja podrazumeva da se uvođenjem restriktivnih mera smanji broj zahteva za parkiranje. Međutim, u turističkim gradovima primena ovih mera bi mogla da utiče da se destimuliše parkiranje, a time i dolazak, onih kategorija korisnika koje ovi gradovi nastoje da privuku (prvenstveno korisnika sa smeštajem). Sa druge strane, stanovnicima kojima ove kategorije korisnika omogućavaju povećanje životnog standarda, one istovremeno utiču i na pad kvaliteta života zbog problema koje dodatni broj automobila donosi u dinamičkom saobraćaju, parkiranju i narušavanju ambijenta generalno. Nalaženje kompromisa između ovih oprečnih interesa predstavlja najveći izazov za upravljanje parkiranjem u tim gradovima.

Iako je problem parkiranja u turističkim gradovima specifičan, pravci za njegovo rešavanje su isti kao i u drugim gradovima. Potrebno je poći od prostornog uređenja (ukoliko ono nije ili nije u potpunosti izvršeno) čime se može ublažiti ne samo problem parkiranja već i problemi u dinamičkom saobraćaju (Sutomore). Prostornim uređenjem se stvaraju uslovi za funkcionalno uređenje, odnosno za upravljanje parkiranjem. Kada su ispunjeni uslovi za uvođenje restriktivnog režima parkiranja (buduća Zona režima u Baru), mere u zonama u kojima se uvode treba da, osim stanovnicima, omoguće povlašćeno parkiranje i turistima sa smeštajem u njima. Turistima koji su posetioci atraktivnih sadržaja u ovim zonama treba omogućiti da se u njima parkiraju ali ih destimulisati da se predugo zadržavaju. Da ne bi u potpunosti odustali od dolaska u zone sa restriktivnim režimom parkiranja, treba im ponuditi adekvatne alternative ili u vidu parkiranja u obodnim zonama (ukoliko postoje prostorne mogućnosti) ili u vidu alternativnih načina dolaska (razvijanje i promocija alternativnih prevoznih sredstava).

LITERATURA

- [1] M. Devesa, M. Laguna, A. Palacios, 2010, The role of motivation in visitor satisfaction: Empirical evidence in rural tourism, *Tour. Manag.*, 31(4), 547–552
- [2] D. Albalade, G. Bel, 2010, Tourism and urban public transport: Holding demand pressure under supply constraints, *Tour. Manag.*, 31(3), 425–433
- [3] G. Antolín, B. Alonso, R. Cordera, L. dell’Olio, 2019, The effect of introducing parking policies on managing mobility to beaches in touristic coastal towns, *Sustain.*, 11(13),
- [4] Public transport consult d.o.o. i Univerzitet u Beogradu Saobraćajni Fakultet, „Studija sistema javnog parkiranja u Baru”, 2024.

SUMMARY:**Parking management in tourist places**

Abstract: The imbalance between parking supply and demand is one of the most significant problems of urban areas. This problem has a negative impact not only on traffic (long search for a vacant parking space, illegal parking, congestion, reduced safety, etc.) but also on air pollution, increased noise level, waste of time, increased costs, i.e. the quality of life of citizens. This problem is particularly specific in tourist places where a large number of visitors appear in particular, limited periods of time (seasonally or as a result of certain events – festivals, concerts, etc.), i.e. where the volume of traffic (and parking) varies significantly during a year. Although tourism represents a significant source of income and increases the employment rate, it can also be the cause of problems for the local population in terms of reduced mobility and environmental pollution. Parking management in tourist places presents a unique challenge. This is a consequence of the opposing views of visitors (tourists), tourism service providers and local residents on this problem. Each of these categories tries to influence political decision-makers, and their demands sometimes contradict the criteria that regulates this area. To make adequate decisions, it is necessary to understand the causes and patterns of behavior of all participants in this process, that is, to investigate the connection between the applied parking regimes and the reactions of parking space users to them, taking into account the available alternative means of transportation. In this paper, the state of parking in two tourist places in Montenegro was analyzed and, in accordance with their peculiarities, possible directions were proposed for its improvement.

Key words: parking regimes, alternative means of transport, improvement measures

Uticaj cene parkiranja na korisnike različitih socio-ekonomskih karakteristika

Jelica Komarica, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.komarica@sf.bg.ac.rs

Jelena Simićević, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.simicevic@sf.bg.ac.rs

Marina Milenković, Saobraćajni fakultet, Beograd, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Draženko Glavić, Saobraćajni fakultet, Beograd, drazen@sf.bg.ac.rs

Rezime: Pored ekonomskih i ekoloških, društveni uticaji u donošenju transportnih odluka imaju značajnu ulogu u postizanju ravnoteže održivog transportnog sistema. Održivi transport najčešće podrazumeva ograničenje upotrebe putničkih automobila i podstiče primenu mera upravljanja mobilnošću, poput naplate parkiranja. Podržavajući implementaciju ciljeva održivog transporta, naplata parkiranja doprinosi sve većem udelu održivijih vidova prevoza i smanjenju saobraćajnog zagušenja i njegovih negativnih posledica poput nepropisnog parkiranja, povećanih vremenskih gubitaka, ekološkog zagađenja i sl. Međutim, iako prepoznata kao efikasna mera, naplata parkiranja se često suočava sa kritikama u pogledu nejednakosti prema različitim društvenim i ekonomskim grupama korisnika, koja još uvek nije u dovoljnoj meri istražena. Imajući u vidu navedeno, ovaj rad ima za cilj da pomoću binarnog logit modela ispita osetljivost korisnika različitih socio-ekonomskih karakteristika na definisane cene parkiranja, sa aspekta promene transportnog ponašanja. Transportno ponašanje uključuje donošenje odluke korisnika prilikom nametanja različitih tarifnih politika parkiranja, poput parkiranja na uličnom frontu, na parkiralištu/garaži, na obodu zone, zatim promene vida prevoza, destinacije ili odustajanja od putovanja. Za razvoj modela korišćeni su podaci dobijeni (online) anketiranjem stanovnika Beograda, metodom izraženih i izjavljenih preferencija. Utvrđivanje najuticajnije socio-ekonomske karakteristike korisnika, može pomoći donosiocima odluka da sagledaju društvenu jednakost korisnika prilikom kreiranja tarifne politike parkiranja.

Ključne reči: održivi transportni sistem, naplata parkiranja, cena parkiranja, socio-ekonomske karakteristike korisnika

1 UVODNA RAZMATRANJA

Utičući na pristupačnost grada, parkiranje kao transportna usluga, predstavlja ključni faktor u upravljanju transportnim sistemom. Njegova uloga u planiranju saobraćaja sve više dobija na značaju usled konstantnog porasta stepena motorizacije i nepostojanja adekvatnog zemljišnog prostora namenjenog za parkiranje. Ovakav problem postaje sve izraženiji unutar urbanih gradskih područja, zbog činjenice da saobraćajni i zahtevi za parkiranjem prevazilaze transportnu ponudu. S tim u vezi, proširenje kapaciteta parking prostora je često nemoguće i obično je kontraefikasno, jer izgradnja većeg broja parking mesta izaziva dodatnu potražnju. To je razlog zašto je tokom poslednjih nekoliko godina učinjen veliki napor kako bi se pronašlo rešenje za rastuće zahteve za parkiranjem u gradskim urbanim sredinama.

Iako nastala kao posledica zabrinutosti za životnu sredinu i potrošnju prirodnih resursa usled ekonomskog i društvenog razvoja, ideja o održivosti se pokazala kao značajna u upravljanju gradovima i njihovim transportnim sistemima. Koncept održivog razvoja pojavio se pre skoro 50 godina [1] težeći ka uspostavljanju optimalnog balansa između ekonomskih, društvenih i ekoloških ciljeva. Međutim, interes za održivost je prvobitno izazivao zabrinutost za dugoročne rizike trenutne potrošnje resursa, imajući u vidu ciljeve „međugeneracijske jednakosti” (tj. jednakosti prema budućim generacijama). S tim u vezi, održivi razvoj se neretko definiše kao „Razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje sopstvene potrebe” [2]. Shodno navedenom, promovisanje održivosti, održivog razvoja i održivog transporta, prepoznato je kao potreba prilikom planiranja i poboljšanja transportnih sistema i politika.

Zalagajući se za ograničenje upotrebe putničkih automobila, održivi transport podstiče primenu mera upravljanja mobilnošću, poput naplate parkiranja, doprinoseći održivom razvoju. Nametanjem direktnih troškova korisniku, naplata parkiranja utiče na povećanu upotrebu održivijih vidova prevoza i smanjenje saobraćajnog zagušenja i njegovih negativnih posledica, omogućavajući generisanje prihoda za ulaganje u projekte razvoja zajednice. Međutim, uvođenje naplate parkiranja ili povećanje cene naplate podrazumeva promene transportnog ponašanja dela korisnika. Najčešće, odustajanjem od parkiranja u zoni naplate, promenom lokacije ili strukture parkirališta, promenom načina prevoza, vremena putovanja, zatim promenom krajnjeg odredišta ili odustajanjem od putovanja. S tim u vezi, iako prepoznata kao efikasna mera, naplata parkiranja se često suočava sa kritikama u pogledu nejednakosti prema različitim društvenim i ekonomskim grupama korisnika, koja još uvek nije u dovoljnoj meri istražena.

Sa druge strane, savremeni pristup problemima parkiranja ispoljava se kroz smanjenje potražnje za parkiranjem kako bi se uskladila parking ponuda i druge prostorne karakteristike grada. Primenom regresionih modela, pojedini autori su pokušali da identifikuju socio-ekonomske karakteristike korisnika koje utiču na potražnju za parkiranjem. Njihovi nalazi zabeleženi dosadašnjim istraživanjima to i potvrđuju ističući da društveno-ekonomski status korisnika može imati značajan uticaj kako na posedovanje automobila, tako i na potražnju za slobodnim parking mestom [3].

U prilog tome, utvrđeno je da socio-ekonomske karakteristike poput pola, starosti i ličnog prihoda ispitanika, imaju najznačajniji uticaj kako na izbor lokacije parkirališta [4] i parking mesta [5], tako i na promenu strukture parkirališta i trajanje parkiranja [6]. Uz navedene karakteristike, stečeno obrazovanje i mesto stanovanja [4] ističu se kao značajni faktori pri donošenju krajnje odluke za izbor lokacije parkirališta, dok zanimanje ispitanika [5] ima podjednak doprinos prilikom izbora parking mesta, zajedno sa karakteristikama vožnje i troškovima putovanja. Takođe, uz pol, starost i lični prihod, koji dokazano imaju i direktne implikacije na potražnju parkiranja [7], mesto stanovanja je prepoznato kao značajno i prilikom promene strukture parkirališta i trajanja parkiranja [6]. Ističući značaj socio-ekonomskih karakteristika, ovaj rad ima za cilj da na osnovu stavova ispitanika Beograda utvrdi osetljivost korisnika različitih socio-ekonomskih karakteristika na definisane cene parkiranja, sa aspekta promene transportnog ponašanja. Time se dodatno doprinosi proširenju i sveobuhvatnosti literature iz ove oblasti, koja je usled nedovoljno istražene teme u приметnom nedostatku.

2 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Uzimajući u obzir pristup zasnovan na korisniku prilikom utvrđivanja uticaja cene parkiranja na donošenje odluke o transportnom ponašanju, ovo istraživanje je zasnovano na sagledavanju ličnih preferencija korisnika. Primenom binarnog logit modela, može se utvrditi koje socio-ekonomske karakteristike su značajne za donošenje odluke korisnika prilikom povećanja cena parkiranja, odnosno na koje socio-ekonomske grupe cena ima najveći uticaj.

2.1 Područje istraživanja

Zbog ubrzanog razvoja i približno 665.000 putničkih automobila, Beograd se svakodnevno suočava sa saobraćajnim i parking zagušenjima. I pored uvedenih režima, problem parkiranja je i dalje najizraženiji u centralnoj gradskoj zoni, zbog postojanja neravnoteže između potražnje za parkiranjem i broja postojećih parking mesta. Takve posledice nastaju kao rezultat istorijski formirane gradske strukture, postojećih planskih propusta, lošeg upravljanja parkiranjem ali i nedostatka namenskih parking mesta za stanovnike novoizgrađenih stambenih objekata. Imajući to u vidu, centralna zona Beograda (CZ), koja čini staro gradsko jezgro okruženo tramvajskom linijom broj 2, predstavljala je područje predmetnog istraživanja (Slika 1). Prostire se na oko 282 ha, sa 87.448 stanovnika i velikom gustom stambenih, poslovnih, kulturnih, trgovinskih, ugostiteljskih i drugih objekata.

Obuhvatajući tri parking zone (Slika 2), na uličnom frontu područja istraživanja, definisana su tri režima parkiranja koja se razlikuju po sledećim atributima: vremensko ograničenje i cena parkiranja. Odnosno, zonu A karakteriše dozvoljeno vreme parkiranja 30 min (100 din), zatim crvenu zonu – dozvoljeno vreme parkiranja 1h (60 din) uz mogućnost produženog parkiranja od 30 min (100 din) i žutu zonu – dozvoljeno vreme parkiranja 2h (53 din/h) uz mogućnost produženog parkiranja od 1h (180 din). Kontrola i naplata parkiranja se u svim parking zonama primenjuje radnim danima od 7h do 21h i subotom od 7h do 14h.



Slika 1: Područje istraživanja



Slika 2: Režimi parkiranja

U poređenju sa posetiocima zone, koji parkiranje na uličnom frontu plaćaju po započetom satu, stanovnici zoniranog područja, kao i pravna lica i preduzetnici, sa sedištem

firme u zoni, imaju pravo na povlašćenu mesečnu parking kartu (PPK). Iako ne garantuje njenom korisniku slobodno parking mesto, PPK pruža mogućnost da kada korisnik pro-nađe slobodno parking mesto, može da parkira bez ikakvog vremenskog ograničenja. Cena PPK za stanovnike iznosi 500 din/mesečno, dok cena za pravna lica i preduzetnike zavisi od parking zone (9.500 din/mesečno u zonama A i crvenoj zoni, i 6.500 din/mesečno u žutoj zoni).

Pored parkiranja na uličnom frontu, na teritoriji posmatranog područja nalaze se 4 parking garaže i 2 vanulična parkirališta čije su cene za parkiranje po započetoj satu 2 do 3 puta veće u odnosu na cenu parkiranja na ulici (100 din/h ili 120 din/h). Takođe, pored plaćanja parkiranja po satu, moguće je platiti i mesečno parkiranje (vrste i naknade se razlikuju, ali su daleko veće od onih za parkiranje na ulici). Sa druge strane, naplata parkiranja u garažama i na vanuličnim parkiralištima se vrši svakog dana u trajanju od 24h.

Takođe, važno je istaći činjenicu da je približno 11.500 uličnih, 2.024 garažnih i 146 vanuličnih parking mesta podjednako dostupno i stanovnicima i posetiocima CZ uz različitu novčanu naknadu.

2.2 Prikupljanje podataka

Podaci o stavovima korisnika utvrđeni su anketiranjem u periodu od aprila 2024. do avgusta 2024. godine korišćenjem online upitnika. Ciljnu grupu su činili stanovnici Beograda koji poseduju, a zatim i koriste putnički automobil za sva putovanja u CZ i realizuju parkiranje na uličnom frontu (UF). Radi dobijanja reprezentativnog uzorka, online upitnik je poslat pojedinim preduzećima i fakultetima, studentima, penzionerima kao i korisnicima društvenih mreža u Beogradu.

Upitnik je bio podeljen u dva dela. U prvom delu, pomoću metode izraženih preferencija prikupljeni su podaci o socio – demografskim i ekonomskim karakteristikama korisnika kao što su pol, starost, status zaposlenja, prosečni mesečni lični prihod ispitanika i nivo obrazovanja. Drugi deo je metodom izjavljenih preferencija utvrdio stavove korisnika u pogledu promene transportnog ponašanja usled hipotetičkog povećanja cene parkiranja u centralnoj zoni.

Naknada za parkiranje na uličnom frontu je kroz dva hipotetička scenarija postepeno rasla redom za 50% i 100% u zavisnosti od zone u kojoj korisnici najčešće parkiraju, dok je na alternativnim parkiralištima (parking garaže i vanulična parkirališta) cena ostala nepromenjena. Analizirajući osetljivost na povećane troškove parkiranja, korisnici su na osnovu ponuđenih odgovora mogli da se opredele da će i dalje parkirati na ulici uz povećane troškove, zatim na parkiralištu/garaži ili obodu zone, da promene vid prevoza (JPP, bicikl, e-bicikl, e-trotinet), odustanu od putovanja ili promene krajnju destinaciju. Time se pored analize prihvatljive cene parkiranja, mogu sagledati za to uticajni društveno-ekonomski faktori i najpogodnije alternative parkiranju na uličnom frontu za korisnike koji bi promenili svoje transportno ponašanje.

3 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Ukupan uzorak se sastojao od 202 ispitanika, koji parkiranje plaćaju po započetoj satu i isto realizuju na uličnom frontu u CZ sa motivom kupovina, rekreacija, zabava i sl. Budući da su oni jedini pogođeni hipotetički uvećanim naknadama za parkiranje na

uličnom frontu, ukupan uzorak činili su isključivo posetioCI CZ, ne uključujući stanovnike i pravna lica koja poseduju PPK.

Među ispitanicima je bilo nešto više žena (52%) nego muškaraca (48%), pretežno mlađe populacije, odnosno između 18 i 25 godina (24,3%) i između 26 i 35 godina (21,8%). Najveći broj ispitanika je u stalnom radnom odnosu (33,2%), pripadajući većinom grupi sa prosečnim mesečnim ličnim prihodom od 30.000 do 60.000 din (22,3%) i 60.001 do 90.000 din (19,3%). Shodno navedenom, među ispitanicima je najviše onih sa završenom srednjom (26,2%), visokom/višom školom (21,3%) i fakultetom (osnovne studije) (20,3%).

Samo 7,92% ispitanika je parkiralo u zoni A, dok je u žutoj parking zoni u trajanju od 1h parkiralo 23,27%. Slede crvena zona sa 31,68% korisnika, a zatim i žuta parking zona u kojoj je u trajanju od 2h parkirao i najveći broj korisnika (37,13%). Zbog nedovoljnog uzorka za pojedinačno posmatranje, parking zone su grupisane. Statističkom analizom je utvrđeno da više od polovine korisnika (56,4%) ne bi odustalo od parkiranja na ulici, čak i da je cena 50% veća, što pri duplom povećanju cene nije slučaj (22,8%). Prikupljeni podaci korišćeni su za uklapanje u binarne logit modele (BLM), kod kojih se zavisne promenljive odnose na osetljivost korisnika na povećanje cena parkiranja za 50% i 100%, što ih klasifikuje kao dihotomne. Nezavisne promenljive kao što su starost, zaposlenje, prosečan mesečni lični prihod ispitanika i nivo obrazovanja, klasifikovane su kao kategoričke, dok je pol klasifikovan kao kontinualna promenljiva. Usled postojanja pojedinih kategoričkih promenljivih, za koje je logističkom regresijom utvrđeno da nisu statistički značajne, izvršeno je njihovo pregrupisanje.

Rezultati Hi-kvadrat testa odnosa verovatnoće pokazali su da su konačni modeli statistički značajno bolje prilagođeni ($\chi^2=114,353$, $df=11$, $p<0,000$, pseudo $R_N^2=33,1\%$ i $\chi^2=89,512$, $df=11$, $p<0,000$, pseudo $R_N^2=30,2\%$, redom) u poređenju sa nultim modelima. Finalni modeli tačno predviđaju preko 70% slučajeva (72,8% i 80,7% redom). Nakon ispitivanja performansi potencijalnih modela u odnosu na pet razmatranih prediktora (socio-ekonomskih karakteristika), definisani su konačni BLM modeli prikazani u Tabeli 1.

Prva statistički značajna promenljiva odnosi se na pol. Iako pri manjem povećanju cene ne postoji statistički značajna razlika u osetljivosti korisnika muškog i ženskog pola, očigledano je da nakon porasta cena, preko njima prihvatljive, žene značajno intenzivnije reaguju. Naime, negativan koeficijent ukazuje da su pri povećanju cene parkiranja za 100%, žene osetljivije i samim tim više sklone promeni transportnog ponašanja, što potvrđuju i rezultati mnogobrojnih studija (npr. [8],[9]).

Takođe, veća je verovatnoća da će pretežno mlađi korisnici (od 18 do 35 godina) u oba slučaja odustati od parkiranja na ulici, kao reakcija na povećanje cena parkiranja, u poređenju sa referentnom grupom (korisnicima starijim od 55 godina). Ovakvi rezultati su u skladu sa dosadašnjim istraživanjima (npr. [10]), koja ukazuju da su mlađi vozači spremniji i lakše se odlučuju na promenu transportnog ponašanja, kada se suoče sa povećanjem cena parkiranja. S tim u vezi, stariji korisnici su teško podložni promenama navika i samim tim manje osetljivi na povećanu cenu parkiranja. Međutim, za bolje razumevanje osetljivosti korisnika različitih starosnih kategorija, ubuduće bi trebalo socio-ekonomske karakteristike dovesti u vezu sa karakteristikama putovanja i parkiranja, imajući u vidu da na osetljivost korisnika prilikom povećanje cene parkiranja, može uticati

i učestalosti kretanja u CZ. Sa druge strane, status zaposlenja, nema statistički značajan uticaj na reakciju korisnika prilikom povećanja cene parkiranja.

Tabela 1: Rezultati primene binarnih logit modela prilikom povećanja cena parkiranja

Scenario	Povećanje cene parkiranja za 50%				Povećanje cene parkiranja za 100%			
	B	Wald	Sig.	Exp (B)	B	Wald	Sig.	Exp (B)
Promenljiva								
Pol	-0,118	0,223	0,636	0,889	-0,692	5,226	0,022	0,501
Starost		7,129	0,028		14,841	0,001		
18 - 35	-2,284	7,751	0,005	0,102	-4,369	15,467	0,000	0,013
36 - 55	-1,551	3,637	0,057	0,212	-3,648	12,119	0,000	0,026
> 55 (ref.)								
Zaposlenje		2,658	0,265		0,893	0,640		
Student (učenik)	0,283	0,767	0,381	1,327	0,014	0,001	0,970	1,015
Nezaposlen	-0,188	0,380	0,538	0,828	-0,271	0,551	0,458	0,763
Zaposlen (ref.)								
Prihod (din/mes.)*		46,098	0,000		63,191	0,000		
< 60.000	-0,421	2,396	0,122	0,657	-0,167	0,187	0,666	0,846
60.001 – 120.000	-3,487	38,458	0,000	0,031	-2,544	46,562	0,000	0,079
120.001 – 180.000	-1,918	13,066	0,000	0,147	-1,714	12,719	0,000	0,180
> 180.000 (ref.)								
Obrazovanje		6,358	0,095		10,323	0,016		
Osnovna škola	-0,916	5,078	0,024	0,400	-1,353	9,501	0,002	0,258
Srednja škola	-0,534	1,476	0,224	0,586	-0,891	3,443	0,064	0,410
Visoka/Viša škola	-0,499	1,097	0,295	0,607	-0,959	3,418	0,064	0,383
Fakultet (ref.)								
Nagelkerke R²		0,331			0,302			

*Prosečan mesečni lični prihod ispitanika

Predstavljajući jedan od indikatora ekonomskog statusa korisnika, prosečan mesečni lični prihod ispitanika prepoznat je kao statistički značajan. Imajući negativne koeficijente, BNL modeli ukazuju na veću verovatnoću da će korisnici sa srednjim (od 60.000 din do 120.000 din) i nešto višim prihodom (od 120.001 din do 180.000 din) najpre odustati od parkiranja na ulici u poređenju sa korisnicima čiji je prihod veći od 180.000 din mesečno. Ovakvi rezultati su i očekivani, s obzirom da se sa povećanjem cene parkiranja, značajno utiče i na visinu ukupnih troškova putovanja, što parkiranje na ulici pri definisanim cenama čini manje poželjnim izborom od strane korisnika.

Pored navedenog, stečeni nivo obrazovanja se takođe pokazao kao statistički značajna promenljiva prilikom uticaja povećanja cena parkiranja na transportno ponašanje korisnika. Naime, povećanje cene parkiranja u oba scenarija najviše je uticalo na korisnike sa samo osnovnom školom da promene transportno ponašanje, u poređenju sa korisnicima koji imaju stečeno fakultetsko obrazovanje. Takođe, iako modelom imaju graničnu statističku značajnost, korisnici srednjeg i višeg obrazovanja imaju manju verovatnoću da se opredele za parkiranje na uličnom frontu u poređenju sa korisnicima sa fakultetskim obrazovanjem, pri povećanju cene parkiranja za 100%.

4 ZAKLJUČAK

U cilju kvantifikovanja efekata, prilikom povećanja cena parkiranja, na transportno ponašanje korisnika u CZ Beograda, fokus ovog rada odnosio se na utvrđivanje socio-ekonomskih karakteristika koje utiču na donošenje takve odluke.

Primenom binarnih logit modela utvrđeno je da sve razmatrane socio-ekonomske karakteristike, sem zaposlenosti, imaju značajan uticaj na reakciju korisnika prilikom povećanja cene parkiranja na uličnom frontu. Dokazano je da su žene, mlađi korisnici (starosne dobi od 18 do 35 godina), i oni sa samo stečenim osnovnim obrazovanjem, najviše pogođeni povećanjem cene parkiranja. Odnosno, više su osetljivi i skloni promeni transportnog ponašanja u poređenju sa referentnim kategorijama.

Sa druge istrane, iako nisu statistički značajna kategorija, korisnici sa nižim mesečnim ličnim prihodom su više skloni odustajanju od parkiranja na uličnom frontu poput statistički značajnih korisnika sa srednjim prihodom (od 60.000 din do 180.000 din). Takvi rezultati mogu predstavljati posledicu pristrasnosti odgovora ispitanika, budući da su dosadašnje studije pokazale da ispitanici često odbijaju da odgovore na pitanje o ličnim prihodima ili su skloni davanju netačnih odgovora. S tim u vezi, u cilju preciznijih nalaza, buduće studije bi trebalo biti osvrnute ka nekom od preostalih indikatora ekonomskog statusa korisnika, poput prihoda domaćinstva, kubikaže ili starosti vozila.

Ovako dobijeni rezultati, ukazuju na značajan efekat povećanja/upravljanja cenama naplate parkiranja koji doprinosi povećanoj osetljivosti korisnika različitih socio-ekonomskih karakteristika, odnosno njihovoj sklonosti ka odustajanju od parkiranja na uličnom frontu i promeni transportnog ponašanja. S tim u vezi, korisnici koji bi odustali od parkiranja na uličnom frontu, najpre se opredeljuju za promenu lokacije parkiranja (obod zone), zatim dolazak u CZ javnim prevozom, i promenu strukture parkirališta (garaža/vanulično parkiralište). Imajući u vidu navedeno, pravac budućih istraživanja bi bio usmeren i na analizu stavova korisnika, u cilju unapređenja najprijatljivije alternative za korisnike koji bi zbog povećane cene promenili svoje transportno ponašanje.

LITERATURA

- [1] W. M. Adams, "The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century," 2006. [Online]. Available: <http://www.vda.de/en/service/jahresbericht/aut>
- [2] Harris, J. M. (2000). Basic principles of sustainable development. *Dimensions of sustainable development*, 1, 21-40.
- [3] E. Chaniotakis and A. J. Pel, "Drivers' parking location choice under uncertain parking availability and search times: A stated preference experiment," *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 82, pp. 228–239, Dec. 2015, doi: 10.1016/J.TRA.2015.10.004.Development," 2001.
- [4] P. van der Waerden, H. Timmermans, and A. N. R. da Silva, "The influence of personal and trip characteristics on habitual parking behavior," *Case Stud Transp Policy*, vol. 3, no. 1, pp. 33–36, Mar. 2015, doi: 10.1016/J.CSTP.2014.04.001.
- [5] W. Liang, J. Hu, Y. Zhang, and Z. Wang, "Multinomial logit model-based parking choice in a mall at city," *Proceedings of the 28th Chinese Control and Decision Conference, CCDC 2016*, pp. 320–323, Aug. 2016, doi: 10.1109/CCDC.2016.7531002.

- [6] S. Ben Hassine, R. Mraïhi, A. Lachiheb, and E. Kooli, "Modelling parking type choice behavior," *International Journal of Transportation Science and Technology*, vol. 11, no. 3, pp. 653–664, Sep. 2022, doi: 10.1016/J.IJTST.2021.09.002.
- [7] B. Giles-Corti and R. J. Donovan, "The relative influence of individual, social and physical environment determinants of physical activity," *Soc Sci Med*, vol. 54, no. 12, pp. 1793–1812, Jun. 2002, doi: 10.1016/S0277-9536(01)00150-2.
- [8] Feng, S. W., & Ye, J. J. (2008, October). A comparative study of parking and congestion charge policies based on transport mode choice estimation. In 2008 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (pp. 506-510). IEEE.
- [9] Vidovic, N., & Simicevic, J. (2023). The impact of parking pricing on mode choice. *Transportation Research Procedia*, 69, 297-304.
- [10] Shifan, Y., & Golani, A. (2005). Effect of auto restraint policies on travel behavior. *Transportation research record*, 1932(1), 156-163.

SUMMARY

The impact of parking pricing on users of different socio-economic characteristics

Abstract: In addition to economic and environmental, social influences in making transport decisions have a significant role in achieving the balance of a sustainable transport system. Sustainable transport usually means limiting the use of passenger cars and encouraging the application of mobility management measures, such as parking charges. By supporting the implementation of sustainable transport goals, parking fees contribute to an increasing share of more sustainable modes of transport and the reduction of traffic congestion and its negative consequences such as illegal parking, increased time losses, environmental pollution, etc. However, although recognized as an effective measure, parking pricing often faces criticism in terms of inequality towards different social and economic groups of users, which is still not sufficiently researched. Bearing in mind the above, this paper aims to use binary logit models to examine the sensitivity of users of different socio-economic characteristics to defined parking prices, from the aspect of changing transport behavior. Transportation behavior includes user decision-making when imposing different parking tariff policies, such as parking on the street front, in the parking lot/garage, on the edge of the zone, then changing the mode of transportation, destination, or abandoning the trip. For the development of the model, data was obtained (online) by surveying the residents of Belgrade using the method of revealed and stated preferences. Determining users' most influential socio-economic characteristics can help decision-makers consider users' social equality when creating a parking tariff policy.

Key words: sustainable transport system, parking fees, parking pricing, socio-economic characteristics of users

Analiza karakteristika parkiranja povlašćenih kategorija korisnika i njihovog uticaja na stanje parkiranja – studija slučaja

Nataša Vidović, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.vidovic@sf.bg.ac.rs

Tijana Nikolić, Saobraćajni fakultet, Beograd, tijananic0206@gmail.com

Rezime: Savremeni koncept upravljanja parkiranjem se, suprotno konvencionalnom, oslanja na obezbeđivanje „dovoljnog“ broja parking mesta koji bi omogućio realizaciju „kvalifikovane potražnje“ neophodne za normalno funkcionisanje sadržaja zona grada. Istovremeno, ovim pristupom treba da se destimuliše dugotrajno parkiranje, uz favorizovanje nemotorizovanih vidova i javnog gradskog prevoza, što je u skladu sa strategijama održive urbane mobilnosti. I pored toga što se većina gradova u Srbiji opredelila za savremeni koncept upravljanja, dosadašnja istraživanja ukazuju na loše stanje u ovom podsistemu. Uzrok problema se neretko može naći u neadekvatnom tarifnom sistemu koji definiše mesečne pretplatne karte za fizička i pravna lica („povlašćene“ kategorije korisnika) i dnevne parking karte. Po pravilu, postojanje ovih karata stimuliše dugotrajno parkiranje, kako zbog „povlašćenih“ cena, tako i zbog izuzeća od vremenski ograničenog parkiranja. Zadatak ovog rada je analiza uticaja korisnika sa povlašćenom kartom za fizička lica i posetilaca sa dnevnom kartom na stanje parkiranja na primeru grada Loznice. Njihov uticaj kvantifikovan je analizom karakteristika funkcionisanja parkiranja. Cilj rada je da ukaže na česte greške koje se javljaju prilikom formiranja tarifnog sistema kao jednog od uzroka za nepostizanje očekivanih efekata. Rezultati pokazuju da je problem parkiranja prisutan u užoj centralnoj zoni, a što je u velikoj meri posledica značajnog udela pomenutih kategorija u ukupnoj strukturi korisnika. Ovako definisan tarifni sistem smanjuje kapacitete koji se mogu ponuditi kvalifikovanoj potražnji, što je suprotno savremenom konceptu upravljanja parkiranjem. Na osnovu izvršene analize, date su preporuke za unapređenje stanja koje se prevashodno odnose na redefinisavanje tarifnog sistema.

Ključne reči: upravljanje parkiranjem, tarifni sistem, kategorije korisnika

1 UVOD

Poslednjih godina, stepen motorizacije i transportni rad su u ekspanziji, dok razvoj transportne infrastrukture ne prati njihov rast [1]. To dovodi do sve učestalijeg debalansa između saobraćajnog zahteva (potražnje) i kapaciteta infrastrukture (ponude), a naročito u podsistemu parkiranja. Politike upravljanja parkiranjem su prepoznate kao značajno sredstvo u okviru upravljanja transportnim sistemom grada. Upravljanje parkiranjem, pored rešavanja/ublažavanja problema unutar samog podsistema, treba da doprinese i ostvarivanju ciljeva održive urbane mobilnosti. Savremeni koncept se, suprotno konvencionalnom koji se oslanjao na povećanje ponude, bazira na obezbeđivanju „dovoljnog“ broja parking mesta. Osnovni princip je podržavanje realizacije mobilnosti uz kontrolisanu

upotrebu putničkih automobila, posledično zadovoljavajući kvalifikovanu potražnju. Kvalifikovana potražnja se definiše kao sav saobraćaj koji je neophodan za normalno funkcionisanje sadržaja zona grada ili naselja [2]. Istovremeno, preoblikovanje koncepta upravljanja ima za cilj da destimuliše dugotrajno parkiranje neminovno povećavajući obrt, uz favorizovanje nemotorizovanih vidova i javnog gradskog prevoza, što je u skladu sa strategijama održive urbane mobilnosti.

Većina gradova u Srbiji se, pokušavajući da reši probleme u saobraćajnom i podsystemu parkiranja, opredelila za savremeni koncept upravljanja. U 56% gradova je uveden režim na osnovu Projekta kontrole i upravljanja, a u samo 22% se može tvrditi da su mere rezultat Projekta. Pored navedenog, u 67% gradova upravlja se primenom režima sa vremenskim ograničenjem i naplatom, koji se pokazao efikasnijim od režima bez vremenskog ograničenja sa naplatom parkiranja [3]. I pored uloženog napora za postizanje željenih pozitivnih efekata, dosadašnja istraživanja ističu nezadovoljavajuće stanje u podsystemu parkiranja. Uzrok su najčešće neadekvatno definisani režimi ili njihovi atributi, ali i loše funkcionisanje sistema kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju.

Tarifni sistem omogućava upravljanje kategorijama korisnika u visokoatraktivnim zonama sa deficitnom ponudom. Ukoliko je dobro definisan, kao takav predstavlja snažan alat za postizanje željenih rezultata. U suprotnom, uvođenje naplate može dati potpuno suprotne efekte. Tarifni sistemi u gradovima Srbije najčešće sadrže i povlašćene karte za fizička i pravna lica kao i dnevne parking karte. Po pravilu, postojanje ovih karata stimuliše dugotrajno parkiranje, kako zbog povlašćenih cena, tako i zbog izuzeća od vremenski ograničenog parkiranja, što je oprečno opšteprihvaćenim politikama. U većini gradova u Srbiji fizička i pravna lica mogu kupiti povlašćenu pretplatu, a u 33% gradova u kojima postoje zone sa vremenskim ograničenjem trajanja parkiranja istovremeno postoji i dnevna parking karta kojom se ostvaruje mogućnost parkiranja bez vremenskog ograničenja [3].

Zadatak ovog rada je analiza uticaja korisnika sa povlašćenom kartom za fizička lica i posetilaca sa dnevnom kartom na stanje parkiranja na primeru grada Loznice. Njihov uticaj kvantifikovan je analizom karakteristika funkcionisanja parkiranja. Cilj rada je da ukaže na česte greške koje se javljaju prilikom formiranja tarifnog sistema kao jednog od uzroka za nepostizanje očekivanih efekata.

2 UPRAVLJANJE PARKIRANJEM U LOZNICI

Loznica je gradsko naselje i centar istoimene opštinske jedinice koja pripada Mačvanском okrugu. Suočen sa prekomernim iskorišćenjem parking mesta, grad se opredelio za strategiju upravljanja parkiranjem i 2009. godine uveo režim bez vremenskog ograničenja sa naplatom parkiranja. Period važenja režima je od 7.00 do 21.00 čas radnim danima i od 7.00 do 14.00 časova subotom. Područje obuhvaćeno režimom podeljeno je na dve zone, Crvenu i Plavu. U Crvenoj zoni cena započetog sata iznosi 46,00 RSD, dok je u Plavoj zoni niža i iznosi 30,00 RSD po satu. Pored satnog plaćanja, posetiocima je data mogućnost kupovine dnevne karte čija je cena 144,00 RSD. Dnevna karta se može koristiti u obe zone i to od trenutka kupovine do kraja važenja režima tog dana.

Pored posetilaca koji svakodnevno ili povremeno ispostavljaju zahteve za parkiranje, tarifnim sistemom definisane su i sledeće kategorije korisnika: povlašćeni, izuzeti od naplate i korisnici rezervisanih mesta. U kategoriju povlašćenih korisnika spadaju stanovnici, fizička i pravna lica. Status povlašćenog korisnika ne garantuje slobodno parking mesto, ali

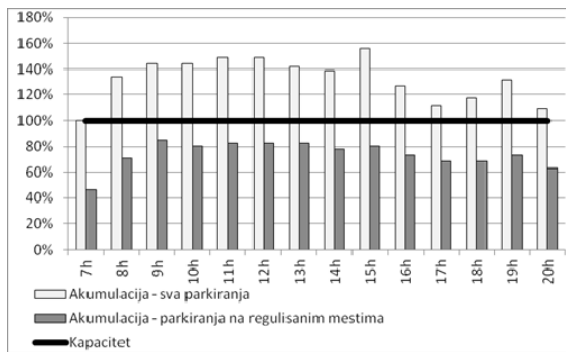
omogućava da nakon pronalaska istog parkiranja plaća po povlašćenoj ceni. Konkretno, cena povlašćene stanarske karte je ista u obe zone i iznosi 360,00 RSD. Ostalim fizičkim licima je, takođe, ponuđena mogućnost kupovine povlašćene karte po ceni od 1.320,00 RSD u Crvenoj i 960,00 RSD u Plavoj zoni. Važno je naglasiti da su za ovu grupu korisnika propisani izuzetno blagi uslovi za sticanje povlašćenog statusa, pa mesečnu kartu može kupiti bilo koje lice. Pravna lica mogu obezbediti povlašćenu kartu ukoliko dokažu da se sedište firme nalazi u zoni i za ovu uslugu plaćaju 2.640,00 RSD (Crvena zona) ili 1.920,00 RSD (Plava zona). I fizička i pravna lica imaju mogućnost kupovine univerzalne povlašćene karte koja važi u obe zone.

Režimom je obuhvaćeno ukupno 1.550 parking mesta, od kojih je 183 u Crvenoj i 1.367 parking mesta u Plavoj zoni. Najzastupljenija su mesta na uličnom frontu sa učešćem od 48% u obe zone (73% u Crvenoj i 46% u Plavoj zoni). Na celokupnoj strukturi važi isti režim. Poštovanje propisanog režima na regulisanim mestima kontroliše Javno komunalno preduzeće "Parking servis" Loznica, a u slučaju parkiranja na zabranjenim mestima, kontrola i sankcionisanje prekršaja je u nadležnosti saobraćajne i komunalne policije.

3 REZULTATI

U ovom radu sprovedena je analiza uticaja korisnika sa povlašćenom kartom (izuzev stanovnika) i posetilaca sa dnevnom kartom na stanje parkiranja u užoj centralnoj zoni Loznice. Neophodni podaci prikupljeni su od strane studenata Saobraćajnog fakulteta u Beogradu³. Istraživanje je sprovedeno u junu 2020. godine, u periodu od 06.00 do 20.00 časova.

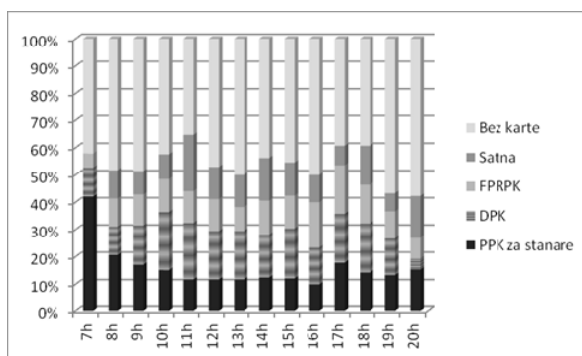
Snimljene maksimalne akumulacije na nivou zona nadmašuju postojeće kapacitete, čime je utvrđeno da problem parkiranja postoji. Problem je znatno izraženiji u Crvenoj zoni, te će u daljem tekstu ona biti predmet analize i obrade. Akumulacije na krajevima satnih intervala (Grafik 1) pokazuju da nema dovoljno mesta za parkiranje svih korisnika koji ispostavljaju zahteve. Dodatno, primećuje se veliki procenat nepropisno parkiranih vozila, uprkos nezanemarljivom broju slobodnih regulisanih mesta. Čak i na kraju prvog sata istraživanja (7.00 sati) kada je ponuda jednaka potražnji, više od polovine vozila parkirano je na zabranjenim mestima (53,7%).



Grafik 1: Akumulacije na krajevima satnih intervala

³ „Studija saobraćaja grada loznice – druga faza“ (2020), Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

Beleženje prekomernog iskorišćenja kapaciteta zahteva detaljnu distribuciju po kategorijama, kako bi se utvrdilo da li i u kojoj meri korisnici sa povlašćenom kartom za fizička lica (FPRPK) i dnevnom kartom (DPK) utiču na realizovanje zahteva kvalifikovane potražnje. U zoni nije zabeleženo nijedno pravno lice, a što može biti posledica uslova za sticanje povlašćenog statusa i cenovne politike (Tačka 2), te njihov uticaj nije kvantifikovan tokom dalje obrade. Na Grafiku 2 je prikazana raspodela korisnika po načinu plaćanja u akumulaciji na krajevima satnih intervala. Procentualno učešće korisnika sa FPRPK i DPK kreće se u opsegu od 11,5% do 35,7% u različitim vremenskim presecima. Njihovo učešće u obimu za period iznosi 10,1%, dok je u maksimalnoj akumulaciji (15.00 časova) znatno veće i iznosi 30,3%. U svakom vremenskom preseku beleži se najveći procenat korisnika na regulisanim mestima koji ne poštuje aktuelni režim (čak i do 57,7%).



Grafik 2: Raspodela korisnika po načinu plaćanja na krajevima satnih intervala

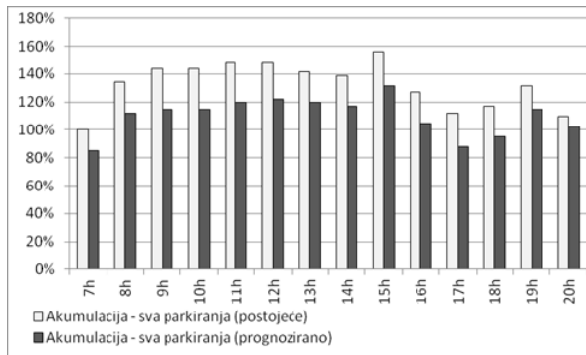
Kako bi se utvrdilo u kojoj meri kupovina FPRPK i DPK stimuliše parkiranje dugotrajnih korisnika, analizirana je relativna raspodela trajnosti po klasama do 3 i preko 3 sata. Uočava se da 40,0% DPK i 57,1% FPRPK ima trajnost veću od 3 sata, što ih svrstava u grupu korisnika koja ne treba da zahtev za parkiranje realizuje u zonama visoke atraktivnosti. Njihovo srednje trajanje parkiranja je 204 i 246 minuta, respektivno. Prosečno zadržavanje na parking mestu pri maksimalnom opterećenju je 410 za DPK i 578 minuta za FPRPK.

Radi održavanja vitalnosti zona grada, neophodno je favorizovati parkiranje onih korisnika čije aktivnosti doprinose poslovnom i kulturnom razvoju. Od ukupnog broja realizovanih parkiranja u Crvenoj zoni, motiv „rad“ koji se vezuje za dugo trajanje parkiranja je zastupljen sa 18,8%. Svi posetioци sa FPRPK parkirani sa svrhom odlaska na posao (100,0%). Veliki procentualni udeo ovog motiva beleži se i kod posetilaca sa DPK (75,0%). Bitno je istaći da se i pri maksimalnoj akumulaciji 57,1% posetilaca parkira zbog rada, i to 75,0% njih sa DPK i 25,0% sa FPRPK. Kako je ovo dominantni motiv pomenutih kategorija, oni svoje zahteve ispostavljaju svakodnevno ili nekoliko puta nedeljno. Preciznije, svi posetioци sa FPRPK (100,0%) i 60,0% sa DPK realizuju zahtev za parkiranje svakoga dana.

Navedeni rezultati dokazali su da FPRPK i DPK stimulišu dolazak dugotrajnih („nepoželjnih“) korisnika, pa su u nastavku prikazani prognozirani efekti ukidanja ovih karata (Grafik 3). Pretpostavka je da će korisnici koji u postojećem stanju poseduju FPRPK/DPK ili

da promene vrstu karte ili da odustanu od parkiranja u Crvenoj zoni. Podaci o načinu promene njihovog ponašanja dobijeni su anketiranjem, primenom metode izjavljenih preferencija kojom je ispitana cenovna osetljivost ovih kategorija.

Ukidanje FPRPK i DPK za posledicu ima smanjenje stepena iskorišćenja parking mesta u svim vremenskim presecima. Trenutna iskorišćenja su u opsegu od 100,0% do 156,1%, dok se prognozirane vrednosti kreću od 85,4% do 131,7%, čime se potvrđuje da bi primena ove mere dovela do značajnog umanjena problema parkiranja⁴. Najznačanija smanjenja beleže se u prepodnevnom preseku (do 29,3%). Treba napomenuti da, iako su izlazni rezultati prognoze uslovljeni različitim spoljnim faktorima, mogu se smatrati validnim za procenu uticaja primenjenih mera na poboljšanje stanja parkiranja.



Grafik 3: Postojeće i prognozirane akumulacije parkiranja korisnika

4 ZAKLJUČAK

Loznica je jedan od gradova u čijoj su najužoj centralnoj zoni identifikovani problemi u podsistemu parkiranja, a koji su prouzrokovani neadekvatnim upravljanjem. Koeficijenti iskorišćenja u Crvenoj zoni kreću se u opsegu od 1,0 do 1,6, čime je dokazano da potražnja premašuje raspoloživ kapacitet tokom perioda istraživanja. Ovako visoke vrednosti posledica su velike zastupljenosti parkiranja na zabranjenim mestima (i pored praznih regulisanih) koje variraju od minimalnih 39,1% (17.00h) do maksimalnih 53,7% (7.00h). Takođe, jedan od glavnih problema je i nepoštovanje režima na regulisanim parking mestima. Analizom je utvrđeno da čak 65,9% korisnika ne plaća parkiranje i/ili ne plaća za odgovarajuću trajnost. Izraženo i učestalo nepropisno parkiranje i nepoštovanje režima na regulisanim mestima prvenstveno je posledica lošeg funkcionisanja sistema kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju.

Iako je osnovni uzročnik lošeg stanja neefikasan sistem kontrole i sankcionisanja, njemu u velikoj meri doprinosi i neadekvatan tarifni sistem. Mogućnost kupovine FPRPK i PPRPK stimuliše dugotrajno parkiranje zbog povlašćenih cena i kriterijuma za sticanje statusa povlašćene kategorije. Uz to, postoji i DPK koja omogućava parkiranje do kraja

⁴ Kako bi se iskorišćenje parking mesta približilo željenim vrednostima, potrebno je da promene u tarifnom sistemu budu podržane efikasnom kontrolom i sankcionisanjem prekršaja

važnja režima, pri čemu cena odgovara za 3 sata parkiranja. Pristupačne cene i jednostavnost sticanja ovih karata rezultuju procentualnim učešćem čak i do 35,7% u karakterističnom vremenskom preseku. Ukoliko bi se broj nepropisno parkiranih vozila sveo na minimum, pretpostavka je da bi ovaj procenat bio znatno veći. Svi posetioci (100,0%) sa FPRPK parkiraju u zoni svakodnevno zbog rada, pri čemu se više od polovine zadržava duže od 3 sata (dugotrajni parkirači). Motiv „rad“ je dominantan i kod posetilaca sa DPK (75,0%) koji pretežno posećuju zonu svakodnevno.

Na osnovu svega navedenog, zaključuje se da postojanje FPRPK i DPK doprinosi dodatnim problemima u podsistemu parkiranja. Njihovi korisnici, usled višesatnog zadržavanja zbog rada, redukuju ponudu kvalifikovanoj potražnji, umanjujući efikasnost raspoloživog prostora. Da bi upravljanje parkiranjem dalo očekivane rezultate, neophodno je ukinuti FPRPK i DPK. Međutim, intervencije u tarifnom sistemu ne mogu imati značajne tehnološke i finansijske efekte ukoliko se prethodno ne poboljša funkcionisanje sistema kontrole i sankcionisanja prekršaja. Svođenje na minimum korisnika koji se nepropisno parkiraju i/ili ne poštuju režim je preduslov za ostvarivanje ciljeva upravljanja koji su integralni deo strategije održive urbane mobilnosti.

LITERATURA

- [1] Lower, A., Szumilas, A. (2021). Parking policy as a tool of sustainable mobility-parking standards in poland vs. European experiences. *Sustainability*, 13(20), 11330.
- [2] Milosavljević, N., Simićević, J. 2020. Parkiranje. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni Fakultet.
- [3] Simićević, J., Milosavljević, N. (2018). Stanje parkiranja u gradovima i naseljenim mestima u Republici Srbiji, Konferencija o tehnikama saobraćajnog inženjerstva, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, str. 315 – 320, (ISBN 978-86-7395-392-2)

SUMMARY

Analysis of parking characteristics of permit holders and their impact on parking state – case study

Abstract: Unlike the conventional approach, the modern concept of parking management focuses on providing a “sufficient” number of parking spaces to accommodate the “qualified demand” necessary for the normal operation of urban areas. At the same time, this approach aims to discourage long-term parking while promoting non-motorized modes and public transport aligning with sustainable urban mobility strategies. Despite the fact that most cities in Serbia have adopted the modern parking management concept, current research indicates poor conditions within this subsystem. The cause of the problem often lies in the inadequate tariff system, which contains parking permits for businesses and daily parking tickets. Typically, the existence of these permits and tickets encourages long-term parking due to “privileged” pricing and exemptions from time-restricted parking. The purpose of this paper is to analyze the impact of parking permit holders and visitors with daily tickets on the parking state in the city of Loznica. Their impact is quantified through the analysis of parking performance indicators. The paper aims to identify common mistakes in the tariff system design, which jeopardize the achievement of the expected impacts. The results indicate that parking problems are especially pronounced in the central area, largely due to the significant share of these categories within the overall user structure. Such a tariff system reduces the capacity available to qualified demand, contrary to the modern concept of parking management. Based on the conducted analysis, recommendations for improvement are provided, with a primary focus on redefinition of tariff system.

Key words: parking management, tariff system, user categories

Efekti uvođenja sistema kontrole i naplate parkiranja putem mobilnog video nadzora - grad Niš

Marjana Radosavljević, JKP Parking servis, Niš, marjana.radosavljevic@nisparking.rs
Dušan Radosavljević, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija,
dusan.radosavljevic@akademijanis.edu.rs

Rezime: Usled velikog povećanja stepena motorizacije i povećanja učešća putničkih automobila za izvršavanje unutargradskih kretanja javlja se nesrazmera između zahteva za parkiranjem vozila i broja parking mesta. Ovaj problem je najzraženiji u centralnim gradskim zonama, ali je uočljiv i u delovima grada u kojima je došlo do zamene porodičnih objekata u objekte za kolektivno stanovanje i poslovne objekte, bez izgradnje dovoljnog broja parking mesta. Kako bi se što efikasnije upravljalo zahtevima za parkiranjem neophodno je da se uspostavi efikasan sistem kontrole i naplate parkiranja. Sistem kontrole i naplate parkiranja kao i sankcionisanja prekršaja u parkiranju ima za cilj da obezbedi efikasno korišćenje parkirnih resursa i da minimizira probleme u urbanim sredinama. Implementacija novih tehnologija i jasno definisan režim parkiranja igraju ključnu ulogu u uspešnom upravljanju parkiranjem. Ubrzani tehnološki napredak u oblasti informacionih i komunikacionih tehnologija doveo je do automatizaciju procesa kontrole i naplate parkiranja kao i sankcionisanja prekršaja u parkiranju. Dosadašnji rad kontrolora koji vrše kontrolu naplate parkiranja polako zamenjuje vozilo sa kamerama koje se kreće ulicom brže od kontrolora naplate parkiranja i u kontinuitetu snima registarske tablice na parkiranim vozilima, analizira njihov sadržaj i određuje registarsku oznaku, zonu, GPS lokaciju i vreme opažaja. Prikupljeni podaci se posredstvom brzog komunikacionog kanala 4G mreže mobilnog operatera automatski šalju SMS centru na proveru. Scan car sistemi za automatsko prepoznavanje registarskih oznaka mogu da u toku jednog sata opaze i očitaju od više stotina do nekoliko hiljada registarskih oznaka.

Cilj rada je da se prikažu efekti u parkiranju u gradu Nišu koji su nastali nakon primene sistema kontrole i naplate parkiranja putem mobilnog video nadzora.

Ključne reči: kontrola parkiranja, scan car, prekršaji

1 UVOD

Sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju obuhvata aktivnosti kontrolnih organa na održavanju projektovanih parametara, usvojenog i postavljenog režima parkiranja na najvišem mogućem nivou. Kontrola prekršaja u parkiranju služi da korisnike parkirališta sankcioniše na primeren način, kako bi se ponašali prema odrednicama politike upravljanja parkiranjem. Smanjenjem broja prekršaja ostvaruju se visoki efekti upravljanja parkiranjem [1].

Sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju je ključan za praćenje projektovanih parametara parkiranja i održavanje komunalnog reda kao i održavanje bezbednosti

i efikasnosti u urbanim sredinama. Pomaže u očuvanju kvaliteta života, doprinosi ekološkoj održivosti i pruža ekonomske benefite zajednici.

Merenje efekata funkcionisanja sistema za kontrolu i naplatu parkiranja je značajno za osiguranje da sistem ispunjava svoje ciljeve, koristi resurse efikasno i pruža kvalitetnu uslugu korisnicima. Takođe pomaže u identifikaciji problema, optimizaciji procesa kao i donošenju strateških odluka koje vode ka kontinuiranom unapređenju stanja parkiranja.

2 IMPLEMENTACIJA SISTEMA KONTROLE I NAPLATE PARKIRANJA PUTEM MOBILNOG VIDEO NADZORA U NIŠU

Sistem kontrole i naplate parkiranja putem mobilnog video nadzora (Scan car sistem) je implementiran u Nišu 01.07.2022. Kontrola i naplata parkiranja je i pre, a i nakon uvođenja sistema scan car vršena na oko 3800 parking mesta raspoređenih u tri zone za parkiranje.

Pre implementacije novog sistema bio je definisan 21 sektor za kontrolore na kome se vršila kontrola i naplata parkiranja. Prosečan broj kontrolora parkiranja po smeni bio je 13 što znači da je gotovo svakog dana postojalo 8 nepokrivenih kontrolorskih sektora ili da je jedan kontrolor pokrivaio 2 kontrolorska sektora. Takva organizacija je za posledicu imala manje kvalitetnu kontrolu jer su postojale brojne ulica na kojima se nije vršila svakodnevno kontrola naplate parkiranja.

Nakon uvođenja sistema broj kontrolorskih sektora je smanjen na 7 dok ostali deo (oko 70% zone) pokriva scan car. Ovakva organizacija ima za posledicu to da se kontrola naplate parkiranja vrši na svim ulicama te da nema „povlašćenih“ lokacija.

Kao što je već rečeno implementacijom ovog sistema broj kontrolora parkiranja koji ručno na PDA uređaju vrše kontrolu naplate parkiranja smanjen je za 70% raspoređivanjem na druge poslove, a samim tim smanjen je i broj grešaka nastalih prilikom kontrole, a koje su direktna posledica ljudskog faktora.

Osnovna karakteristika ovog sistema kontrole i naplate parkiranja putem mobilnog video nadzora je da se opažanje parkiranih vozila i njihovih registarskih oznaka vrši preko računara sa kamerama koje su postavljene na vozilo i koje u kontinuitetu skeniraju (očitavaju) i prepoznaju registarske oznake parkiranih, zaustavljenih ili odbačenih vozila putem mobilnog video nadzora, analizira njihov sadržaj i određuje registarsku oznaku, zonu parkiranja, GPS lokaciju i vreme opažanja. Prikupljeni podaci se posredstvom brzog komunikacionog kanala 4G mreže mobilnog operatera automatski šalju SMS i dispečerskom centru na dalju proveru [2].

Cilj uvođenja ovakvog sistema kontrole i naplate parkiranja je smanjenje broja korisnika koji ne poštuju propisan režim kao i smanjenje broja nepropisno parkiranih vozila na ulicama Niša.

Nakon nešto više od 2 godine od početka funkcionisanja sistema uočeni su efekti koji se ogledaju kroz dve grupe parametara:

1. Parametri vezani za parkiranje – nadležnost Parking servisa:

- Broj sati parkiranja naplaćenih putem SMS-a;
- broj izdatih elektronskih dnevnih parking karata (eDPK);
- broj naplaćenih sati parkiranja na parkiralištima (garažama): „Čair“, „Sindelićev trg“, „Goran Ostojić“ i „Ambasador“;
- broj uklonjenih vozila.

2. Parametri vezani za nepropisno parkiranje – nadležnost Komunalne milicije grada Niša:

- Broj izdatih kazni za nepropisno parkiranje (povećanje prihoda u budžetu Grada).

3 PREGLED PARAMETARA VEZANIH ZA KONTROLU I NAPLATU PARKIRANJA (NADLEŽNOST JKP „PARKING SERVIS“ NIŠ)

3.1 Broj sati parkiranja naplaćenih putem SMS u periodu 2021–2023. Godine

Sistem je uveden početkom jula meseca kada je, zbog korišćena godišnjih odmora, broj zahteva za parkiranjem manji u odnosu na ostale delove godine. Cilj ovakvog koncepta je bio da se tokom jula i avgusta uoče i otklone svi eventualni nedostaci vezani za rad sistema i spremno sačeka septembar mesec koji je jedan od meseci sa najvećim brojem realizovanih sati parkiranja.

U tabeli 1 prikazani su podaci o broju sati parkiranja naplaćenih putem SMS-a u periodu 2021-2023. godine.

Tabela 1: Broj sati parkiranja naplaćenih putem SMS-a u periodu od 2021. do 2023. godine

Mesec	2021.	2022.	2023.
Januar	178.368	176.414	255.035
Februar	193.975	198.343	241.920
Mart	200.743	243.252	313.953
April	208.181	216.910	260.359
Maj	215.073	229.502	295.669
Jun	233.991	247.308	310.060
Jul	233.505	238.453	285.327
Avgust	230.640	292.066	312.199
Septembar	232.048	303.808	304.123
Oktobar	223.926	295.332	307.752
Novembar	216.927	282.582	296.478
Decembar	249.283	315.517	306.434
Prosečno:	218.055	253.291	290.776
Ukupno:	2.616.660	3.039.487	3.489.309

Iz tabele 1 se može videti da je u 2023. godini ukupan broj sati parkiranja naplaćenih putem SMS-a u odnosu na 2021. godinu uvećan za 33%.

Prema podacima operatera u decembru 2023. godine ostvareno je ukupno 306.434 uplata putem SMS-a što je kada se uporedi sa prosečnim brojem sati parkiranja naplaćenih putem SMS-a iz 2021. godine uvećanje od 40%.

Iako je bilo spoljnih faktora, koji se odnose na neznatno povećanje stepena motorizacije kao i pada realne cene parkiranja, a koji su neznatno mogli da utiču na povećanje broja SMS-a, smatra se da su realizovani efekti u najvećoj meri posledica unapređenja kontrole prekršaja u parkiranju.

3.2 Broj izdatih elektronskih dnevnih karata u periodu 2021-2023. godine

U tabeli 2 prikazani su podaci o broju izdatih eDK u periodu 2021-2023. godine.

Tabela 2: Broj izdatih elektronskih dnevnih karata u periodu od 2021. do 2023. godine

Mesec	2021.	2022.	2023.
Januar	5.102	4.214	9.443
Februar	4.876	5.170	8.096
Mart	4.220	7.283	11.356
April	4.691	6.147	8.676
Maj	5.198	5.598	10.434
Jun	5.088	6.129	10.811
Jul	4.907	15.067	10.871
Avgust	5.269	16.084	11.590
Septembar	5.823	10.897	9.599
Oktoabar	5.324	10.968	10.876
Novembar	7.098	9.296	11.144
Decembar	6.487	9.556	8.799
Prosečno:	5.340	8.867	10.141
Ukupno:	64.083	106.409	121.695

Iz tabele 2 se može videti da je u 2023. godini ukupan broj izdatih elektronskih dnevnih parking karata (eDK) u odnosu na 2021. godinu uvećan za 90%.

3.3 Broj naplaćenih sati parkiranja na parkiralištima

U tabeli 3 prikazani su podaci o broju naplaćenih sati parkiranja na parkiralištima (garažama): „Čair“, „Sinđelićev trg“, „Goran Ostojić“ i „Ambasador“ u periodu od 2021. do 2023. godine

Tabela 3: Broj naplaćenih sati parkiranja na parkiralištima (garažama): „Čair“, „Sinđelićev trg“, „Goran Ostojić“ i „Ambasador“ u periodu od 2021. do 2023. godine

Parkiralište	2021	2022.	2023.
Čair	103.351	124.500	147.231
Sinđelićev trg	418.590	451.779	463.667
Goran Ostojić	313.481	332.429	347.444
Ambasador	/	38.465	84.700
Ukupno	835.422	947.173	1.043.042

Iz tabele 3 se može uočiti da je u 2023. godini ostvaren broj sati na parkiralištima za 10% veći u odnosu na 2022. godinu

3.4 Broj uklonjenih vozila

U tabeli 4 prikazani su podaci o broju uklonjenih vozila „paukom“ u periodu od 2021. do 2023. godine. Iz tabele 4 se može uočiti da je broj uklonjenih vozila u 2023. godini u odnosu na 2021. godinu smanjen za 27%.

Tabela 4: Broj ukoljenih vozila „paukom” u periodu od 2021. do 2023. godine

Mesec	2021	2022	2023
Januar	401	479	534
Februar	582	532	466
Mart	694	749	463
April	613	478	378
Maj	612	601	354
Jun	603	601	381
Jul	552	452	306
Avgust	500	389	287
Septembar	639	443	385
Oktobar	630	521	399
Novembar	658	522	358
Decembar	703	502	436
Prosečno:	599	522	396
Ukupno	7.187	6.269	4.747

4 PREGLED PARAMETARA VEZANIH ZA NEPROPISNO PARKIRANJE IZ NADLEŽNOSTI KOMUNALNE MILICIJE

Komunalna milicija Grada Niša je 2017. godine formirana kao posebna jedinica organa gradske Uprave za komunalne delatnosti i inspeksijske poslove. Cilj izdvajanja ove jedinice bio je da se što efikasnije obavljaju poslovi u oblasti komunalnih delatnosti, zaštite životne sredine ljudi i dobara, zaštite i održavanja reda u korišćenju zemljišta, prostora, lokalnih puteva, ulica i drugih javnih objekata, kao i nesmetano obavljanje Zakonom određenih poslova iz nadležnosti Grada.

U skladu sa načelom ekonomičnosti prema tadašnjem važećem Zakonu o komunalnoj policiji („Službeni glasnik Republike Srbije”, broj 51/09) pri obrazovanu o uređenju komunalne policije obezbeđuje se da broj komunalnih policajaca odgovara broju stanovnika po poslednjem popisu tako da se na svakih 5000 stanovnika upošljavao po 1 komunalni policajac. Takva organizacija imala je za posledicu smanjenu i neredovnu kontrolu parkiranja što se moglo uočiti na ulicama grada.

U tabeli 5 dat je pregled napisanih prekršajnih naloga po osnovu nepropisnog parkiranja u periodu 2021 -2023. godine.

Tabela 5: Izdati prekršajni nalozi po osnovu nepropisnog parkiranja u periodu 2021 -2023. godine

	2021.	2022.	2023.
Kom. milicija	1.007	1.639	1.700
Scan car	0	30.340	16.001
Ukupno	1.007	31.979	17.701

Iz table 5 se može videti da je nakon uvođenja sistema scan car broj prekršajnih naloga u 2022. godini povećan gotovo 30 puta u odnosu na broj prekršajnih naloga koje su tokom 2021. godine napisali komunalni milicioneri. Razumljivo je da je tolika razlika posledica smanjenog broja ljudstva u Komunalnoj miliciji. Uvođenjem sistema scan car broj prekršajnih naloga je u mnogome uvećan što za posledicu ima smanjenje broja

nepropisno parkiranih vozila i uvođenje komunalnog reda na ulicama. U 2023. godini je broj prekršajnih naloga idatih putem scan cara smanjen za 48% što je posledica činjenice da korisnici parkiraju na regularnim mestima i plaćaju parkiranje, a ne nepropisnim što je, kada nije bila kvalitetna kontrola, bio čest slučaj.

5 ZAKLJUČAK

Sistem za kontrolu i naplatu parkiranja primenom mobilnog video nadzora (Scan car) podrazumeva kontrolu naplate parkiranja putem vozila na kome su ugrađene kamere i koje u toku vožnje vrši prepoznavanje registarskih oznaka i proveru da li je za dato vozilo plaćeno parkiranje i ispoštovano vremensko ograničenje.

Ovaj sistem je implementiran u Nišu jula meseca 2022. godine i zahvaljujući njemu u Nišu su, u periodu od jula 2022. godine do decembra 2023. godine, postignuti zapaženi rezultati koji se ogledaju kroz višestruko povećanje naplate parkiranja na uličnim frontovima i zatvorenim parkiralištima, povećanje broja izdatih dnevnih karata, smanjenje broja nepropisno parkiranih vozila.

Kako bi sistem kontrole i naplate parkiranja putem mobilnog video nadzora davao što bolje rezultate neophodno je, u budućnosti, uraditi detaljno istraživanje karakteristika parkiranja na prostoru postojeće zone. Ovo istraživanje imalo bi za cilj da oceni sadašnje stanja parkiranja kao i da, ukoliko se to pokaže kao neophodno, da smernice za redefinisane postojećih mera.

LITERATURA

- [1] Milosavljević, Nada, Simićević, Jelena. 2020. Parkiranje II. Beograd: Saobraćajni fakultet;
- [2] Radosavljević, M., Radosavljević, D. (2022), Sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju putem Scan car, XIV međunarono savetovanje saobraćajnih inženjera TESI 2022, Vrnjačka Banja.

SUMMARY**The effects of the introduction of the parking control and charging system through mobile video surveillance
– the city of Niš**

Due to the large degree increase of motorization and the increase in the participation of car passenger for the execution of intra-city movements, there is a disproportion between the demand for vehicle parking and the number of parking spaces. This problem is most affected in the central city zones, but it is also noticeable in parts of the city where family buildings have been replaced by collective housing and business buildings, without the construction of a sufficient number of parking spaces. In order to manage parking requests as efficiently as possible, it is necessary to establish an effective parking control and charging system. The system of parking control and collection, as well as the sanctioning of parking violations, aims to ensure the efficient use of parking resources and to minimize problems in urban areas. The implementation of new technologies and a clearly defined parking regime play a key role in successful parking management. Accelerated technological progress in the field of information and communication technologies has led to the automation of the process of parking control and collection, as well as the sanctioning of parking violations. The previous work of controllers who control parking fees is slowly replacing a vehicle with cameras that moves down the street faster than the parking fee controllers and continuously records license plates on parked vehicles, analyzes their content and determines the registration number, zone, GPS location and time of observation. The collected data is automatically sent to the SMS center for verification through the fast communication channel of the mobile operator's 4G network. Scan car systems for automatic recognition of license plates can detect and read from hundreds to several thousand license plates within one hour. The aim of the work is to show the effects of parking in the city of Niš that occurred after the implementation of the parking control and charging system through mobile video surveillance.

Key words: parking control, scan car, violations

Utvrđivanje karakteristika funkcionisanja parkiranja na uličnom frontu u ulici Pariske Komune u Nišu

Aleksandar Spasić, student Akademije tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš, aleksandar.spasic26@gmail.com

Jovan Mišić, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš, jovan.misic@akademijanis.edu.rs

Stefan Mihajlović, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš, stefan.mihajlovic@akademijanis.edu.rs

Rezime: Upravljanje parkiranjem je postalo ozbiljan problem poslednjih godina iz razloga povećanja stepena motorizacije, a samim tim i zahteva za parkiranjem. U okviru ovog istraživanja izvršeno je snimanje trajanja parkiranja, kao i anketa korisnika na uličnom frontu u ulici Pariske Komune u Nišu. Istraživanje je vršeno 2022. i 2023. godine u trajanju od 12h i to u periodu od 07h do 19h. Na osnovu dobijenih podataka sa terena izvršena je analiza i utvrđene su karakteristike funkcionisanja parkiranja kao što su akumulacija parkiranja, obim, obrt, raspodela prema trajnosti parkiranja. Na kraju je dat predlog mera za poboljšanje efikasnosti parkiranja na ovom području.

Ključne reči: parkiranje, akumulacija, obim, obrt

1 UVOD

Efikasno upravljanje parkiranjem predstavlja jedan od ključnih elemenata kada je u pitanju prostorno uređenje grada, imajući u vidu da automobil u kretanju provede samo oko 1 sat u toku 24 sata, dok u mirovanju provede ostalih 23 sata u toku dana.

Parkiranje je jedan od osnovnih transportno-tehnoloških zahteva transportnih sredstava, koji je direktna posledica funkcionalne veze sa transportno-tehnološkim zahtevima svojih vlasnika, odnosno putnika ili robe kao predmeta rada u osnovnom transportnom procesu. [1]

U savremenom konceptu upravljanja parkiranjem, politike parkiranja se zasnivaju na upravljanju zahtevima kako bi se postojeća infrastruktura što bolje koristila. U tom smislu definišu se i primenjuju odgovarajući režimi parkiranja (bez vremenskog ograničenja sa naplatom ili sa vremenskim ograničenjem sa ili bez naplate), kojima se kroz demotivisanje parkiranja dugotrajnih korisnika povećava obrt parkiranja i time kvalifikovana potražnja uravnotežava sa ograničenom ponudom za parkiranje. Podršku režimu čini dobro definisan tarifni sistem i efikasan sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja. [2]

U okviru ovog rada izvršeno je snimanje akumulacije parkiranja, kao i anketa korisnika na uličnom frontu u ulici Pariske Komune u Nišu. Istraživanje je obavljeno 2022. i 2023. godine u trajanju od 12h i to u periodu od 07h do 19h. Na osnovu dobijenih podataka sa terena izvršena je analiza i utvrđene su karakteristike funkcionisanja parkiranja, a na kraju je dat predlog mera za poboljšanje efikasnosti parkiranja na ovom prostoru.

2 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodologija istraživanja predstavlja skup pravila, procedura i tehnika koje se koriste kako bi se prikupili, analizirali i interpretirali podaci nekog sistema. U okviru ovog istraživanja sprovedene su nezavisne i zavisne metode istraživanja.

Nezavisne metode istraživanja mogu se sprovesti neposredno, odnosno nezavisno od korisnika parkirišta, kao što su:

- inventarisanje (popis) i struktuiranje obeleženih parking mesta (ulična parking mesta, vanulična parkirišta, parking garaže),
- prebrojavanje parkiranih automobila u određenom vremenskom preseku (akumulacija),
- snimanje trajanja parkiranja

Zavisne metode istraživanja, odnosno ankete se sprovode na korisnicima parkirišta, od kojih se dobijaju podaci značajni za analizu, kao što su:

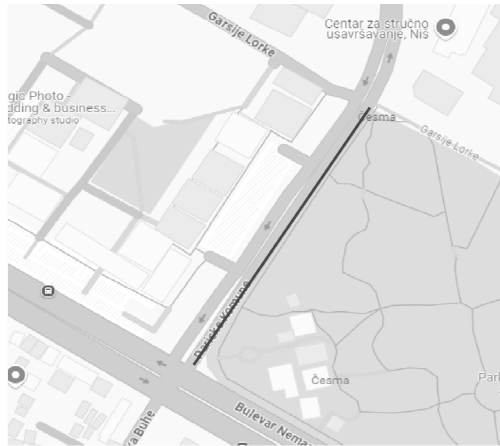
- pol korisnika
- motiv parkiranja
- učestalost parkiranja
- izvor kretanja
- rastojanje pešačenja
- stav korisnika po različitim pitanjima

Istraživanje je izvršeno tokom merodavnog dana (sreda) i merodavnog meseca (oktobar) 2022. i 2023. godine u periodu od 12h i to od 07h do 19h.

Na samom početku je definisan prostor istraživanja i popisana su sva obeležena parking mesta. Prebrojavanje parkiranih vozila u vremenskom preseku (akumulacija) vršena je u petnaestominutnim intervalima. Brojači na svakih 15 minuta kreću od polazne tačke do krajnje tačke u istom smeru i popisuju sva parkirana vozila u unapred pripremljene brojačke obrasce. Anketari intervjuišu korisnike koji automobilom dolaze ili odlaze sa parkirišta.

3 ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Ulica Pariske Komune u Nišu (slika 1) nalazi se na oko 1,5km od strogog centra grada i na oko 500m od novoizgrađenog tržnog centra koji je generisao veliki broj kretanja. Ulica je smeštena između stambene i komercijalne zone, a od sadržaja osim stambenih objekata, prisutni su i kafići, restorani, trgovine, osnovna škola, policijska stanica, opština.



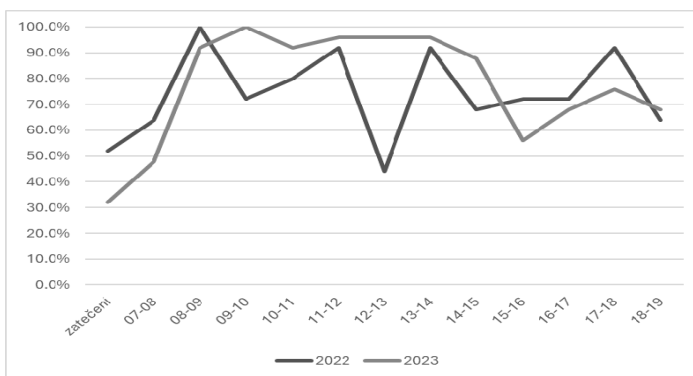
Slika 1: Lokacija ulice Pariske Komune

Infrastruktura parkiranja obuhvata 25 obeleženih parking mesta na kolovozu. Parkiranje se obavlja podužno, odnosno pod uglom od 0 stepeni u odnosu na osu kolovoza, sa standardnom dimenzijom parking mesta od 5,5 x 2m.

Parkiranje na ovoj lokaciji je regulisano vremenskim ograničenjem trajanja parkiranja i režimom naplate parkiranja. U primeni je druga (zelena) zona parkiranja, gde se za svaki započeti sat naplaćuje cena parkiranja od 45 din, a maksimalno dozvoljeno trajanje parkiranja je 3 sata. Naplata parkiranja se obavlja SMS porukom ili korišćenjem aplikacije na telefonu. Postoje i stanarske parking karte koje ne podležu vremenskom ograničenju parkiranja. Vreme naplate parkiranja je radnim danima od 07 do 21h i subotom od 07 do 14h. Nedeljom se parkiranje ne naplaćuje.

Kontrolu parkiranja, naplatu i sankcionisanje obavlja javno komunalno preduzeće „Parking servis Niš“. Od 1. jula 2022. godine u Nišu funkcioniše vozilo za snimanje i automatsko sankcionisanje nepropisnog parkiranja, kao i neplaćenih parking karata (tzv. „Okolo sokolovo“).

Analizirajući podatke dobijene na osnovu petnaestominutnih preseka, izračunata je akumulacija i obim parkiranja za svaki sat u periodu istraživanja. Na dijagramu 1 prikazan je procenat zauzetosti parking mesta za obe godine.



Dijagram 1: Procenat zauzetosti parking mesta

Prosečna zauzetost parking mesta u toku perioda istraživanja u 2022. godini iznosi 76%, a u 2023. iznosi 81,32%. Ukoliko izdvojimo period od 08 do 15h u 2023. godini kada je najveća zauzetost parking mesta, prosečna zauzetost parking mesta u ovom periodu iznosi 94,28%, što je približno kapacitetu parkirališta.

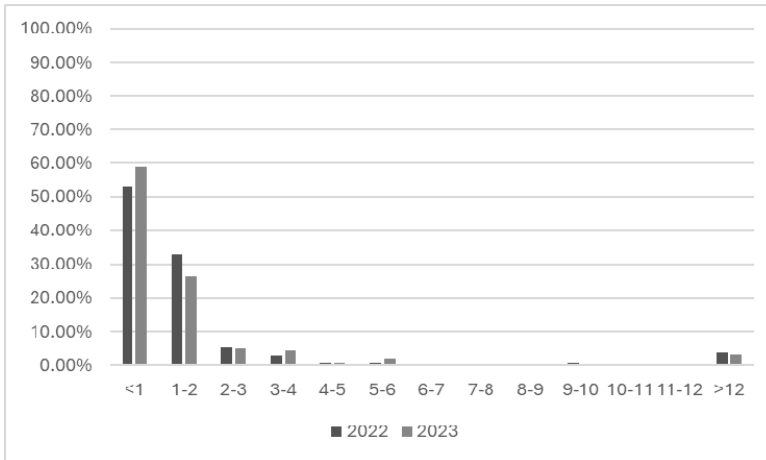
U tabeli 1 prikazane su osnovne karakteristike funkcionisanja parkiranja.

Tabela 1: Osnovne karakteristike funkcionisanja parkiranja

Godina	2022.	2023.
Karakteristika	Period vremena	Period vremena
	Od 07 do 19	Od 07 do 19
Kapacitet	25	25
Obim		
Za period	148	168
Maksimalno na sat	35	47
Minimalno na sat	18	12
Prosečno na sat	30	34,50
Koef. časovne neravnomernosti	1,17	1,36
Obrt	5,92	6,72
Akumulacija		
Maksimalna	25	25
Minimalna	11	12
Prosečna	19	20,33
Trajnost (min)	99,20	94,20
Trajnost posetioci (min)	69,60	71,50

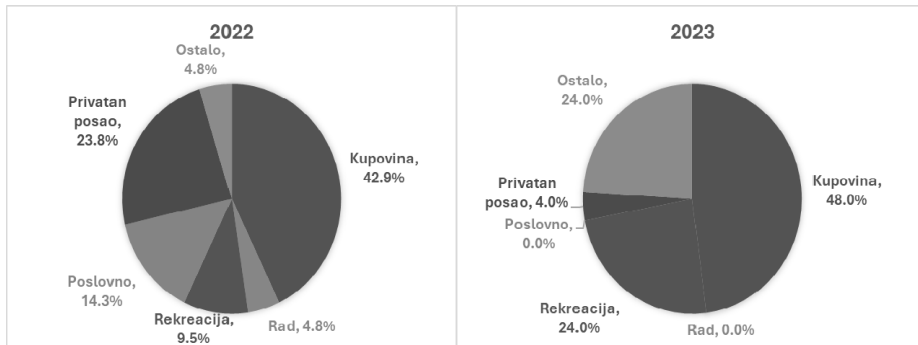
Ono što se može primetiti jeste da je 2023. godine povećan obim parkiranja za 20 u odnosu na 2022. godinu. Takođe povećan je i obrt koji 2023. godine iznosi 6,72, a 2022. je iznosio 5,92. Povećanje prosečne zauzetosti, kao i povećanje obima parkiranja može se delimično pripisati otvaranju novih sadržaja u okviru posmatrane saobraćajne zone koje privlače korisnike.

Kada je u pitanju trajnost parkiranja, najveći broj ostvarenih parkiranja traju do 1 sata. U 2022. godini 53,24% svih parkiranja je trajalo do jednog sata, a 2023. godine čak 58,9%. Na dijagramu 2 prikazana je relativna raspodela trajnosti parkiranja po godinama.



Dijagram 2: Relativna raspodela trajnosti parkiranja

Anketom korisnika dobijeni su podaci o polu korisnika, učestalosti parkiranja, motivu parkiranja, rastojanju pešačenja i dr. Raspodela korisnika prema polu je 67% prema 33% u korist muškog pola za 2022. godinu i 53% prema 47% u korist muškog pola za 2023. godinu. Raspodela korisnika prema motivu parkiranja prikazana je na dijagramu 3.



Dijagram 3: Raspodela korisnika po motivu parkiranja

Sa dijagrama se jasno primećuje da je motiv parkiranja skoro polovine korisnika kupovina.

4 ZAKLJUČAK

Prema prikazanim pokazateljima može se zaključiti da parkiranje na posmatranoj deonici na regularnim parking mestima funkcioniše dobro. Ipak, da bi se stekao kompletan utisak o tome da li je stanje parkiranja na posmatranom prostoru dobro, potrebno je sprovesti dodatna istraživanja i u uticajnoj zoni posmatrane deonice što bi trebalo da budu pravci budućih istraživanja. Ovi podaci bi mogli pružiti dublji uvid i smernice za buduća unapređenja politike parkiranja u ovom delu grada.

LITERATURA

- [1] Milosavljević, N., Simićević, J. (2020). Parkiranje. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [2] Simićević, J. (2022). Upravljanje parkiranjem u Srbiji. Tehnika, str. 589-595.
- [3] Stanić, B., Trpković, A. (2022). Elementi saobraćajnog projektovanja - horizontalna signalizacija. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [4] Đorđević, A., Živojinović, T., Kaplanović, S. (2023). Parking sistemi u okviru koncepta pametne mobilnosti – pregled i evaluacija. Tehnika, str. 464-471.

SUMMARY

Determining the characteristics of parking on the street front in Pariske Komune Street in Niš

Abstract: Parking management has become a serious problem in recent years due to the increase in the motorization rate, and therefore the demand for parking. As part of this research, the duration of parking was recorded, as well as a survey of users on the street front in Pariske Komune Street in Niš. The research was carried out in 2022 and 2023 for a duration of 12 hours, from 07:00 to 19:00h. Based on the data obtained from the field, an analysis was performed and the characteristics of parking functioning were determined, such as the accumulation of parking, volume, turnover, distribution according to the duration of parking. In the end, a proposal for measures to improve the efficiency of parking in this area was given.

Key words: parking, parking accumulation, parking volume, parking turnover

Problemi parkiranja KEP dostavnih vozila u urbanim gradskim sredinama

Nataša Čačić, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad,
ncacic@uns.ac.rs

Dragana Šarac, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad,
dsarac@uns.ac.rs

Mladenka Blagojević, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet
m.blagojevic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Problemi parkiranja dostavnih vozila su sve očigledniji u urbanim gradskim sredinama. Veliki broj operatora koji se bave dostavom kurirskih, ekspres i paketskih (KEP) pošiljaka vrlo često se suočavaju i sa dodatnim finansijskim troškovima u vidu kazni za nepropisno parkiranje. U okviru ovog rada analizirani su problemi, kao i moguća rešenja, koja bi doprinela bezbednijoj, sigurnijoj, bržoj i kvalitetnijoj realizaciji dostave u gradovima. Uzimajući u obzir ciljeve održivog razvoja (eng. Sustainable Development Goals (SDGs)) koje su definisale Ujedinjene nacije, rešavanje problema parkiranja dostavnih KEP vozila ide u prilog relevantnim oblastima održivog razvoja u poštanskom sektoru.

Ključne reči: saobraćaj, parkiranje, dostavna vozila, KEP

1 UVOD

Povećani zahtevi za dostavom pošiljaka podstaknuti razvojem e-trgovine, pored finansijskih benefita koje donose poštanskim, kurirskim i ekspres operatorima, uzrokuju i brojne poteškoće koje se javljaju prilikom dostave pošiljaka, posebno u urbanim gradskim sredinama.

Potražnja za dostavom u poslednjoj miliji beleži konstantan rast. Prema izveštaju Svetskog ekonomskog foruma iz 2020. godine, tražnja će dostići porast za 78% na globalnom nivou do 2030. godine. Kao neizbežna posledica očekuje se povećanje zagađenja životne sredine, saobraćajne gužve i buke. Jedno od rešenja smanjenja buke i zagađenja su električna dostavna vozila. Međutim, sa povećanjem zahteva ova rešenja nisu dovoljna. Problemi smanjenog prostora za kretanje pešaka i prostora za manevrisanje običnih vozila i bicikala, kao i problemi nedostatka parking mesta za dostavna vozila sve su zastupljeniji. Realizacija dostave putem e-bicikala može doprineti smanjenju problema parkiranja, ali zahteva i postojanje mikro-depoa na mreži unutar gradova putem kojih se e-bicikla snabdevaju pošiljkama za dostavu [1]. Veliki broj operatora koji se bave dostavom kurirskih, ekspres i paketskih (KEP) pošiljaka vrlo često se suočavaju i sa dodatnim finansijskim troškovima u vidu kazni za nepropisno parkiranje. U okviru ovog rada analizirani su problemi, kao i moguća rešenja koja bi doprinela bezbednijoj, sigurnijoj, bržoj i kvalitetnijoj realizaciji dostave u gradovima. Svetski poštanski savez, kao krovna međunarodna organizacija u oblasti poštanskog saobraćaja,

je posvećen postizanju ciljeva Agende održivog razvoja 2030. godine. Poštanski operatori kroz svoje aktivnosti učestvuju u dostizanju definisanih 12 ciljeva Agende održivog razvoja. U tu svrhu je razvijena platforma OSCAR.post (eng. *Online Solution for Carbon Analysis and Reporting*) putem koje KEP operatori mogu da analiziraju i izveštavaju o njihovoj emisiji gasova sa efektom staklene bašte kao rezultat njihovih aktivnosti [2]. Cilj ovog rada je da se da prikaz problema sa kojima se suočavaju dostavljači prilikom realizacije dostave u gradskim sredinama, kao i da se predstave moguća rešenja koja pored kvalitetnije, bezbednije i brže realizacije dostave značajno mogu doprineti i ostvarivanju definisanih ciljeva Agende održivog razvoja u poštanskom sektoru.

2 UZROČNICI PARKING PROBLEMA

Parkiranje u urbanim gradskim sredinama iz godine u godinu postaje sve očigledniji problem. Glavni razlog leži u postojanju jaza između ponude i potražnje za parking mestima. Kao faktori koji imaju uticaj na nedostatak parking mesta mogu se navesti [3]:

- stariji i istorijski gradovi, pretežno prestonice koje imaju uske ulice kojima se nisu kretali automobili. Kako se gradovi i ulice ne mogu menjati, osim iz nekih bitnih razloga, u okviru ovakvih ulica se parkiraju vozila svih vrsta koje prevazilaze prvobitno planirane kapacitete;
- koncentracija aktivnosti i komercijalnih objekata koji zahtevaju visoku stopu automobila u istoj oblasti;
- imigracija stanovništva u gradske sredine uzrokuje povećanje zahteva za parking mestima;
- povišena stopa posedovanja automobila među stanovništvom sa visokim i srednjim primanjima;
- kršenje građevinskih i zakonskih propisa kojima se za svaku oblast definišu specifične namene objekata i spratnost sa obezbeđenim garažnim prostorima u podrumu;
- povećani zahtevi e-trgovine koji uzrokuju veću koncentraciju dostavnih vozila na ulicama grada.

Vozači u vršnim satima teško pronalaze parking mesta bilo na obeleženim mestima, bilo na ivičnjacima. Ova situacija frustrira vozače i navodi ih da kruže u potrazi za mestom za parkiranje svojih vozila.

2.1 Primeri problema dostave u urbanim gradskim sredinama

Identifikovanje ključnih problema sa kojima se suočavaju gradovi je prvi korak ka povećanju efikasnosti dostave i zadovoljstva korisnika. Ograničena dostupnost adekvatnih parking mesta je jedan od primarnih problema. KEP operatori su prinuđeni da usled nedostatka adekvatnog parking mesta dostavno vozilo parkiraju na mestu koje nije predviđeno za to i stvaraju dodatne troškove u vidu novčanih kazni. Velika gužva u saobraćaju, na primeru gradova Los Anđelesa i San Dijega, značajno povećava vreme dostave što dovodi do kašnjenja i nezadovoljstva korisnika. Prema sprovedenoj studiji koja se bavila ovom problematikom utvrđeno je da se tokom vršnih časova predviđeno vreme dostave u proseku poveća za 30% usled gužve u saobraćaju. Uski prostori za parkiranje vozila i uski putevi su prisutni u mnogim gradskim oblastima poput Santa

Monike ili četvrtima San Dijega. Parkiranje i manevrisanje velikih dostavnih vozila je otežano.

Regulatorni izazovi takođe otežavaju dostavu u urbanim sredinama. Ovi izazovi se uglavnom odnose na lokalne propise kao što su ograničenja vezana za parkiranje, uredbe vezane za stvaranje buke i emisije štetnih gasova. Na primeru Južne Kalifornije se primenjuju uredbe koje se odnose na ograničenje vremena kada se može vršiti dostava u stambenim oblastima kako bi se smanjila buka [4]. Poslednja milja je najskuplja i predstavlja pravi izazov za dostavu u gradskim sredinama. Jedan od najvećih izazova je broj zaustavljanja dostavnih vozila koji značajno povećava troškove dostave i prazan hod dostavljača. Npropisno parkiranje dostavnih vozila na autobuskim stajalištima, biciklističkim stazama, zelenim površinama, na putu i trotoarima ima svoju cenu. Ono dovodi do zagušenja putne mreže, zagađenja životne sredine, ugrožene bezbednosti dostavljača i ostalih učesnika u saobraćaju. Činjenica je da će većina vozača pre svoje vozilo parkirati npropisno nego gubiti vreme u potrazi za adekvatnim slobodnim parking mestom. Problem koji se uočava kod postojanja rezervisanih parking mesta za dostavna vozila je taj što su čak i ona vrlo često zauzeta parkiranim ličnim vozilima stanovništva. Definisani problem nedostatka slobodnih parking mesta bi trebalo detaljno razmotriti sa aspekta potražnje i uspostavljanja ravnoteže ponude i tražnje za parking mestima. Kao problem koji se navodi kod postojećih parking mesta u urbanim gradskim sredinama je neprilagođenost parking mesta dostavnim vozilima koja su vrlo često većih dimenzija od ličnih vozila.

2.2 Predlozi rešenja nedostatka parking mesta

Jedan od načina prevazilaženja izazova dostave je i izbor adekvatnog voznog parka prilagođenog specifičnim potrebama različitih urbanih sredina. Korišćenjem električnih i kompaktnih vozila preduzeća mogu poboljšati manevarske sposobnosti vozila u uskim ulicama i manjim parking mestima. Na ovaj način se podstiče i smanje negativnog uticaja na životnu sredinu.

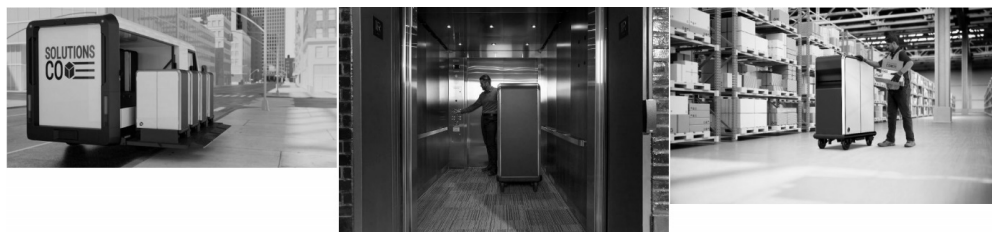
O nedostatku parking prostora u urbanim gradskim centrima govore i autori u radu [5]. Nedostatak parking mesta rezultira npropisnim parkiranjem i gubitkom vremena dostavljača tokom kruženja u potrazi za parking mestom. Kao jedno od rešenja u gradu Parizu navodi se donošenje odluke od strane predstavnika opštine kojom će se određene površine grada pretvoriti u parking mesta za dostavna vozila. Na području grada Pariza predviđene su dve grupe područja koja mogu da se koriste za dostavu: jedna su trajna područja predviđena za dostavna vozila, druga su privremena područja koja su dostupna za dostavu u određenim vremenskim intervalima uz ograničeno vreme zadržavanja. U Parizu je dozvoljeno da se dostavna vozila u određenim vremenskim intervalima parkiraju i na autobuskim stajalištima kako bi realizovala dostavu. Autori studije [6] su analizirali primenu inteligentnih transportnih sistema za informisanje o dostupnim parking mestima u realnom vremenu putem mobilne aplikacije *OpenPark* kako bi smanjili kruženje dostavljača u potrazi za parking mestom. Studija je realizovana u Sijetlu i Vašingtonu. Rezultati studije su pokazali da se korišćenjem ove aplikacije vreme koje dostavljači provedu u potrazi za parkingom smanjilo za 27,9%, a pređena kilometraža za 12,4%. U okviru Slike 1 dat je prikaz izgleda pomenute mobilne aplikacije, kao i senzora koji su instalirani na parking mestima [5].

Rešenje nedostatka parking mesta za dostavna vozila i smanjenja emisije CO₂ je uvođenje noćne dostave. U urbanim gradskim sredinama dostava može biti realizovana u noćnim smenama tako što bi se u zgradama postavili paketomati (eng. *parcel lockers*) i primenila tehnologija koja omogućava dostavljačima bezbedan ulazak i identifikaciju u stambenoj zgradi. Korisnici pakete naručuju kao i obično, ali taj paket može biti dostavljen na kućnu adresu tokom noći [1]. Prednost ovog načina dostave jeste i u tome što se efikasnost dostave značajno povećava 24/7, a pored toga bi se smanjio negativan uticaj na životnu sredinu i infrastrukturu gradova.



Slika 1: OpenPark aplikacija

FedEx kompanija je na području Kanade i Sjedinjenih Američkih Država realizovala probno testiranje *BrightDrop EP1* palete (Slika 2) za dostavu na električnu energiju. Ovo rešenje se koristi za transport pošiljaka na kratke udaljenosti, od vozila za dostavu do ulaznih vrata primaoca pošiljke. Dostavljačima je znatno olakšano manevrisanje ovim kolicima i smanjen je njihov fizički napor. Dostavljači FedEx-a su primenom *EP1* paleta dostavili 15% više pošiljaka na dnevnom nivou u odnosu na dotadašnji način dostave. Kompanija FedEx navodi da će se na ovaj način rešiti nedostatak parking mesta za dostavna vozila u velikim gradovima poput Njujorka i Toronta jer se smanjuje broj potrebnih vozila za posmatrano dostavno područje, a uz to se povećava efikasnost rada dostavljača. FedEx planira da do 2040. godine nabavi još 20.000 električnih vozila za svoj vozni park i da bude kompanija sa nultom emisijom CO₂ [7].



Slika 2: eng. BrightDrop EP1 paleta

U Francuskoj opštini La Rošel u uskim ulicama istorijskog grada aktivnosti dostave izazivaju kako ekološke, tako i probleme gužve u saobraćaju. Kako bi se smanjio nastali problem u gradu je uveden pristup ograničenja ulaska u grad. Tako, na primer, kamioni koji ne prelaze nosivost od 7,5 tona mogu ući u centar grada pre podne do 7h i 30min. Nakon tog vremena u grad mogu ući električna vozila centralnog distributivnog centra i vozila čija je masa do 3,5 tona. Na ovaj način smanjuju se gužve u saobraćaju, a problemi parkiranja su svedeni na minimum [8]. U Stokholmu problemi parkiranja dostavnih vozila su rešeni tako što je određena površina na kolovozu označena žutom bojom rezervisana za dostavna vozila u određenom vremenskom periodu radnim danima, a gde ostalim vozilima nije dozvoljeno parkiranje (Slika 3) [9].



Slika 3: Stokholm parking rešenje

U gradu Bilbau u Španiji je razvijen sistem rezervacije parking mesta. On podrazumeva postavljanje senzora na parking mesta koji signaliziraju dostupnost ili zauzetost istog putem adekvatne mobilne aplikacije. Na ovaj način korisnici, u ovom slučaju dostavljači, mogu da provere dostupnost parking mesta u realnom vremenu i da ga rezervišu nakon čega dobiju kod za potvrdu koji im daje pristup rezervisanom mestu na određeno vreme [9].



Slika 4: Bilbao parking rešenje

Na području Nemačke sprovedeno je istraživanje problema parkiranja vozila u 5 najvećih gradova. Istraživanje je pokazalo da vozači u Frankfurtu u proseku na godišnjem nivou izgube 65h u potrazi za parking prostorom. Potraga za parking mestom utiče na

gubitak vremena, potrošnju goriva i emisiju CO₂. Na drugom mestu je grad Esen, zatim Berlin, pa Dizeldorf i Keln (Tabela 1) [10].

Tabela 1: Istraživanje u Nemačkoj

Gradovi	Prosečna dvočasovna cena parkiranja	Vreme potrage za parking mestom po vozaču na godišnjem nivou izraženo u satima	Godišnji troškovi potrage za parking mestom po vozaču
Frankfurt	4 €	65 h	1.410 €
Esen	4 €	64 h	1.390 €
Berlin	4 €	62 h	1.358 €
Dizeldorf	2 €	61 h	1.337 €
Keln	2 €	60 h	1.302 €

Kao mogući način rešenja problema kruženja dostavnih vozila u potrazi za parkingom nalazi se u radu [11] koji može značajno doprineti smanjenju emisije CO₂, a takođe i ne stvara dodatne troškove za KEP operatore već podrazumeva korišćenje postojećih resursa. Predloženo rešenje ima brojne prednosti i za KEP operatore i za korisnike. Predloženim modelom rešenja „*Mobile alternative delivery points*” korisnici mogu putem aplikacije da provere trenutnu lokaciju njihove pošiljke, pa ukoliko smatraju da neće biti kod kuće u periodu koji je predviđen za dostavu, mogu lično da odu i preuzmu pošiljku od dostavljača. Rezultati koji su dobijeni predloženim modelom na analiziranom području ukazuju da bi korisnici u proseku na mesečnom nivou ukoliko koriste „*Mobile alternative delivery points*” za preuzimanje pošiljaka prešli 130 km manje nego da pošiljke preuzimaju putem paketomata. Na godišnjem nivou to je 1560 km manje. Primenom predloženog modela problem pronalaska adekvatnog parking mesta i naplate troškova za nepropisno parkiranje vozila bi bio smanjen ili eliminisan. Takođe, smanjio bi se i broj neuspelih dostava i emisija CO₂.

U okviru istraživanja u radu [12] sprovedena je analiza mogućnosti rezervacije parking mesta za dostavna vozila u urbanoj gradskim sredinama na bazi urbanističkih kriterijuma, projektovanih na postojeću mrežu parking mesta u urbanoj gradskoj sredini. Kvalitet dostave i troškovi koji nastaju preuzimanjem i dostavom pošiljaka na adresi korisnika zavise od pozicije parking mesta. U istraživanju je dat primer lociranja minimalnog broja rezervisanih parking mesta uzimajući u obzir zahteve za minimizacijom pređenog puta dostavljača, a prema zahtevima za uslugom koji postoje na analiziranom području. Rezultati analize su pokazali da je od početno ustanovljenih 8 potencijalnih parking mesta potrebno 3 rezervisana parking mesta kako bi se ispunili zahtevi korisnika za uslugom. Rezervacijom potencijalnih parking mesta smanjio bi se neproduktivan put dostavnog vozila u potrazi za slobodnim parking mestom, povećala bi se bezbednost dostavljača i poštanskih pošiljaka, a takođe bi došlo i do smanjenja stresa vozača u potrazi za adekvatnim slobodnim parking mestom.

3 ZAKLJUČAK

U okviru sprovedenog istraživanja dat je prikaz potencijalnih rešenja problema sa kojima se dostavljači svakodnevno suočavaju. Neka od predloženih rešenja su našla i svoju praktičnu primenu. Međutim, problemi koji postoje su očigledni i zahtevaju permanentno razmatranje i analizu. Buka, povećani troškovi, emisija CO₂, neproduktivan put dostavljača, kašnjenje pošiljaka, gubitak vremena, kazne za nepropisno parkiranje i drugi problemi se primenom nekih od predloženih rešenja mogu smanjiti ili upotpunosti eliminisati. Saradnjom sa lokalnim vlastima KEP operatori bi mogli da razviju rešenja koja su dobra i za preduzeća i za zajednicu generalno. Posebnu pažnju u daljim istraživanjima treba posvetiti implementaciji centara urbane konsolidacije, kao i istraživanju prednosti i nedostataka postojećih rešenja kod problema parkiranja dostavnih vozila.

ZAHVALNICA

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija (br. ugovora: 451-03-65/2024-03/200156) i Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu kroz projekat „Naučnoistraživački i umetničkoistraživački rad istraživača u nastavnim i saradničkim zvanjima Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu” (br: 01-3394/1).

LITERATURA

- [1] Barreiro, E. (2020). Night-time deliveries are the solution to urban delivery challenges.
- [2] Petrović, V., Višić, B. S., Simić, M., & Trošić, S. J. (2021). Istraživanje doprinosa poštanskog sektora sprovođenju ciljeva održivog razvoja Ujedinjenih Nacija. XXXIX Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom, (pp. 115-126). Beograd. doi:10.375 28/FTTE/9788673954455/POSTEL.2021.013
- [3] Hossam, I. (2017). Car parking problem in urban areas, causes and solutions. 1st International Conference on Towards a Better Quality of Life.
- [4] Suppose U Drive. (2024). Navigating the Challenges of Urban Deliveries: Strategies for Efficiency.
- [5] Beziat, A. (2015). Parking for freight vehicles in dense urban centers – The issue of delivery areas in Paris. MetroFreight.
- [6] Chiara, G. D., Krutein, K. F., Ranjbari, A., & Goodchild, A. (2022). Providing curb availability information to delivery drivers reduces cruising for parking. Scientific reports, 12(19355). doi:10.1038/s41598-022-23987-z
- [7] Mceachern, S. (2022). FedEx Testing BrightDrop EP1 Delivery Pallets In The U.S. And Canada.
- [8] Niches. (n.d.). Innovative Approaches in City Logistics-Space management for urban delivery. European Commission.
- [9] Rouhi, A. (2024). Access Management for Efficient Urban Freight Transport. Stockholm. Retrieved from <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1847590/FULLTEXT01>.
- [10] INRIX. (2017, July 28). Parking Network. Retrieved from <https://www.parking.net/parking-news/inrix/germans-41-hours-searching-parking>

- [11] Šarac, D., Čačić, N., & Jovanović, B. (2023). Mobile alternative delivery points. Second International Conference on Advances in Traffic and Communication Technologies (ATCT 2023), (pp. 18-25). Sarajevo. doi:10.59478/ATCT.2023.3
- [12] Šarac, D., Čačić, N., Kopic, M., & Blagojević, M. (2022). Reserve Delivery Parking Spots in Urban Areas. Transportation Research Procedia, (pp. 138-148). doi: 10.1016/j.trpro.2022.09.017

SUMMARY

Urban parking challenges for CEP delivery vehicles

Abstract: Parking problems for delivery vehicles are increasingly evident in urban areas. Many companies handling courier, express, and package (CEP) items frequently face additional financial costs due to fines for illegal parking. This work analyzes these problems and explores potential solutions to enhance the safety, security, speed, and efficiency of deliveries in cities. Addressing the parking issues of CEP delivery vehicles aligns with the Sustainable Development Goals (SDGs) defined by the United Nations, supporting relevant areas of sustainable development in the postal sector.

Key words: traffic, parking, delivery vehicles, CEP

Plenarna sesija 5

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA

Моделовање и избор алтернативне трасе за анализиране деонице државних путева IA реда

Иван Ивановић, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет,
i.ivanovic@sf.bg.ac.rs

Драгана Петровић, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет,
dragana.petrovic@sf.bg.ac.rs

Владимир Ђорић, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет,
v.djoric@sf.bg.ac.rs

Зоран Боројевић, ЈП Путеви Србије, zoran.borojevic@putevi-srbije.rs

Резиме: Планирање алтернативних траса је тема која заузима значајно место у инжењерској пракси планирања путне мреже. На територији Републике Србије актуелизација ове теме је проузрокована различитим инцидентним ситуацијама које су се догађале на деоницама државних путева IA реда, а које су за последицу имале смањење капацитета деонице. Чињеница је да на мрежи државних путева Републике Србије поједине алтернативне трасе не могу у потпуности одговорити на саобраћајне захтеве који се испостављају на главном путном правцу, али информација о карактеристикама потенцијалне алтернативне трасе може помоћи управљачу пута да донесе правремену одлуку. У овом раду биће представљена методологија израде планова алтернативних траса као и моделовање и избор алтернативних траса на делу мреже државних путева IA реда. За конкретан део путне мреже приказана је анализа постојећег стања, расположивост алтернативних траса и дефинисане су препоруке са циљем минимизирања последица по кориснике државних путева у случају смањења капацитета или прекида саобраћаја на главном путном правцу.

Кључне речи: планирање саобраћаја, алтернативне трасе, моделовање, саобраћајни захтеви

1 УВОД

Подручје које има већи број директних и алтернативних рута између тачака извора и циља има виши ниво повезаности. Термин „повезаност“ се користи за опис густине саобраћајне мреже у смислу броја траса, тј. избора који су доступни за путовање између изворне и циљне тачке путовања.

Важно је истаћи разлику између алтернативних траса и путева за евакуацију. У случају преусмеравања саобраћаја, алтернативне трасе треба да прихвате саобраћај који се свакодневно реализује на тој саобраћајници као и саобраћај који је преусмерен са трасе под утицајем неке ванредне ситуације. Путеви за евакуацију, са друге стране, имају функцију да обезбеде могућност да се велики број људи истовремено удаљи са одређене локације. Због тога саобраћајни ток на путевима евакуације може бити и једносмеран, односно могу се користити специфичне

режимске и управљачке мере како би се повећао или максимизирао капацитет саобраћајница у ванредним ситуацијама које захтевају евакуацију.

За разлику од уличне мреже коју најчешће карактерише велики број потенцијалних алтернативних траса од изворне до циљне тачке кретања, на ванградској мрежи је ситуација другачија. Често је реч о малом броју алтернативних траса које су значајно лошијих техничко-експлоатационих карактеристика у односу на главне путне правце. У овом раду фокус ће бити на алтернативним трасама на ванградској путној мрежи.

Активирање алтернативне трасе треба да омогући одговарајућу прераспodelу саобраћајних токова са главног путног правца на алтернативну трасу у ситуацијама у којима се процени да би прераспodelа саобраћајних токова ублажила последице ванредне ситуације на реализацију саобраћајног тока на главном путном правцу.

Локација и време ванредних ситуација могу бити познати унапред, или се догађај може десити без наговештаја на било којој локацији. У том контексту, ванредне ситуације могу бити планиране или непланиране. У наредној табели су представљене поједине врсте планираних и непланираних ванредних ситуација, као и могуће последице (Табела 1) [1].

Табела 1: Утицај планираних и непланираних ситуација на капацитет [1]

	ДОГАЂАЈ/СИТУАЦИЈА	УТИЦАЈ НА КАПАЦИТЕТ САОБРАЋАЈНИЦЕ
Планирани	Изградња путева и одржавање делова путне мреже	Затварање траке/а или деонице/а пута Коришћење дела коловоза (бочне сметње), смањење брзине и капацитета
	Планирани специјални догађаји (спортски/музички догађаји, параде/фестивали)	Затварање траке/а или деонице/а пута због организације догађаја
Непланирани	Саобраћајне незгоде, заустављено возило, терет на коловозу или изливање терета који може укључити и испуштање опасног материјала	Затварање или блокирање траке/а или деонице/а пута затварање деонице пута
	Хитни радови на путу	Затварање или блокирање траке/а или деонице/а пута
	Неповољни временски услови	Редуција капацитета (смањење брзине, повећање временског интервала слеђења возила)
	Остале ванредне ситуације (тешки климатски услови, акти насиља, инцидент изазван људски фактором, природне непогоде)	Непроходне/затворене деонице пута

2 ПРОЦЕС ПЛАНИРАЊА АЛТЕРНАТИВНИХ ТРАСА

Планирање алтернативних траса представља значајан корак у стратегији управљања саобраћајем на мрежи државних путева. Процес планирања алтернативних траса обично се спроводи у институцији која има водећу улогу управљања саобраћајем на путној мрежи уз подршку заинтересованих страна. Планирање алтернативних траса може дати значајан допринос у случајевима:

- непредвиђених саобраћајних ситуација,
- катастрофа које би могле да утичу на затварање критичних делова путне мреже услед поплава, снежних олуја, земљотреса, рушења моста или других несообраћајних инцидента,
- планираних активности изградње и одржавања путне инфраструктуре и
- будућих планираних ванредних догађаја.

Планирање алтернативних траса пре свега представља основу за управљање саобраћајем у ванредним ситуацијама са циљем минимизирања утицаја на реализацију саобраћајних токова на главном путном правцу. Ефекти планирања алтернативних траса огледају се и кроз смањење: последица и броја секундарних инцидента, потрошње горива, емисије загађења, времена реаговања на ванредне догађаје, нивоа стреса код возача, агресивног понашања у вожњи и негативног утицаја на поједине врсте терета које се транспортују.

Процес планирања алтернативних траса укључује следеће три фазе [1]:

1. **Дефинисање алтернативних траса.** Процена сваке потенцијалне алтернативне трасе у циљу избора оптималне алтернативне трасе.
2. **План активирања алтернативне трасе.** У овој фази заинтересоване стране треба да: одреде садржај плана за активирање алтернативне трасе, развију смернице за примену плана активирања алтернативне трасе и развију смернице за обустављање примене плана активације алтернативне трасе.
3. **План управљања саобраћајем:** Планирање информација које ће се упућивати возачима током имплементације конкретног плана активирања алтернативне трасе за потребе управљања саобраћајем. У овој фази израђује се план оперативног управљања саобраћајем, а важне ставке се односе на: начин информисања путника о алтернативној траси, метод информисања и вођења путника до/од и дуж алтернативне трасе, мере регулисања и управљања саобраћаја ради повећања капацитета алтернативне трасе и побољшања њене ефикасности.

Након дефинисања алтернативне трасе кључно је дефинисати критеријуме и услове у којима ће алтернативна траса бити активирана, као и услове и критеријуме у којима се обуставља примена плана активације алтернативне трасе.

3 ИСТРАЖИВАЊЕ И МОДЕЛОВАЊЕ АЛТЕРНАТИВНИХ ТРАСА НА ДЕОНИЦАМА ДРЖАВНОГ ПУТА IА РЕДА

У овом раду ће бити представљена искуства стечена током реализације пројекта „Израда транспортног модела на пилот територији” а која се тичу испитивања, моделовања и избора алтернативних траса на државним путевима IА реда [2]. Обухват територије је дефинисан у складу са „Концептом развоја ИТС-а на мрежи државних путева РС” где је предвиђено успостављање регионалног центра Ниш (Југ-исток) који је надлежан за надзор и управљање саобраћајем, односно из кога се врши примена оперативно-управљачких планова на следећим деоницама државних путева IА реда:

- ДП А1 чвор 141 петља Јагодина – чвор 162 Прешево граница са Републиком Северном Македонијом;

- ДП А4 чвор 148 петља Трупале – чвор 409 Градина граница са Републиком Бугарском.

У анализи алтернативних траса су разматрани државни путеви IB и IIA реда који својом геометријом и техничко-експлоатационим карактеристикама могу у одређеној мери одговорити на захтеве у случају преусмеравања саобраћаја са деоница државних путева IA реда, а налазе се у њиховом непосредном окружењу. Суштина анализе подразумевала је утврђивање резерве капацитета на алтернативним трасама у периодима критичног часовног оптерећења на главном путном правцу.

У првој фази било је неопходно усагласити расположиве базе података са аутоматских бројача саобраћаја и податке са наплатних станица с обзиром да су категорије возила методолошки различито дефинисане. Посебном методологијом дефинисане су три класе возила (ПА, лака теретна возила и тешка теретна возила) чиме је омогућено да се подаци из оба извора искористе уз минимизирање грешке.

Анализом су обухваћени подаци са аутоматских бројача саобраћаја који су лоцирани на деоницама ауто-путева као и на деоницама алтернативних траса у оквиру просторног обухвата анализе. Од тога, подаци о саобраћајним токовима на ауто-путевима прикупљани су са девет аутоматских бројача саобраћаја док су подаци о саобраћајним токовима на алтернативним трасама прикупљани са 15 аутоматских бројача саобраћаја. На деоницама алтернативних траса за које нису постојали подаци о интензитету саобраћаја вршена је процена интензитета саобраћаја методом интерполације.

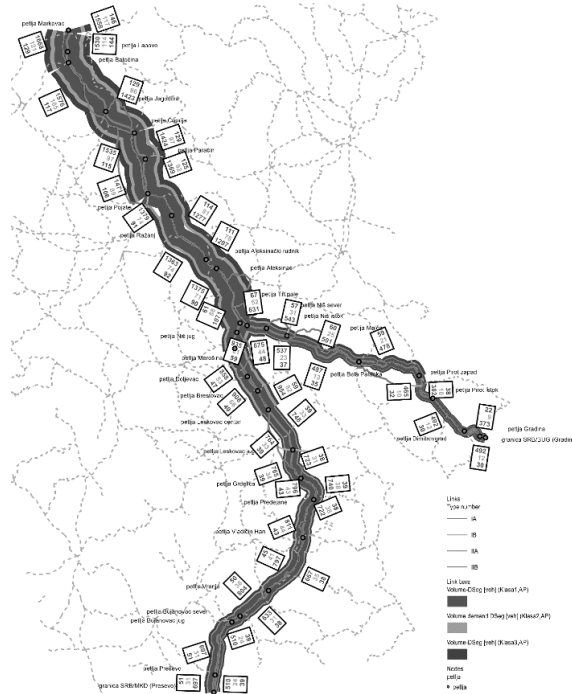
3.1 Формирање транспортног модела

Моделом је обухваћена мрежа државних путева у дужини од 1.934 км. Транспортни модел садржао је 38 саобраћајних зона. Позиције конектора су дефинисане према локацијама наплатних станица односно тачкама уласка/изласка возила са ауто-пута. За сваку од дефинисаних класа возила формирана је посебна изворно-циљна матрица кретања у оквиру транспортног модела. Приликом креирања изворно-циљних матрица транспортних захтева коришћени су месечни подаци са наплатних станица, одакле је било потребно генерисати часовне изворно-циљне матрице за карактеристичне сате који репрезентују просечно и максимално саобраћајно оптерећење на ауто-путским деоницама. Свеобухватном анализом су доступне месечне матрице изворно-циљних кретања кроз неколико итерација сведене на дневне, а затим и на часовне матрице које одговарају просечним и максималним захтевима. Оптерећење саобраћајне мреже је на сатном нивоу, иако подручје обухвата подразумева путовања која су дужа од једног часа, јер се на нивоу сата могу прецизније уочити потенцијални капацитативни проблеми главних путних праваца и алтернатива у ванредним ситуацијама.

Суштина описаног поступка оптерећења саобраћајне мреже у транспортном моделу је била да се идентификују часови у оквиру којих се на свакој од аутопутских деоница јављају максималне и просечне вредности часовног оптерећења. Резултати оптерећења саобраћајне мреже у транспортном моделу пре свега омогућили су детаљније анализе часовних оптерећења на главном путном правцу. За исте периоде (часови максималних и просечних оптерећења на главном путном правцу) тестирана је расположивост и резерве капацитета на алтернативним трасама.

Подаци са наплатних станица искоришћени у сврху формирања матрице, док су подаци са аутоматских бројача саобраћаја коришћени у поступку калибрације саобраћајног оптерећења. Након пуштања процедуре оптерећења мреже, модел је калибрисан у односу на вршно часовно оптерећење на аутопутским деоницама добијених са аутоматских бројача саобраћаја (сценарио максималних часовних захтева), а такође је калибрисан и у односу на просечно часовно оптерећење са аутоматских бројача саобраћаја (сценарио просечних часовних захтева).

За калибрацију је коришћена процедура TflowFuzzy, а за оцену квалитета калибрације је коришћена статистичка анализа ГЕХ индекса. Имајућу у виду да су подаци са аутоматских бројача саобраћаја на ауто-путу садржали вредности за оба смера, у процедури калибрације изворно-циљне матрице као референтне усвојене су вредности саобраћаја за оптерећенији смер. Оптерећење путне мреже је реализовано за сваку од дефинисаних класа возила (Слика 1).



Слика 1. Оптерећење мреже максималним часовним захтевима – по класама возила [2]

4 АНАЛИЗА ТЕХНИЧКО-ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ КАРАКТЕРИСТИКА АЛТЕРНАТИВНИХ ТРАСА

Техничко-експлоатационе карактеристике деоница на алтернативним трасама су анализиране кроз четири нивоа.

1. Анализиран је положај алтернативне деонице између две петље на ауто-путу узимајући у обзир постојање алтернативне трасе, категорија пута на алтернативној траси, као и дужине аутопутске деонице и алтернативне трасе.
2. У другом нивоу анализиране су техничке карактеристике деоница на алтернативној траси. Подаци о техничким карактеристикама преузети су из ГИС базе о путевима. С обзиром да су снимања техничких карактеристика за ГИС базу о путевима објављена током 2019. године и да је у међувремену дошло до одређених промена на терену, у циљу унапређења релевантности техничких карактеристика, поред података из Базе о путевима, реализована су и теренска истраживања. Подаци о техничким карактеристикама представљали су улазне податке за анализу експлоатационих карактеристика.
3. Трећи ниво анализе је подразумевао прорачун експлоатационих карактеристика деоница на алтернативној траси. Анализа експлоатационих карактеристика је реализована применом две методе: методе базиране на „Highway Capacity Manual 2016” (ХЦМ приручнику) и новокласичног поступка⁵ [3,4]. Одлучено је да се примене две методе у циљу унапређења квалитета добијених резултата, а при избору меродавног резултата примењених метода коришћен је строжији критеријум. На пример, уколико је применом метода утврђена различита вредност нивоа услуге за исту деоницу усвајан је нижи ниво услуге као меродаван. Оцена нивоа услуге је, с обзиром на третирану проблематику, била везана првенствено за степен искоришћења капацитета.
4. Резерва капацитета алтернативне трасе указује на то који интензитет саобраћаја може да се преусмери на алтернативну трасу, а да се при томе не угрози прихватљива вредност нивоа услуге на алтернативној траси. За вредност прихватљивог нивоа услуге усвојена је гранична вредност нивоа услуге између Д и Е, узимајући у обзир оцену нивоа услуге према критеријуму искоришћења капацитета. Ова граница је изабрана из разлога што се у процедурама функционалног вредновања услови саобраћаја до нивоа услуге Д третирају као задовољавајући. Поред тога, прорачуната је и резерва капацитета за вредности искоришћења капацитета у којима услови саобраћаја остварују средњу вредност нивоа услуге Е. Ова вредност нивоа услуге указује на незадовољавајуће услове у саобраћајном току, али се и на тај ниво искоришћења може рачунати у изузетно критичним ситуацијама. Треба имати у виду да је у прорачуну коначног нивоа услуге за деонице на алтернативној траси у обзир узиман и податак о постојећем оптерећењу алтернативне трасе у случају максималних и просечних транспортних захтева. На наредној слици је приказана „лична карта” једне од деоница на алтернативној траси (Слика 2).

⁵ Новокласични поступак, дефинисан у оквиру Упутства за израду студија оправданости у Републици Србији (Кузовић, 1992, 1994, 2000)

Деоница ауто-пута „петља Бијановац Југ -петља Бијановац Север“



У наредној табели су приказане техничке карактеристике деоница.

ОЗНАКА ПУТА	ОЗНАКА ДЕОНИЦЕ (ОДСЕКА)	ДУЖИНА ДЕОНИЦЕ (ОДСЕКА) (km)	БРОЈ ТРАКА	МИНИМАЛНИ РАДИЈУС ХОРИЗОНТАЛНЕ КРИВИЦЕ [m]	КРИТИЧАН УЗДУЖНИ НАГИБ [%]	ДУЖИНА КРИТИЧКОГ НАГИБА [m]	ШИРИНА ТРАКЕ [m]	ШИРИНА БАНДИНЕ [m]	ГЕП [%]
258	25812	3.277	2	209	0.6	44	3.65	0.72	44

У наредној табели је представљен прорачун експлоатационих карактеристика деоница на алтернативној траси.

IIА 258	ДП	25812	Новокласичан		V _{sl} (km/h)	84	V _e (km/h)	78	C (voz/h)	2588	q/C	0.14	NU	B
			HCS 2000	V _{sl} (km/h)	84	V _{pr} (km/h)	74.3	%VZ	49.5	q/C	0.13	NU	B	
			Резерва					C (voz/h)	1185	q/C	0.598	NU	D	
			Резерва					C (voz/h)	1705	q/C	0.799	NU	E/2	

Слика 2. „Лична карта“ деонице на алтернативној траси [2]

Када је реч о техничким карактеристикама алтернативних траса, наплатне станице нису детаљно узимане у обзир при анализи. С обзиром на могућност изменљивог капацитета наплатне станице, оне су посматране као елемент управљања саобраћајем што представља трећу фазу у процедури планирања алтернативне трасе, која није била предмет ове анализе.

Посебан изазов је представљао прорачун резерве капацитета на деловима алтернативних траса у којима државни пут пролази кроз насељено место. У тим случајевима капацитет деоница је прорачунат према методологији која је карактеристична за градске услове. Међутим, услед динамичности саобраћајних токова у градским подручјима и активностима у локалној самоуправи које на дневном нивоу могу довести до другачије прерасподеле саобраћајних токова у односу на уобичајене, процена резерве капацитета је усвојена са одређеном дозом толеранције.

Анализа капацитета уливних и изливних рампи на петљама на ауто-путу је показала да оне не представљају уско грло када је реч о прерасподели саобраћаја на алтернативне трасе.

У случајевима у којима више деоница на алтернативној траси чини потез између две петље на ауто-путу, као критична деоница издвајана је она са најлошијим техничко-експлоатационим карактеристикама и она је била меродавна у оцени перформанси алтернативне трасе.

4.1 *Анализа расположивости резерве капацитета на алтернативним трасама*

При анализи ефекта искоришћења расположиве резерве капацитета на алтернативним трасама било је неопходно симулирати сценарије у којима долази до смањења капацитета на деоницама ауто-пута. Разматрана су три сценарија.

Први сценарио је подразумевао непланирану ванредну ситуацију која за последицу има затварање једне саобраћајне траке на ауто-путу. Други и трећи сценарио су се односили на планиране радове на ауто-путу. У једном случају је интензитет утицаја на редуковање капацитета преузет из приручника ХЦМ, док је у другом случају интензитет редуковања капацитета одређен искуствено.

За сваки од наведених сценарија прорачунато је смањење капацитета на деоницама ауто-пута као и степен искоришћења капацитета у случају максималних и просечних транспортних захтева. Поред анализе у којој мери алтернативна траса може да одговори на транспортне захтеве услед ванредне ситуације на ауто-путу, било је значајно одредити у којој мери прерасподела саобраћаја на алтернативу растеређује саобраћај на ауто-путу. Сценарији потпуног прекида саобраћаја на ауто-путу нису симулирани. У сценарију потпуног прекида саобраћаја на ауто-путу, алтернативна траса може да учествује у прерасподели саобраћаја са истом резервом капацитета као и у сценаријима редуковања капацитета ауто-пута.

У односу на анализиране сценарије симулиране су редуције капацитета у распону између 35% и 43%. Интересантно је да је и при максималној редуцији капацитета и максималним транспортним захтевима на само 22% анализираних деоница главног путног правца вредност искоришћења капацитета била већа од 0,85. Поменуће деонице ауто-пута евидентирание су на потезу од Јагодине до петље Трупале и у непосредној близини града Ниша. Дуж ауто-пута А4 и ауто-пута А1 јужно од Ниша, у поменутиим сценаријима ни на једној деоници није идентификован степен искоришћење капацитета већи од 0,85. Када је реч о деоницама ауто-пута А4 услед малих вредности протока саобраћаја највећа забележена вредност степена искоришћења капацитета износила је 0.75 и то на деоници у непосредној близини града Ниша.

Посебно је интересантно што су идентификоване деонице на алтернативној траси које могу да прихвате комплетан саобраћај и при максималним вредностима транспортних захтева у случају разматраног сценарија смањења капацитета на ауто-путу, а да остану на прихватљивој вредности нивоа услуге.

Поред експлоатационих карактеристика и прорачуна резерве капацитета на алтернативној траси, кроз анализу су идентификоване и неке специфичне ситуације којима је било потребно посветити посебну пажњу, као што су: пролазак дела алтернативне трасе кроз насељено подручје, специфичне деонице државних путева кроз локалну самоуправу, непостојање везе која се остварује државним путем између петље на ауто-путу и алтернативне трасе, специфично укрштање алтернативних траса и слично.

Поред тога, поменути пројекат је обухватио и предлоге унапређења планирања алтернативних траса, као и предлоге решења којима би се унапредио квалитет или обезбедила алтернативна траса у обухвату анализираниог подручја.

На основу спроведене анализе и добијених резултата формирана је база података прилагођена постојећој ГИС бази ЈП „Путева Србије”. База као основну јединицу посматрања има деоницу ауто-пута на посматраном обухвату. За сваку од посматраних деоница дефинисани су следећи атрибути: постојање алтернативне трасе за конкретну деоницу ауто-пута, да ли алтернативна траса пролази кроз насељено подручје, процена времена путовања на алтернативној траси, резерва капацитета при сваком од тестираних сценарија при максималним и просечним транспортним захтевима, и друго.

Као још један веома важан сегмент у третирању ове проблематике идентификована је координација рада локалних самоуправа са управљачем државних путева. Алтернативна траса деоницама на ауто-путу може бити траса чије саставне деонице припадају државним путевима, али је неретко случај да је нека од деоница у оквиру алтернативне трасе заправо градска саобраћајница.

Инострана искуства потврђују да, иако нису никада први избор за алтернативну руту, градске саобраћајнице могу у одређеним случајевима примити саобраћај преусмерен са државних путева и тиме бити део алтернативне трасе. Оваква ситуација чини процес активирања алтернативне трасе сложенијим. У процесима преусмеравања саобраћаја са државних путева на алтернативне трасе, у конкретном случају са државног пута IA реда на државне путеве нижег реда и градске саобраћајнице, врло је важна сарадња између Управљача државним путем, Министарства унутрашњих послова и Јединице локалне самоуправе.

5 ЗАКЉУЧАК

Идеја овог рада је да се скрене пажња на значај планирања алтернативних траса у развоју путне мреже. И у случају планираних и непланираних ванредних ситуација које могу за последицу имати смањење нивоа услуге на главном путном правцу значајно је располагати подацима о карактеристикама алтернативних траса и расположивим капацитетима. Представљена је методологија израде планова алтернативних траса, а затим и моделовање и избор алтернативних траса на делу мреже државних путева IA реда. Поред анализе постојећег стања и расположивости алтернативних траса дефинисане су и препоруке за конкретан део путне мреже са циљем минимизирања последица по кориснике државних путева у случају смањења капацитета или прекида саобраћаја на главном путном правцу.

Правовремено планирање и анализа карактеристика алтернативних траса доприноси ефикасности процедуре управљања саобраћајем у случају потребе за активацијом алтернативне трасе. Да би се овој проблематици приступило са неопходним нивоом детаљности препорука је да се реализују снимања промена у карактеристикама саобраћајних токова на деоницама ауто-пута у различитим ванредним ситуацијама и за време трајања радова. На основу врсте ванредне ситуације и карактеристика зона радова било би могуће прецизније утврдити утицај на саобраћајни ток на главном правцу кроз квантитативне показатеље као што су брзина, време путовања и слично. Такође, потребно је испитати и оправданост прикупљања информација у реалном времену са деоница алтернативних траса које су окарактерисане као критичне и са деоница државних путева које пролазе кроз

градско подручје како би се обезбедило квалитетније управљање саобраћајем у ванредним ситуацијама.

Анализом је утврђено да је неопходно успоставити концепт ефикасније сарадње између управљача државних путева и локалних самоуправа кроз које пролази државни пут који представља потенцијалну алтернативну трасу. Такође је потребно дефинисати алгоритам деловања у случају активирања алтернативне трасе. Методологија развоја ових алгоритама би подразумевала синхронизован систем комуникације, надлежности за спровођење планираних активности, као и начин реализације активности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Alternate Route Handbook, 2006. FHWA-HOP-06-092, Federal Highway Administration
- [2] Израда транспортног модела на пилот територији, 2023. Институт Саобраћајног факултета, Београд
- [3] "Highway Capacity Manual" HCM 2016, Transportation Research Board, National Academies Press, Washington, D.C.
- [4] Кузовић, Љ.; 2000. Капацитет и Ниво Услуге друмских саобраћајница", Саобраћајни факултет, Београд,

SUMMARY

Modeling and Choice of Alternative Routes on the Analyzed IA Category State Roads Segments

Abstract: Alternate route planning is a significant topic in the engineering practice of road network planning. On the territory of the Republic of Serbia, the actualization of this topic was caused by various incident situations that occurred on national roads of the IA category that usually led to capacity reduction. It is a fact that on the national road network of the Republic of Serbia, some alternative routes cannot fully respond to the traffic demands that arise on the main road, but information about the characteristics of a potential alternative route can help the road manager to make a timely decision. This paper will present the methodology for creating alternative route plans as well as the modeling, selection and characteristics of potential alternative routes applied to part of the state road network IA category. An analysis of the current situation, the availability of alternative routes and recommendations are defined for a specific part of the road network, in order to minimize the consequences for users of state roads in the case of capacity reduction or traffic interruption on the main state road.

Key words: transportation planning, alternative routes, modeling, transport demand

Izazovi u procesu formiranja transportnih modela – studija slučaja Tetovo-Gostivar (Koridor VIII)

Milica Tubić, mast.inž.saob., Hidroprojekat saobraćaj, milica.tubic@hps.rs

Miloš Micković, mast.inž.saob., Hidroprojekat saobraćaj, milos.mickovic@hps.rs

Danijela Rotula, dipl.inž.saob., Hidroprojekat saobraćaj, danijela.rotula@hps.rs

Marija Stojanović, dipl.inž.saob., Hidroprojekat saobraćaj, marija.stojanovic@hps.rs

Ana Rusić, dipl.inž.saob., Hidroprojekat saobraćaj, ana.rusic@hps.rs

Rezime: Osnovni zadatak i cilj transportnih modela je da na najbolji način analiziraju raspodelu dostignutih i očekivanih saobraćajnih tokova na mreži. Transportni modeli predstavljaju simulacione alate koji se koriste za analize uticaja saobraćaja, analize projektnih varijanti (alternativa), studije o proceni uticaja na životnu sredinu, studije opravdanosti, operativno planiranje, kao i testiranje mera za upravljanje saobraćajem. Formiranje transportnog modela predstavlja složen proces koji podrazumeva detaljnu analizu projektnih elemenata puta, kao i podataka o kretanjima na mreži pre samog implementiranja u softverski alat. Sam proces prikupljanja i obrade podataka vrlo često može biti zahtevniji od samih simulacija, zahtevati duži vremenski period i u velikoj meri uticati na kvalitet dobijenih rezultata. Detaljan pristup procesu formiranja modela, izazovi koji se javljaju, kao i predlozi unapređenja procesa planiranja i modeliranja prikazani su na primeru, odnosno studiji slučaja formiranja transportnog modela za potrebe izrade Saobraćajne studije autoputa Tetovo-Gostivar.

Cljučne reči: transportni model, autoput, studija slučaja

1 UVOD

Transportni modeli treba što realnije da reprezentuju kretanje ljudi i dobara unutar definisane predmetne oblasti koju karakterišu socio-ekonomski pokazatelji, kao i pokazatelji namene površina sa pripadajućom mrežom puteva i ulica. Ključna prednost upotrebe transportnih modela jeste što su to alati koji omogućavaju simuliranje različitih alternativa, poboljšanja i scenarija, a time ujedno i saobraćajnih efekata koje prouzrokuju. Formiranje i analiza rezultata dobijenih transportnim modelom omogućava shvatanje zavisnosti i promena koje se dešavaju u definisanom saobraćajnom sistemu, kako u postojećem stanju, tako i u planiranim i projektovanim uslovima u budućnosti. Modeli se formiraju korišćenjem softverskih alata poput PTV Visum, Aimsun, Corsim, itd. Pre samog implementiranja u softverski alat potrebno je detaljno analizirati podatke o kretanjima stanovništva (istraživanjima na terenu i obradom dostupnih podataka), kao i podatke o projektnim i eksploatacionim elementima deonice u području analize. U radu je data sintezna analiza iskustava u formiranju transportnog modela za potrebe izrade Saobraćajne studije autoputa Tetovo-Gostivar, izazovi koji su rešavani, kao i predlozi unapređenja procesa planiranja i modeliranja.

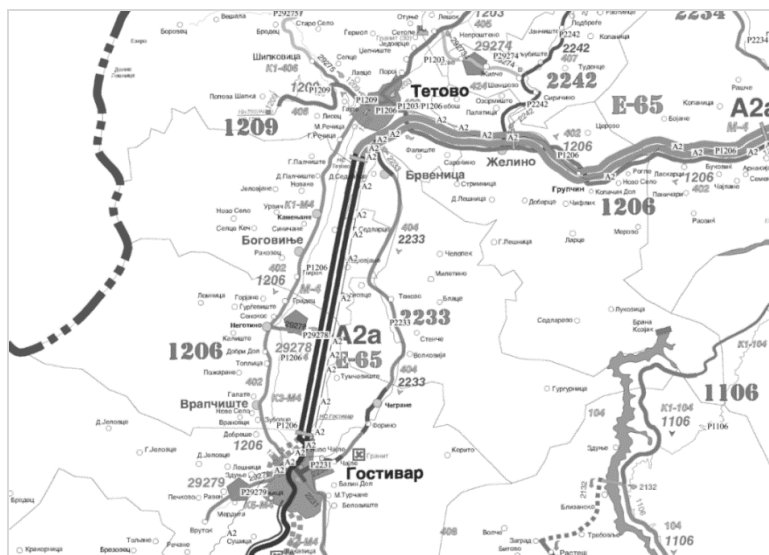
2 PREDMET PROJEKTA, PRIPREMA MODELA I SAOBRAĆAJNA ISTRAŽIVANJA

Modeliranje saobraćajnih zahteva ima značajnu ulogu u planiranju i projektovanju nove infrastrukture, uzimajući u obzir budući razvoj i čineći ih lako prilagodljivim promenljivim demografskim, ekonomskim ili prostornim uslovima. Osnovni ciljevi izrade Saobraćajne studije za koju je formiran predmetni transportni model su analize saobraćajne potrebe za izgradnjom autoputske deonice Tetovo-Gostivar, definisanje zahtevanog Nivoa Usluge koji treba da pruži planirani infrastrukturni objekat, prognoza saobraćaja u definisanom planerskom periodu i saobraćajno vrednovanje dva varijantna rešenja, pri čemu Varijanta 1 podrazumeva izgradnju autoputske deonice sa zatvorenim sistemom naplate putarine od Tetova do Gostivara, dok Varijanta 2 podrazumeva i izgradnju petlje sa naplatnom stanicom na km 44+923.00. Oba varijantna rešenja podrazumevaju izgradnju dvotračnog puta koji se prostire paralelno sa autoputskom deonicom. Predmetna deonica predstavlja Sektor 1 autoputske deonice Tetovo-Gostivar-Bukojčani. Deonica Gostivar-Bukojčani, odnosno Sektor 2, predmet je zasebne studije, ali je za potrebe dobijanja realnih podataka o saobraćajnim tokovima formiran jedinstven model koji uključuje oba sektora.

U zavisnosti od predmeta analize definiše se prostorni obuhvat transportnog modela sa pripadajućom mrežom saobraćajnica: opština, grad, pokrajina, nacionalni nivo ili region. Oblast koja se modelira ne bi trebalo da bude predimenzionisana, iz razloga što može otežati postizanje željene konvergencije, odnosno približavanja realnim saobraćajnim uslovima na mreži. Definisano područje se deli na saobraćajne zone između kojih se vrše kretanja korisnika sistema. Pored samog područja koje je predmet analize, prilikom formiranja modela važno je uzeti u obzir i uticaj šireg područja koje okružuje i ima interakciju sa analiziranim. Predmetni putni pravac na nivou Republike Severne Makedonije nosi oznaku A2 i predstavlja vezu autoputskih pravaca A1 i A4 sa autoputem A3. Takođe, predmetni pravac je deo i evropske mreže puteva i sa oznakom E-65 i predstavlja deo panevropske mreže kao deonica Koridora VIII. Razmatrani putni pravac od Tetova do Gostivara, kao autoputska deonica ima značajnu ulogu za razvoj Republike Severne Makedonije, povezujući severne delove zemlje, prestonicu Skoplje i tokove koji dolaze sa Kosova i Metohije i Albanije sa centralnim i južnim delovima Makedonije, pravcem sever – jug.

U postojećem stanju tranzitni saobraćaj i saobraćaj lokalnog karaktera funkcionišu preko postojeće višetračne saobraćajnice A2 (E-65). Novoprojektovana saobraćajnica državnog puta A2 trebalo bi da preuzme daljinske tokove, dok će paralelni dvotračni put imati funkciju povezivanja novoprojektovane autoputske deonice sa lokalnom mrežom. Saobraćajna dispozicija postojećeg puta A2, kao i pregledna karta novoprojektovanog Sektora 1 i paralelnog dvotračnog puta prikazane su na slikama 1 i 2.

Osnov formiranja kvalitetnog transportnog modela jeste detaljna analiza i prikupljanje podataka o postojećem stanju. Podaci o kretanjima se prikupljaju saobraćajnim istraživanjima i analizom dostupnih podataka iz publikacija i relevantnih baza. Podaci o mreži se takođe prikupljaju istraživanjima na terenu i analizama relevantnih baza podataka i arhiva projekata.



Slika 1: Saobraćajna dispozicija puta A2

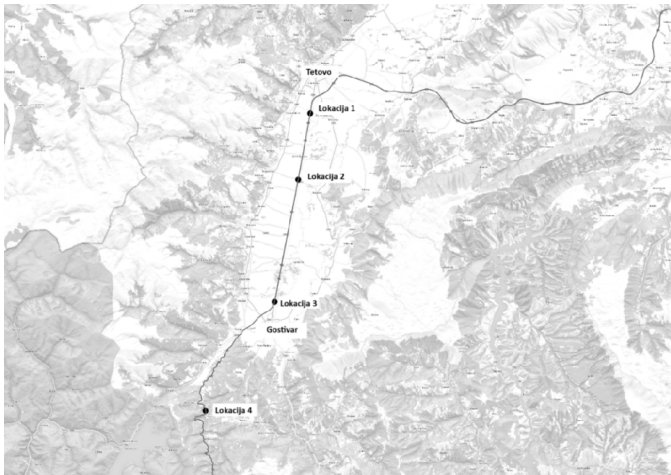


Slika 2: Pregledna karta novoprojektovanog sektora 1

Saobraćajno istraživanje podrazumeva pripremu, kao i sprovođenje istraživanja. Dobro pripremljeno i sprovedeno istraživanje predstavlja ključni preduslov za dobijanje relevantnih izlaznih rezultata i zaključaka, tako da je ovim koracima formiranja modela neophodno posvetiti pažnju i adekvatan vremenski period. U zavisnosti od predmeta analize definiše se metod prikupljanja podataka na terenu (brojanje, ankete, snimanje). Jedna od ključnih stavki pripreme jeste odabir reprezentativnih lokacija, kao i obuka istraživača. Lokacije na kojima se sprovodi istraživanje treba da omoguće prikupljanje podataka o što većem broju vozila na mreži, a po potrebi je moguće analizirati i njihovo razlivanje na mreži, odnosno utvrditi izvore i ciljeve. Greške koje nastaju prilikom istraživanja, naročito kada je reč o brojanju, najčešće se odnose na pogrešnu kategorizaciju vozila od strane istraživača, a nepažnja i tehnička nepripremljenost vode do gubitka dela uzorka. Datum i vreme sprovođenja istraživanja u velikoj meri utiču na kvalitet rezultata modela, pa se iz tog razloga istraživanja najčešće sprovode za vreme merodavnih dana i

meseci, po adekvatnim vremenskim uslovima i u periodima dana kada se javlja merodavno i najveće opterećenje.

Kao merodavni mesec za istraživanje, posle detaljne analize karakteristika vremenske neravnomernosti, odabran je oktobar 2023. godine. Istraživanje je sprovedeno u utorak (17.10), a kao period istraživanja obuhvaćen je osmočasovni period od 8h do 16h. Brojanje saobraćaja podrazumevalo je klasifikaciju vozila prema kategorijama i vremenu nailaska. Takođe, prilikom sprovođenja istraživanja beležene su i registarske oznake, kako bi bilo moguće dobiti saobraćajnu sliku – raspodelu kretanja vozila u predmetnoj zoni. Istraživanje karakteristika saobraćajnih tokova i snimanje registarskih oznaka realizovano je na ukupno 4 lokacije. Najznačajniji kriterijum pri odabiru lokacija bio je beleženje tranzitnih kretanja duž postojeće deonice. Lokacije 1 i 3 pozicionirane su na naplatnim stanicama Tetovo i Gostivar, odnosno na početku i kraju Sektora 1. Lokacija 2 podrazumeva beleženje registarskih oznaka na području najznačajnije petlje u postojećem stanju, odnosno petlje sa najvećim razlivanjem saobraćaja. Takođe, u zoni lokacije 2 predviđena je i izgradnja denivelisane raskrsnice (Varijanta 2). Lokacija 4 pozicionirana je tako da se zabeleže vozila koja nastavljaju kretanje ka Kičevu ili od Kičeva, ali i da bi se obuhvatili tokovi koji skreću za nacionalni park „Mavrovo”. Saobraćajnim istraživanjima prikupljeni su podaci o lokalnim kretanjima u području analize, kretanjima sa izvorom i ciljem u analiziranom području i kretanjima koja tranzitiraju područje. Na narednoj slici prikazane su pozicije punktova u okviru zone istraživanja.



Slika 3: Lokacije istraživanja

Tokom pripreme istraživanja utvrđeno je da na predmetnom potezu postoji mali broj automatskih brojača saobraćaja, koji imaju značajnu ulogu jer pružaju podatke o celokupnom dnevnom, mesečnom i godišnjem saobraćajnom opterećenju. Kako bi se prevazišao navedeni nedostatak i dobila preciznija raspodela saobraćaja na mreži sprovedena su i dodatna kontrolna brojanja saobraćaja na analiziranom području.

Prikupljanje podataka o projektnim elementima mreže, takođe, predstavlja izazovan proces koji je u velikoj meri uslovljen postojanjem ažurnih baza podataka, obzirom da sve neophodne podatke najčešće nije moguće prikupiti terenskim istraživanjima.

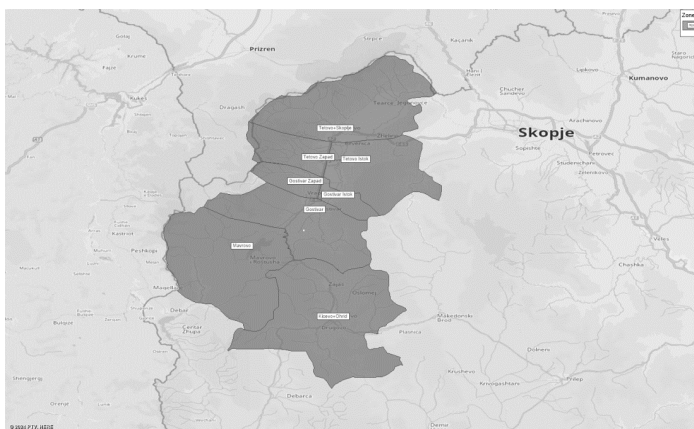
Za potrebe analize parametara efikasnosti u postojećem stanju, kao i planiranim varijantnim rešenjima, korišćeni su:

- Podaci o saobraćajnom opterećenju (PGDS-u) preuzeti su sa sajta „Javno pretprijatie za državni patišta Republike Severne Makedonije“
- Podaci sa naplatnih stanica dobijeni iz baza podataka „Javno pretprijatie za državni patišta Republike Severne Makedonije“
- Podacii o projektnim elementima puta zasnovani na arhivama projekata sprovedenih na predmetnom potezu
- Podacii o socio-ekonomskim pokazateljima preuzetim iz „Državen zavod za statistika Republike Severne Makedonije“.

3 FORMIRANJE TRANSPORTNOG MODELA AUTOPUTA TETOVO-GOSTIVAR

Unosom prethodno prikupljenih podataka u softverski alat kreira se transportni model, pri čemu osnovu modela čini saobraćajna mreža, najčešće zasnovana na GIS podacima, navigacionim mapama ili postojećim bazama podataka. Pored samog unosa veoma često su neophodna i dodatna podešavanja mreže, kao i unos brzina, kapaciteta, nagiba itd. Proračun kapaciteta postojeće i novoprojektovane mreže zasnovan je na HCM-u. Kapaciteti analizirane mreže su prilagođeni na dnevne vrednosti na osnovu definisanih merodavnih protoka.

Transportni model za potrebe izrade saobraćajne studije kreiran je okviru programskog paketa PTV VISUM. Nivo transportnog modela je makroskopski, pri čemu je analiza saobraćaja na raskrscima i petljama izvedena na mezoskopskom nivou, kako bi se dobila preciznija saobraćajna slika. U samom modelu područje koje je predmet analize je podeljeno na 8 saobraćajnih zona.



Slika 4: Zonski sistem

Simuliranje, odnosno opterećenje mreže koja je predmet analize, moguće je sprovesti korišćenjem različitih funkcija. Metod opterećenja koji je primenjen je Equilibrium. Metod Equilibrium pogodan je za modeliranje u slučaju kada su saobraćajni zahtevi na mreži većeg obima i kada se potencijalno se mogu javiti zagušenja, kao i kada se na mreži koja se analizira izdvajaju vršni periodi opterećenja. Equilibrium teži da opterećenje na mreži

dovede u ravnotežno stanje, koje se postiže jednakim vremenima putovanja (ili jednakim troškovima) na alternativnim rutama između izvora i cilja. Ravnotežno stanje dostiže se kroz iterativni postupak, gde se kao osnova koristi inkremental opterećenje. Ova metoda opterećivanja mreže uključuje kapacitete i deonica i raskrsnica.

Kako bi se koristili kao alat u planiranju i donošenju odluka, transportni modeli treba da teže tačnom prikazu obrazaca putovanja u godini koja je definisana kao bazna. Samo na taj način se budući scenariji mogu proceniti na smislen način. Kako bi se to postiglo, najčešće se koristi postupak kalibracije u kome se rezultati dobijeni modelom porede sa posmatranim podacima, obično sa brojanjem saobraćaja. Na osnovu ovih poređenja, parametri modela i drugi aspekti se prilagođavaju dok se ne ispune zahtevi kalibracije. Kalibracija u praksi predstavlja iterativan i vremenski dug proces. Određeni broj automatizovanih procedura može se primeniti za automatsko podešavanje komponenti modela kako bi se uskladili sa posmatranim vrednostima. Na primer, to može podrazumevati dodavanje konstanti u funkcije korisnosti ili naknadno prilagođavanje matrice. Iako ubrzavaju proces kalibracije, ove metode mogu imati nedostatke.

Za postupak kalibracije prostorne matrice kretanja, u konkretnom slučaju, korišćena je funkcija TflowFuzzy. U predmetnoj analizi definisani su najznačajniji kriterijumi koji istovremeno služe kao mera kvaliteta kalibracije, ali i za prekid procesa kalibracije: koeficijent korelacije, GEH indeks i srednja apsolutna greška. Broj vozila na mreži kalibrisan je na automatske brojače saobraćaja, podatke sa naplatnih stanica i kontrolna brojanja.

Kako su vozila na automatskim brojačima klasifikovana prema kategorijama, a i samo istraživanje je sprovedeno po identičnoj klasifikaciji, postupak kalibracije izvršen je posebno za svaku od kategorija vozila kako bi bila dobijena preciznija raspodela svih kategorija vozila na analiziranoj mreži (putnički automobil, lako teretno vozilo, teretno vozilo, autovoz, autobus). Postupak pojedinačne kalibracije pokazao se kao još jedna od mera koje su doprinele preciznoj raspodeli na deonicama na kojima ne postoje automatski brojači, uzimajući u obzir nedostatak lokacija za kalibraciju, odnosno nedostatak automatskih brojača.

Prilikom definisanja tolerancija u okviru procesa kalibracije, odnosno dozvoljenog odstupanja od željenih vrednosti saobraćaja na deonicama, dodeljene su različite vrednosti za različite kategorije vozila. Razlog toga je varijacija u opsezima broja vozila za različite kategorije koje se javljaju na mreži.

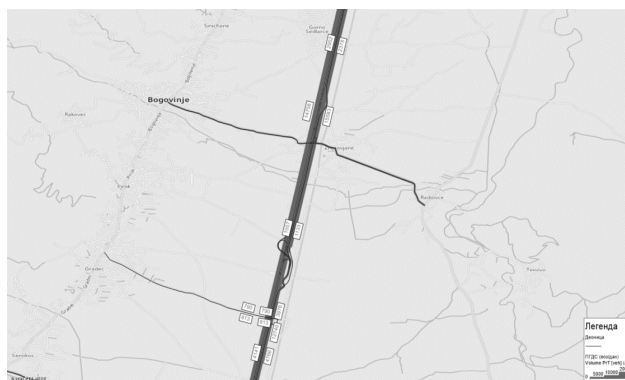
Za prognozu saobraćajnih tokova neophodno je definisati prosečne godišnje stope rasta saobraćaja po osnovnim kategorijama vozila u definisanom planerskom periodu. Na osnovu detaljne i sintezne analize socio-ekonomskih pokazatelja, projekcije makroekonomskog okvira, trenda rasta saobraćaja u prethodnom periodu, kao i vrednosti stopa rasta saobraćaja koje su korišćene u saobraćajnim studijama i studijama opravdanosti zemalja Jugoistočne Evrope, definisane su prosečne stope rasta saobraćaja po petogodišnjim periodima koje odgovaraju, realnom (umerenom) scenariju rasta saobraćaja.

4 ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA I ZAKLJUČCI

Obzirom da je na novoprojektovanoj deonici autoputa planiran i sistem naplate putarine, raspodela saobraćajnih tokova na mreži je sprovedena metodom Tribut Equilibrium, koji je pogodan za modeliranje u slučaju postojanja sistema naplate putarine. Rezultati raspodele saobraćaja na mreži u 2047. prikazani su na narednim slikama.



Slika 5: Raspodela saobraćaja na mreži u 2047. godini – Varijanta 1



Slika 6: Raspodela saobraćaja na mreži u 2047. godini – Varijanta 2

Rezultati dobijeni modelom, predstavljali su osnov za analizu saobraćajnih efekata na posmatranom području uz sprovođenje logičke provere. Dobijenu raspodelu na mreži često je neophodno dodatno kalibrisati, obzirom da makroskopski modeli daju manje precizne rezultate i nisu dovoljno osetljivi da u potpunosti odslikaju realne obrasce kretanja korisnika. Na konkretnom primeru, bilo je neophodno sprovesti dodatna podešavanja kretanja korisnika u zoni grada Gostivara (lokalna kretanja).

Dodatni izazov je bio uporedna analiza varijantnih rešenja, imajući u vidu postojeće stanje i činjenicu da autoputska deonica ima značajno bolje karakteristike sa aspekta eksploatacionih brzina, vremena putovanja, bezbednosti saobraćaja i nivoa usluge u odnosu na planirani paralelni dvotračni put. Raspodela saobraćaja u okviru varijante sa denivelisanom raskrslanicom dovodi do većih pozitivnih saobraćajnih efekata na celokupnoj mreži koja je predmet analize sa aspekta viših vrednosti eksploatacionih brzina, bezbednosti saobraćaja, većeg transportnog rada na autoputskoj deonici sa naplatom putarine, manjeg vremena putovanja na mreži i bolje povezanosti područja. Lokalni teretni saobraćaj koji opslužuje naseljena mesta između Tetova i Gostivara u varijanti bez denivelisane raskrslanice je prinuđen da koristi paralelni put, dok u slučaju varijante sa denivelisanom raskrslanicom ovaj saobraćaj se jednim delom preusmerava na autoputske deonice.

Zaključak funkcionalnih analiza Saobraćajne studije je da postoji saobraćajna potreba za poboljšanjem uslova saobraćaja na potezu Tetovo-Gostivar (E-65) u planiranom inicijalnom periodu analize od 2028. do 2047. godine. Planirani autoput će u navedenom periodu moći da opsluži sve očekivane saobraćajne zahteve na visokom nivou usluge (A-B).

Sumarno, najznačajnija unapređenja sprovedena u okviru formiranja predmetnog transportnog modela odnose se na detaljan postupak definisanja postojećeg stanja, na način da što bliže reprezentuje uslove u stvarnosti. Detaljnom pripremom i sprovođenjem istraživanja, realizacijom kontrolnih brojanja saobraćaja i postupnom kalibracijom vozila, koja je podrazumevala kalibrisanje na pojedinačne kategorije uz definisanje različitih tolerancija (odstupanja) po kategorijama, prevaziđen je ključni nedostatak – mali broj automatskih brojača na mreži i dobijene su vrednosti protoka na deonicama koje odslikavaju kretanja u baznoj 2023. godini – postignuta je konvergencija modela. Dodatna unapređenja modela ogledaju se i u mezoskopskom nivou analize čvorova, u grafičkom i atributivnom smislu, kao i u analizi rapodele saobraćaja uzimajući u obzir detaljne inpute – kapacitete deonica, vrednosti merodavnih protoka, vrednosti slobodnih i eksploatacionih brzina i troškova sistema za naplatu putarine.

LITERATURA

- [1] Saobraćajna studija, Deonica 1 TETOVO-GOSTIVAR (km 35+717.80 – km 53+217.27), Koridor VIII
- [2] Jaspers Appraisal Guidance (Transport), The Use of Transport Models in Transport Planning and Project Appraisal, Avgust 2014.
- [3] PTV Group, Transportation Modelling: Challenges and Solutions

SUMMARY

Challenges in the Process of Developing Transport Models – Case Study – Tetovo-Gostivar (Corridor VIII)

Abstract: The primary task and goal of transport models is to analyze the distribution of current and expected traffic flows on the network, in the best possible way. Transport models are simulation tools used for traffic impact analysis, analysis of project alternatives, environmental impact assessments, feasibility studies, operational planning, as well as testing traffic management measures. Developing a transport model is a complex process that involves a detailed analysis of road design elements and traffic data on the network, before implementation into the software tool. The process of data collection and processing is often more demanding than the simulations themselves, requiring a longer period of time and significantly influencing the quality of the results obtained. A detailed approach to the model development process, the challenges encountered, and suggestions for improving the planning and modeling process are presented in a case study of developing a transport model for the purpose of preparing a Traffic Study for the Tetovo-Gostivar highway.

Key words: transport model, highway, case study

Umjetna inteligencija i budućnost saobraćajnog inženjersva

*Osman Lindov, Univerzitet u Sarajevu, Fakultet za saobraćaj i komunikacije,
Sarajevo, Bosna i Hercegovina, osman.lindov@fsk.unsa.ba*

*Adnan Omerhodžić, Univerzitet u Sarajevu, Fakultet za saobraćaj i komunikacije,
Sarajevo, Bosna i Hercegovina, adnan.omerhodzic@fsk.unsa.ba*

Rezime: U radu su prikazane mogućnosti umjetne inteligencije kao ključnog faktora u oblikovanju budućnosti saobraćajnog inženjersva. Primjena umjetne inteligencije u sektoru saobraćajno-transportnog inženjersva ima potencijal da u mnogome transformiše način na koji se projektuje, upravlja i održavaju saobraćajno-transportni sistemi. Umjetna inteligencija može znatno poboljšati upravljanje saobraćajem kroz algoritme koji analiziraju velike količine podataka u stvarnom vremenu. Algoritmi umjetne inteligencije (mašinskog učenja) se koriste u svrhu prediktivne analitike za anticipiranje potrebe za održavanjem infrastrukture prije nego što dođe do ozbiljnih problema. Također, umjetna inteligencija služi za analizu uzroka saobraćajnih nesreća, te identifikaciju i predikciju opasnih lokacija na putevima. U dobroj mjeri korištenje pojedinih algoritama pomaže u razvoju održivih transportnih rješenja, u kontekstu optimizacije ruta, a time dovodi do smanjenja potrošnje goriva i emisije štetnih gasova.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, upravljanje saobraćajem, održiva saobraćajna rješenja, saobraćajno inženjersvo.

1 UVOD

Logistika, transport i mobilnost ključne su komponente razvoja društva, omogućujući ljudima i robama da se kreću u skladu sa potrebama svakodnevnog života. Izbor načina transporta, bilo da je riječ o automobilima, javnom prijevozu, biciklu ili hodanju, mora biti popraćen adekvatnim mjerama bezbjednosti kako bi se spriječile nezgode i ozljede. Bezbjednost u saobraćaju postala je globalno pitanje od kritične važnosti, sa milionima saobraćajnih nezgoda koje se događaju svake godine, uzrokujući značajne ljudske i ekonomske gubitke. Smrtni slučajevi na putevima i dalje predstavljaju ozbiljan društveni problem, te pronalaženje efikasnih rješenja za njihovo smanjenje postaje prioritet za mnoge zemlje.

Umjetna inteligencija donosi neusporedivu svestranost u logističku i transportnu industriju, omogućujući napredne pristupe u optimizaciji putnih mreža, otkrivanju potencijalnih nedostataka u dizajnu i provođenju inspekcija. Umjetna inteligencija također nudi nove načine za poboljšanje saobraćajne bezbjednosti, kroz inteligentne sustave upravljanja saobraćajem, prediktivno održavanje, autonomna vozila, predviđanje i prevenciju nezgoda, te sisteme pomoći vozaču. Integracijom umjetne inteligencije u saobraćajne mjere, moguće je značajno smanjiti broj nezgoda i smrtnih slučajeva, čineći drumski saobraćaj bezbjednim i sigurnim za sve učesnike. [1]

Mobilnost se ne odnosi samo na fizičko premještanje, već i na pristup različitim načinima prijevoza i kvalitetu tih opcija. Rješenja za mobilnost, potpomognuta tehnologijama umjetne inteligencije, omogućavaju pojedincima i organizacijama da slobodno pristupaju informacijama i dijele podatke sa bilo koje lokacije, koristeći razne uređaje. Održiva mobilnost obuhvata aspekte čiste, sigurne i uključive mobilnosti, čime doprinosi privrednom razvoju i smanjenju ekoloških utjecaja.

Sigurnost saobraćaja u okviru održive mobilnosti temelji se na principu kontinuiranog unapređenja, pri čemu je stalna prilagodba ključna za dugoročno očuvanje sigurnosti. Umjetna inteligencija može značajno doprinijeti ovom procesu, omogućavajući efikasno praćenje, analizu i optimizaciju sigurnosnih mjera u realnom vremenu. To se postiže integracijom tehnologija koje podržavaju bezbjednost saobraćajnog sistema i smanjuju ovisnost o pojedinačnim radnjama učesnika. Otpornost saobraćajnog sistema ključna je za održavanje normalnog funkcioniranja čak i u uslovima promjena i poremećaja, kao što su ekstremni vremenski uslovi ili veliki incidenti.

Usvajanje tehnologija umjetne inteligencije u transportnom sektoru brzo transformira tradicionalne metode upravljanja i operacija, donoseći značajna poboljšanja u efikasnosti i bezbjednosti saobraćaja. Napredni algoritmi umjetne inteligencije omogućavaju analizu podataka u stvarnom vremenu, što pomaže u predviđanju opasnih situacija i sprječavanju nezgoda. [2]

Ovaj rad istražuje ulogu umjetne inteligencije u unapređenju saobraćajne bezbjednosti, održive mobilnosti i inkluzivnosti, analizirajući kako tehnologije umjetne inteligencije mogu doprinijeti u kreiranju bezbjednijeg, sigurnijeg i pravednijeg saobraćajnog sistema.

2 ODRŽIVI SAOBRAĆAJ I UMJETNA INTELIGENCIJA

Izgradnja održivih gradova imperativ je prema zelenijoj budućnosti pogodnijoj za život. Integracijom zelene infrastrukture, davanjem prioriteta pješačkim mogućnostima i vožnji biciklom, implementacijom pametnih sistema upravljanja energijom, prihvaćanjem kompaktnog urbanističkog planiranja, poboljšanjem javnog prijevoza, promicanjem praksi zelene gradnje i uključivanjem sudjelovanja zajednice, gradovi mogu postati uspješna i održiva središta koja daju prioritet dobrobiti ljudi. [3]

Zemlje s visokim dohotkom bilježe porast umjetne inteligencije za upravljanje saobraćajem, pri čemu saobraćajna signalizacija kojom upravlja umjetna inteligencija postaje sve češća, a autonomna vozila, javna i privatna, postupno se integriraju u sisteme javnog prijevoza. Algoritmi umjetne inteligencije uvode se kako bi se poboljšala bezbjednost na putevima, a modeli mašinskog učenja poboljšavaju prediktivno održavanje infrastrukture putne mreže. Kako se fokus na održivost pojačava, umjetna inteligencija će igrati ključnu ulogu u smanjenju utjecaja saobraćaja na okoliš. Od optimizacije protoka saobraćaja radi smanjenja emisija do praćenja i zaštite lokalnih ekosustava na koje utječe saobraćaj, umjetna inteligencija omogućiti će održiviji pristup saobraćajnom inženjeringu.

Rješenja vođena umjetnom inteligencijom mogu značajno doprinijeti razvoju održivih saobraćajnih sistema optimiziranjem korištenja resursa, povećanjem efikasnosti i smanjenjem utjecaja na okoliš. Neka rješenja umjetne inteligencije za održivi saobraćaj su: [4]

1. Pametno upravljanje saobraćajem uključuje optimizaciju saobraćajne signalizacije i predviđanje protoka. Korištenjem umjetne inteligencije, semafori se mogu dinamički

prilagoditi trenutnim saobraćajnim uvjetima, čime se smanjuju gužve i emisije. Osim toga, modeli mašinskog učenja predviđaju obrasce saobraćaja, sugerirajući optimalne rute za smanjenje zastoja i potrošnje goriva.

2. Poboljšanje javnog prijevoza temelji se na dinamičkom planiranju ruta i upravljanju protokom putnika. Analizom podataka u stvarnom vremenu, moguće je prilagoditi rasporede vozila prema potražnji, što smanjuje prazne vožnje i troškove energije. Predviđanje količine putnika dodatno optimizira raspoređivanje vozila, poboljšavajući efikasnost usluge.
3. Optimizacija električnih vozila oslanja se na upravljanje baterijama i pametnim mrežama za punjenje. Tehnologije umjetne inteligencije omogućavaju optimizaciju potrošnje i punjenja baterija, produžujući njihov vijek trajanja. Također, pametno upravljanje stanicama za punjenje pomaže u izbjegavanju vršnih opterećenja i promiče korištenje obnovljive energije.
4. Autonomna vozila koriste umjetnu inteligenciju za odabir energetski najučinkovitijih ruta i upravljanje voznim parkovima. To uključuje minimiziranje nepotrebnog ubrzanja i kočenja, što optimizira potrošnju energije. Upravljanje rasporedom otpreme i održavanja dodatno smanjuje ekološki utjecaj voznih parkova.
5. Planiranje održive mobilnosti u gradovima integrira različite prijevozne opcije u jedinstvenu uslugu, poznatu kao mobilnost kao usluga. Ovo potiče korištenje javnog prijevoza, vožnje biciklom i dijeljenja automobila, smanjujući potrebu za osobnim vozilima. Simulacije urbanističkog planiranja, vođene umjetnom inteligencijom pomažu u dizajniranju gradova sa manjim emisijama i boljim mogućnostima održivog prijevoza.
6. Ekološki prihvatljiva logistika usmjerena je na optimizaciju ruta za teret i prediktivno održavanje vozila. Ove aktivnosti smanjuju udaljenost putovanja i potrošnju goriva, dok održavanje predviđeno na temelju podataka osigurava maksimalnu efikasnost i smanjuje kvarove.
7. Zajednička mobilnost obuhvata optimizaciju dijeljenja vožnje, bicikala i skutera. Povezivanjem putnika sa sličnim rutama smanjuje se broj vozila na putu, dok optimizirana distribucija zajedničkih bicikala i skutera osigurava njihovu dostupnost tamo gdje je najveća potražnja.
8. Praćenje utjecaja na okoliš obuhvata aktivnosti poput praćenja i smanjenja emisija te upravljanja kvalitetom zraka. Umjetna inteligencija omogućava praćenje emisija u stvarnom vremenu, identificira izvore prekomjernih emisija i predlaže mjere za smanjenje onečišćenja.
9. Pametna infrastruktura razvija se kroz adaptivne saobraćajne sisteme i zelene koridore. Ovi sistemi prilagođavaju se stvarnim uslovima, uključujući vremenske promjene, kako bi se održala efikasnost i bezbjednost. Također, zeleni koridori prioritetno podržavaju rute s minimalnim utjecajem na okoliš.

Ova rješenja temeljena na umjetnoj inteligenciji zajedno doprinose stvaranju održivijeg, učinkovitijeg i ekološki prihvatljivijeg saobraćajnog sistema.

3 BEZBJEDNOST U SAOBRAĆAJU I UMJETNA INTELIGENCIJA

Bezbjednost saobraćaja i saobraćajne nezgode predstavljaju globalni društveni problem, što rezultira značajnim ljudskim i ekonomskim gubicima. Korištenje umjetne inteligencije predstavlja obećavajući put za poboljšanje bezbjednosti na putevima kroz inovativne pristupe.

Inicijativa „Umjetna inteligencija za bezbjednost na putevima” pokrenuta 2021. godine, u skladu je sa Rezolucijom Opće skupštine UN-a (UN A/RES/74/299) o poboljšanju globalne bezbjednosti na putevima, u kojoj se ističe uloga inovativnih automobilskih i digitalnih tehnologija. Novom inicijativom poduprijet će se i postizanje UN-ovog cilja održivog razvoja, da se do 2030. prepolovi globalni broj smrtnih slučajeva i ozljeda u saobraćajnim nezgodama, te da se do 2030. godine svima omogući pristup sigurnim, cjenovno pristupačnim i održivim saobraćajnim sistemima. [5]

U nastavku je predstavljeno sedam ključnih područja u kojima se trenutno najviše koriste rješenja umjetne inteligencije za bezbjednost saobraćaja. [6]

Inteligentni sistemi upravljanja saobraćajem (ITMS): Inteligentni sistemi upravljanja saobraćajem koriste umjetnu inteligenciju za praćenje saobraćajnih uslova u stvarnom vremenu, optimizaciju protoka i sprječavanje nezgoda. Pomoću senzora, kamera i algoritama, inteligentni sistemi upravljanja saobraćajem dinamički prilagođavaju saobraćajnu signalizaciju, identificiraju opasnosti i upravljaju incidentima. Ovi sistemi poboljšavaju bezbjednost kroz adaptivnu kontrolu signala, bezbjednost pješaka i upravljanje brzinom, smanjujući gužve i rizik od nezgoda, dok prioritarno tretiraju vozila hitne pomoći, čineći saobraćaj sigurnijim i efikasnijim. [7] [8]

Prediktivno održavanje: Sistemi prediktivnog održavanja vođeni umjetnom inteligencijom unapređuju bezbjednost putne infrastrukture putem rane identifikacije problema, proaktivnog planiranja održavanja, te sprječavanja kvarova. Analizom podataka sa senzora i historijskih zapisa, modeli umjetne inteligencije mogu predvidjeti kada i gdje je potrebno održavanje, produžujući životni vijek infrastrukture i minimizirajući smetnje u saobraćaju. Proaktivni pristup smanjuje rizik od nezgoda uzrokovanih infrastrukturnim kvarovima, povećava otpornost infrastrukture na vremenske uslove i saobraćajna opterećenja, te smanjuje ukupne troškove održavanja. Time se povećava povjerenje javnosti i bezbjednost na putevima. [7] [8]

Autonomna vozila: Autonomna vozila oslanjaju se na umjetnu inteligenciju za percepciju okoline, donošenje odluka i sigurno kretanje, smanjujući rizik od nezgoda uzrokovanih ljudskom pogreškom. Pomoću senzora poput LiDAR-a, radara i kamera, umjetna inteligencija omogućuje vozilima da precizno otkriju objekte i reagiraju u stvarnom vremenu. Prediktivna analitika predviđa potencijalne rizike, dok prilagodljivi sistemi upravljanja optimiziraju performanse u promjenjivim uslovima. Umjetna inteligencija također omogućuje autonomnim vozilima da se brzo i sigurno nose sa hitnim situacijama te osigurava digitalnu bezbjednost. [9] Kako tehnologija napreduje, umjetna inteligencija će igrati ključnu ulogu u održavanju bezbjednosti na putevima.

Predviđanje i prevencija nesreća: Modeli prediktivne analitike vođeni umjetnom inteligencijom analiziraju historijske zapise o nezgodama, vremenske uslove i saobraćajne obrasce kako bi identificirali područja visokog rizika i predvidjeli potencijalne nezgode. Na temelju tih predviđanja, vlasti mogu usmjeriti ciljane intervencije, poput poboljšanja

infrastrukture i kampanja za podizanje svijesti, kako bi spriječili nezgode i spasili živote. Umjetna inteligencija omogućuje donošenje odluka u stvarnom vremenu, od dinamičkih ograničenja brzine do automatiziranih hitnih odgovora, čime se značajno poboljšava bezbjednost na putevima. [10] [11] Korištenjem analitike predviđanja i prevencije nesreća, saobraćajni stručnjaci i nadležne institucije mogu proaktivno identificirati područja visokog rizika i provesti ciljane intervencije kako bi se smanjila pojava saobraćajnih nezgoda i poboljšala bezbjednost na putevima. [10]

Sistemi pomoći vozaču: Sistemi pomoći vozaču temeljeni na umjetnoj inteligenciji, poput upozorenja o napuštanju trake, prilagodljivog tempomata i automatskog kočenja, značajno poboljšavaju bezbjednost u vožnji. Oni prate ponašanje vozača i uslove na putu u stvarnom vremenu, pružajući pravovremena upozorenja i intervencije kako bi spriječili nezgode uzrokovane ometanjem, umorom ili nepromišljenom vožnjom. [12] Ovi sistemi također omogućuju vozilima da rade sa minimalnom ljudskom intervencijom, prilagođavajući brzinu i održavajući sigurnu udaljenost, čime se smanjuje rizik od nezgoda i poboljšava efikasnost saobraćaja.

Optimizacija hitnog odgovora na saobraćajnu nezgodu: Optimizacijom uz pomoć umjetne inteligencije odgovora se na hitne slučajeve i poboljšava bezbjednost na putevima korištenjem tehnologija za učinkovitije upravljanje saobraćajnim nezgodama. Algoritmi umjetne inteligencije analiziraju podatke iz saobraćajnih kamera, senzora i hitnih poziva kako bi otkrili nezgode u stvarnom vremenu i poslali hitne službe na odgovajuću lokaciju. Umjetna inteligencija optimizira rute vozila hitne pomoći, smanjuje vrijeme odziva i poboljšava šanse za spašavanje života. [13] [14] Također pomaže u raspodjeli resursa, predviđa buduće nezgode na temelju historijskih podataka i omogućuje bolju koordinaciju među hitnim službama. [12] Kontinuirano učenje sistema umjetne inteligencije pomaže u poboljšanju budućih odgovora na hitne slučajeve.

Simulacija i osposobljavanje za bezbjednost na putevima: Simulacija i obuka za bezbjednost na putevima koriste umjetnu inteligenciju za kreiranje realističnih virtualnih okruženja u kojima korisnici mogu vježbati svoje vještine u sigurnom okruženju. [3] Simulatori umjetne inteligencije repliciraju stvarne scenarije vožnje, pomažući u razvoju vozačkih vještina kao što su percepcija opasnosti i donošenje odluka. Ovi simulatori također omogućuju interakciju s pješacima i biciklistima, te obuku za hitne situacije kao što su kvarovi. Sistemi obuke prilagođavaju se vještinama korisnika, pružajući personalizirane povratne informacije. Integracija sa naprednim tehnologijama vozila dodatno poboljšava iskustvo obuke, smanjujući rizik od nezgoda i povećavajući bezbjednost na putu. [3]

4 UMJETNA INTELIGENCIJA ZA OTPORAN SAOBRAĆAJ I MOBILNOST

Otpornost se definira kao sposobnost sistema da nastavi funkcionirati na prihvatljivom nivou efikasnosti u suočavanju sa ometajućim ili neočekivanim uslovima. Umjetna inteligencija može povećati otpornost saobraćajnih sistema tako što će ih učiniti prilagodljivijima, osjetljivijima i otpornijima na poremećaje, bilo da su uzrokovani prirodnim katastrofama, kvarovima infrastrukture ili drugim neočekivanim događajima.

Najznačajnija rješenja umjetne inteligencije osmišljena za poboljšanje otpornosti saobraćaja su: [15]

1. Prediktivna analitika i procjena rizika: Koristi umjetnu inteligenciju za predviđanje katastrofa i praćenje infrastrukture. Analizom historijskih podataka u stvarnom vremenu, umjetna inteligencija može predvidjeti prirodne nepogode poput poplava i klizišta, što omogućava preventivno djaelovanje i smanjenje rizika za saobraćaj.
2. Prilagodljivi sistemi upravljanja saobraćajem: Omogućavaju preusmjeravanje vozila u slučaju saobraćajnih nezgoda ili zatvaranja puteva. Koristeći podatke sa kamera i senzora, umjetna inteligencija brzo otkriva incidente, čime ubrzava reakciju i smanjuje zastoje.
3. Otporne mreže javnog prijevoza: Umjetna inteligencija pomaže javnom prijevozu u stvarnom vremenu preusmjeriti vozila, osiguravajući kontinuitet usluge. Također, predviđa poremećaje i optimizira raspored, smanjujući zagušenja i olakšavajući upravljanje masama.
4. Lanac opskrbe i otpornost logistike: Umjetna inteligencija optimizira lanac opskrbe, omogućavajući pronalazak alternativnih ruta u slučaju poremećaja. Intelligentni sistemi za upravljanje zalihama predviđaju prekide i prilagođavaju nivo zaliha, osiguravajući dostupnost kritičnih resursa.
5. Autonomna i povezana vozila: Autonomna vozila koriste umjetnu inteligenciju za prilagodbu ruta u stvarnom vremenu, osiguravajući otpornost na saobraćajne poremećaje. Umjetna inteligencija omogućava komunikaciju između vozila i infrastrukture, čime se poboljšava prilagodba signalizacije i saobraćajnih znakova.
6. Odgovor na hitne situacije: Umjetna inteligencija pomaže u planiranju odgovora na hitne situacije simuliranjem različitih katastrofa. Također, koordinira napore u oporavku nakon katastrofe, prioritetizirajući sanaciju infrastrukture i preusmjeravanje saobraćaja kako bi se ubrzala sankcija.
7. Otpornost na klimatske promjene: Umjetna inteligencija modelira učinke klimatskih promjena na saobraćajne mreže, omogućavajući planiranje otporne i zelene infrastrukture, smanjujući utjecaj klimatskih poremećaja na saobraćaj.
8. Digitalna sigurnost za saobraćajne mreže: Pomoću umjetne inteligencije omogućeno je otkrivanje prijetnji u stvarnom vremenu. Analizom obrazaca digitalnih napada, umjetna inteligencija predviđa buduće prijetnje i osigurava zaštitu saobraćajnih sistema od potencijalnih digitalnih napada.
9. Otporna mobilnost kao usluga: Umjetna inteligencija omogućava fleksibilnost MaaS platformi (Mobility as a service), prilagođavajući se poremećajima i nudeći alternativne opcije putovanja. Također, poboljšava komunikaciju sa korisnicima, pružajući ažuriranja u stvarnom vremenu o promjenama i sigurnim rutama.
10. Integrirano urbanističko planiranje: Umjetna inteligencija pomaže urbanističkom planiranju simulacijom različitih scenarija katastrofa, optimizirajući otpornost saobraćajne infrastrukture. Omogućava dizajn mreža gdje alternativni dijelovi sistema preuzimaju funkcije u slučaju kvarova ili poremećaja.

Ova rješenja temeljena na umjetnoj inteligenciji povećavaju sposobnost saobraćajnih sistema da izdrže poremećaje, odgovore na njih i oporave se od njih, osiguravajući da mobilnost ostane pouzdana i učinkovita čak i u suočavanju sa izazovima.

5 ZAKLJUČAK

Umjetna inteligencija donosi značajne promjene u saobraćajno-transportnom inženjerstvu, revolucionirajući dizajniranje, projektovanje, upravljanje i održavanje saobraćajno-transportne infrastrukture. AI tehnologije, integrirane u saobraćaj, obećavaju znatno poboljšanje bezbjednosti i efikasnosti, čime se postavlja osnova za budućnost u kojoj su saobraćajne nezgode značajno smanjene, a zagušenja efikasno upravljana. U budućim desetljećima, inovacije u umjetnoj inteligenciji imaju potencijal da potaknu značajna poboljšanja u bezbjednosti, efikasnosti, jednakosti i održivosti u saobraćaju. Korištenje umjetne inteligencije može doprinijeti velikoj javnoj koristi, pomažući ključnim subjektima da postignu ambiciozna poboljšanja u upravljanju planiranjem, radom i korisničkim iskustvom prijevoza. Da bi se ostvarili ovi ciljevi, nužna je snažna koordinacija među zakonodavcima, stručnjacima, programerima i drugim ključnim interesnim subjektima. Umjetna inteligencija nudi dosad nezabilježene mogućnosti za unapređenje bezbjednosti saobraćaja kroz inovativne tehnologije i aplikacije. Rješenja vođena umjetnom inteligencijom, poput inteligentnog upravljanja saobraćajem, autonomnim vozilima i prediktivnim analitikama, mogu značajno smanjiti učestalost i težinu nezgoda, čineći puteve bezbjednijim i sigurnijim. Iako umjetna inteligencija donosi značajne prednosti, postoje izazovi koje treba riješiti. Privatnost podataka, etička pitanja i regulatorni okviri predstavljaju ključne aspekte koji moraju biti pažljivo upravljani kako bi se osigurala odgovorna i učinkovita implementacija rješenja umjetne inteligencije. Ovi izazovi zahtijevaju stalno istraživanje i suradnju među interesnim subjektima kako bi se maksimalno povećale prednosti umjetne inteligencije u poboljšanju bezbjednosti na putevima. Kombinacija umjetne inteligencije i mašinskog učenja donosi novu eru u saobraćaju, obećavajući bolju bezbjednost i pametniju kontrolu. Pametni putevi i novi tehnološki trendovi upućuju na to da će putevi biti bezbjedniji kroz brže reakcije na promjenjive uvjete i preciznije upravljanje saobraćajem. Umjetna inteligencija omogućuje analizu podataka i predviđanje rizika u stvarnom vremenu, što doprinosi smanjenju saobraćajnih nesreća i većoj bezbjednosti i sigurnosti zajednica. Usvajanjem umjetne inteligencije i mašinskog učenja, doprinosi stvaranju sigurnijeg svijeta za sve. Ove tehnologije ne samo da poboljšavaju bezbjednost, već redefiniiraju način razmišljanja o saobraćaju, usklađujući se sa globalnim težnjama ka održivosti i smanjenju ugljičnog otiska. U digitalnoj eri, poticaj za bezbjedne puteve dolazi iz inovacija i želje za zaštitom života, postavljajući temelje za budućnost u kojoj će bezbjednost na putevima biti unaprijeđena kroz pametne tehnologije.

LITERATURA

- [1] T. Senthil Vadivu and K. Kannan “Traffic Safety Enhancement Using Artificial Intelligence Techniques: A Review” International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology ICECA 2021, pp1695-1710.
- [2] Satish Kumar, Dushyant Kumar Singh, and Deepak Garg “Artificial Intelligence Techniques for Traffic Management and Road Safety”. International Journal of Scientific research in engineering and management, Volume 07 Issue 05 May – 2023., pp 89-99, DOI: 10.55041/IJSREM22374

- [3] Mujić, A., Edin, G., Lindov, O. (2024). Using Smart Solutions for Creating the Model of Urban Sustainable Mobility. In: Karabegović, I. (eds) *New Technologies, Development and Application VII*. NT 2024. *Advanced Production Processes and Intelligent Systems*, Volume 2, *Lecture Notes in Networks and Systems*, 1070. Springer, ISSN 2367-3370 ISSN 2367-3389 (electronic), ISBN 978-3-031-66270-6 ISBN 978-3-031-66271-3 (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-3-031-66271-3>
- [4] Filho, W. L., Mbah, M. F., Dinis, M. A. P., Trevisan, L. V., Lange, D., Mishra, A., Rebelatto, B., Hassen, T. B., Aina, Y. A (2024): The role of artificial intelligence in the implementation of the UN Sustainable Development Goal 11: Fostering sustainable cities and communities, *Cities*, Volume 150, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105021>
- [5] <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105021>
- [6] Lindov, O., Omerhodžić, A. (2022). Concept of Road Traffic Noise Monitoring in the Function of Environmental and Health Protection. In: Karabegović, I., Kovačević, A., Mandžuka, S. (eds) *New Technologies, Development and Application V*. NT 2022. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 472. Springer, Cham.
- [7] https://doi.org/10.1007/978-3-031-05230-9_77
- [8] AI for Road Safety <https://aiforgood.itu.int/about-ai-for-good/ai-ml-pre-standardization/ai4roadsafety/>
- [9] Smith, A., & Johnson, B. (2020). "Intelligent Traffic Management Systems and Road Safety: A Review of Current Applications and Future Directions." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 112, 102502. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.102502>
- [10] Li, Z., Zhang, Y., Yu, L., & Xiang, Y., "Intelligent Traffic Management System Based on Internet of Things and Cloud Computing" *Journal: IEEE Access* Volume: 6 Publication Date: April 2018, pp 45-57, DOI:10.1109/ACCESS.2018.2824621 URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7763790>
- [11] Koopman, P., & Wagner, M. "Challenges in Autonomous Vehicle Testing and Validation" *Journal: IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine* Volume: 8 Issue: 4, December 2016 DOI: 10.1109/MITS.2016.2613244. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7763790>
- [12] Wang, Y., & Li, Z. Title: "Traffic Accident Prediction Model Based on Improved Convolutional Neural Network" *Journal: Mathematical Problems in Engineering* Volume: 2021. pp 345-367, DOI: 10.1155/2021/5561483. URL:<https://www.hindawi.com/journals/mpe/2021/5561483/>
- [13] Zheng, Y., Dai, Y., & Wang, J. "Real-Time Road Traffic Accident Prediction with Big Data" *Journal: IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* Volume: 20 Issue: 8, August 2019. pp 97-112, DOI: 10.1109/TITS.2018.2879324. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8471860>
- [14] Yeo, H., Lim, S., Park, J., Kim, J., & Ha, T. "Development of a Driver Assistance System for Traffic Safety Enhancement Using Vehicular Ad-Hoc Networks" *Journal: IEEE Transactions on Vehicular Technology* Volume: 67 Issue: 8, August, 156-169, 2018 DOI: 10.1109/TVT.2018.2831079 URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8386639>
- [15] John Doe, Jane Smith, "A Spatio-Temporal Machine Learning Model for Predicting Traffic Accident Hotspots", *Journal/Conference: Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2020, Volume/Issue: Volume 110, Pages: 123-135.

- [16] John Smith, Emily Johnson, "Optimizing Emergency Response to Traffic Accidents Using Geographic Information Systems: A Review", Journal: Accident Analysis & Prevention, 2019, Volume/Issue: Volume 123. Pages: 45-58.
- [17] Petrin, V., Hosterman, H., Juliana, A., Moore, C., Teter, C., Pollack, B. (2024): Resilient Transportation and Mobility Solutions, U.S. Department of Housing and Urban Development, HUD Office of Community Planning and Development, <https://files.hudexchange.info/resources/documents/Climate-Resilience-Implementation-Guide-Resilient-Transportation-and-Mobility-Solutions.pdf>

SUMMARY

Artificial Intelligence and the future of transportation engineering

Abstract: The paper presents the possibilities of artificial intelligence as a key factor in shaping the future of transport engineering. The application of artificial intelligence in the transport engineering sector has the potential to greatly transform the way we design, manage and maintain transport systems. Artificial intelligence can greatly improve traffic management through algorithms that analyze large amounts of data in real time. Artificial intelligence algorithms are used for predictive analytics purposes to anticipate the need to maintain infrastructure before more serious problems occur. Also, artificial intelligence is used to analyze the causes of traffic accidents and identify and predict dangerous locations on the roads. To a good extent, the use of individual algorithms helps in the development of sustainable transport solutions, in the context of route optimization and thus leads to a reduction in fuel consumption and emissions of harmful gases.

Key words: artificial intelligence, traffic management, sustainable traffic solutions, traffic engineering.

Utvrđivanje elemenata kritične saobraćajne infrastrukture

Anđela Čolić, andjelacolic30@gmail.com

Dragana Petrović, Saobraćajni fakultet, Beograd, dragana.petrovic@sf.bg.ac.rs

Vladimir Đorić, Saobraćajni fakultet, Beograd, v.djoric@sf.bg.ac.rs

Ivan Ivanović, Saobraćajni fakultet, Beograd, i.ivanovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Kritična infrastruktura podrazumeva imovinu, sisteme, usluge ili njihov deo čijim bi se prekidom rada ugrozile ključne društvene funkcije i kao takva ima presudan značaj za funkcionisanje celokupnog društva. Zaštita kritične infrastrukture je značajna i aktuelna tema jer su ekstremni vanredni događaji sve učestaliji, raste broj potencijalnih oblika ugrožavanja, a objekti kritične infrastrukture su sve više povezani, međuzavisni i samim tim ranjivi. Funkcionisanje sistema kritične infrastrukture može biti ugroženo širokim spektrom pretnji koje se mogu razvrstati u: klimatske, geološke, biološke, tehnološke i kriminalne. Ovaj rad ima za cilj da ukaže na važnost izučavanja kritične infrastrukture u sektoru saobraćaja, konkretno u drumskom saobraćaju i da ukaže na značaj ove teme u oblasti planiranja saobraćaja i saobraćajne infrastrukture. U radu su predstavljeni pojam i klasifikacija kritične infrastrukture, kao i zakonska regulativa u svetu i u Republici Srbiji. Posebno su prikazane dve metodologije od kojih se jedna bavi identifikacijom kritičnih elemenata infrastrukture drumskog saobraćaja, a druga procenom otpornosti kritične infrastrukture na različite vrste pretnji. Zbog elementarnih nepogoda koje se dešavaju sve češće usled klimatskih promena i u svetu i kod nas, važno je proceniti kritične elemente saobraćajne infrastrukture i zaštititi ih. Sve elementarne nepogode koje su se dogodile u Republici Srbiji kao i njihove posledice sadržane su u Registru rizika od katastrofa. Upravo Registar rizika od katastrofa predstavlja dobru osnovu za procenu kritične saobraćajne infrastrukture jer omogućava mapiranje područja koja su pogođena različitim elementarnim nepogodama i samim tim utvrđivanje i mapiranje kritičnih elemenata saobraćajne infrastrukture.

Ključne reči: planiranje saobraćajne infrastrukture, kritična saobraćajna infrastruktura, uticaj klimatskih promena, elementarne nepogode, Registar rizika od katastrofa

1 UVOD

Kritična infrastruktura odnosi se na imovinu, sisteme, usluge ili njihov deo, čijim bi se delimičnim ili potpunim prekidom rada ugrozile ključne društvene funkcije: zdravlje, mir, bezbednost, ekonomsko i socijalno blagostanje ili normalno funkcionisanje države. Kritična infrastruktura obuhvata širok spektar vitalnih sektora, kao što su saobraćaj, transport, proizvodnja i distribucija energije, informacioni i komunikacioni sistemi, zdravstvene službe, sistemi za snabdevanje vodom i hranom, finansijske službe, državna infrastruktura (agencije, administrativni sektor) itd. [4]

Sa trenutnim trendom globalizacije zajedno sa tehnološkim napretkom, kritične infrastrukture postaju još kompleksnije. [2] Kako je kritična infrastruktura postala važan

segment nacionalne bezbednosti tako je i zaštita kritične infrastrukture počela da se razvija i danas ona predstavlja jedan od glavnih prioriteta svake države. Uočen je deficit znanja i iskustva za rešavanje sve izraženijih problema nastalih kao posledica povećanog ugrožavanja infrastrukturnih sistema u savremenom bezbednosnom okruženju. [3] Tema kritične infrastrukture i njene zaštite i otpornosti predstavlja stalni naučni izazov i inspiraciju za istraživače širom sveta, posebno tokom poslednjih nekoliko godina. [4]

Evropska unija pokrenula je niz inicijativa i istraživačkih programa kako bi se proučili različiti aspekti pretnji i zaštite, kao i uticaj ugrožene i oštećene kritične infrastrukture na sve delatnosti. Pokrenut je „Evropski program za zaštitu kritične infrastrukture“ EPCIP⁶ [4] koji ima za cilj da poboljša zaštitu kritične infrastrukture u Evropi od svih opasnosti između ostalog i kroz dokument „Direktiva o identifikaciji i imenovanju evropske kritične infrastrukture i proceni potrebe za poboljšanjem njihove zaštite“. [1]

U Republici Srbiji se zaštita kritične infrastrukture prvi put pominje 2011. godine. Aktuelni zakoni koji tretiraju kritičnu infrastrukturu su Zakon o kritičnoj infrastrukturi i Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vandrednim situacijama, oba iz 2018. godine. Usvojena je obavezna Metodologija izrade i sadržaja Procene rizika od katastrofa i Planova zaštite i spasavanja, koje lokalne samouprave imaju obavezu da pripreme i usvoje. Godine 2022. doneta je Uredba o kriterijumima za identifikaciju kritične infrastrukture i načinu izveštavanja o kritičnoj infrastrukturi kojom se propisuju kriterijumi za identifikaciju kritične infrastrukture u Republici Srbiji, a član 6 se odnosi na Kriterijume sektora saobraćaja. Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture zaduženo je za identifikaciju i određivanje kritične infrastrukture u sektoru saobraćaja.

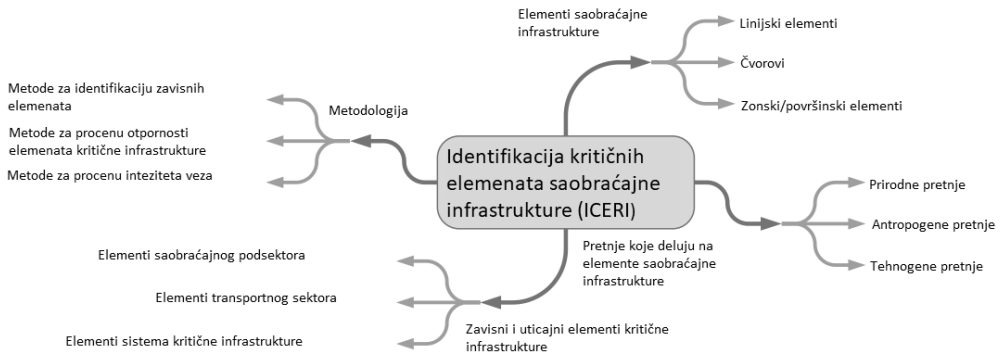
Ipak, utisak je da na nivou lokalnih samouprava, pa ni na nivou Republike Srbije, u praksi još uvek nije u dovoljnoj meri prepoznata važnost identifikacije i mapiranja kritičnih elemenata saobraćajne infrastrukture, kao ni važnost procene otpornosti i jačanja otpornosti pomenutih elemenata.

2 METODE UTVRĐIVANJA ELEMENATA KRITIČNE SAOBRAĆAJNE INFRASTRUKTURE

Razvijeno je nekoliko specifičnih metoda za procenu kritičnih elemenata infrastrukture kopnenog transporta. Neke od ovih metoda imaju za cilj procenu kritičnih elemenata drumskog i železničkog saobraćaja. [5] Dve metode koje su prikazane u nastavku mogu biti primenjene za identifikaciju kritičnih elemenata, kao i za procenu otpornosti elemenata kritične saobraćajne infrastrukture u Republici Srbiji.

Metoda ICERI (Identifying Critical Elements of Road Infrastructure) je posebno kreirana za identifikaciju kritičnih elemenata saobraćajne infrastrukture. Ova metoda analizira širenje uticaja potencijalno prekinutih elemenata drumske infrastrukture na zavisne i uticajne elemente i celokupan sistem kritične infrastrukture – kako unutar tako i izvan podsektora drumskog saobraćaja. [6]

⁶ European Programme on Critical Infrastructure Protection



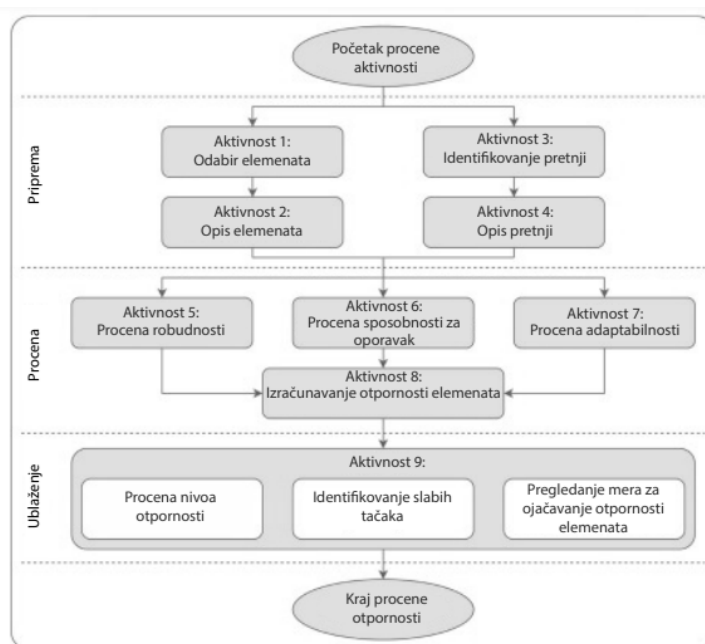
Slika 1. Okvir ICERI metode [6]

Metodologija CIERA (Critical Infrastructure Elements Resilience Assessment) osmišljena je za procenu otpornosti elemenata kritične infrastrukture. Uključuje kompleksnu evaluaciju njihove robusnosti, sposobnosti oporavka funkcionalnosti nakon nastanka iznenadnog događaja i njihove sposobnosti prilagođavanja iznenadnom događaju. Kompleksni pristup takođe uključuje i procenu tehničke i organizacione otpornosti, kao i identifikaciju slabih tačaka radi jačanja otpornosti.

Imperativ je da kritična infrastruktura održi visok nivo pouzdanosti i sigurnosti. Kao rezultat, sistem saobraćajne infrastrukture treba da bude visoko otporan na interne kao i na eksterne pretnje. Otpornost kritične infrastrukture definisana je kao „sposobnost da apsorbuje, prilagodi se i/ili brzo oporavi od potencijalne pretnje”. Otpornost je jedan od ključnih faktora koji doprinosi očuvanju funkcionalnosti podsistema kritične infrastrukture, tj. sektora, podsektora i elemenata. Predstavlja sposobnost ovih podsistema da ublaže intezitet uticaja izazvanih iznenadnim događajima i smanje njihov neuspeh ili prekid.

Otpornost kritične infrastrukture podrazumeva: prevenciju (kontinuirana priprema za buduće događaje koji mogu da izazovu ometanje funkcionisanja), apsorpciju (robusnost, sposobnost podsistema da apsorbuje efekte događaja bez promena u pružanju usluga), oporavak (počinje nakon što efekti događaja koji izaziva smetnje prestanu, pri čemu je cilj podsistema da povrati svoju funkciju na potrebni nivo performansi) i prilagodljivost (prilagoditi korišćenje podsistema mogućem ponavljanju iznenadnog događaja) [7]

Na narednoj slici prikazan je postupak za procenu otpornosti elemenata kritične infrastrukture, koji po CIERA metodologiji uključuje devet aktivnosti. [7]



Slika 2. Postupak za procenu otpornosti elemenata kritične infrastrukture [7]

3 VAŽNOST I MOGUĆNOST UTVRĐIVANJA ELEMENATA KRITIČNE SAOBRAĆAJNE INFRASTRUKTURE U REPUBLICI SRBIJI

Elementarne nepogode sve ozbiljnije ugrožavaju bezbednost savremenog čovečanstva. Poslednjih decenija zabeležen je trend povećanja broja elementarnih nepogoda (poplave, zemljotresi, olujni vetrovi, klizišta, snežne padavine, grad i slično) i njihove destruktivnosti, što za posledicu ima povećanu materijalnu i nematerijalnu štetu i ugrožavanje kritične infrastrukture čime se onemogućava ili ograničava realizovanje vitalnih državnih funkcija. [4]

U Republici Srbiji Procenom rizika od katastrofa identifikuju se vrsta, karakter i poreklo pojedinih rizika od nastupanja katastrofa, stepen ugroženosti, faktori koji ih uzrokuju ili uvećavaju stepen moguće opasnosti, posledice koje mogu nastupiti po život i zdravlje ljudi, životnu sredinu, materijalna i kulturna dobra, obavljanje privrednih i delatnosti javnih službi, ekonomskih i socijalnih aktivnosti.

Svi podaci o rizicima sadržani su u Registru rizika od katastrofa koji predstavlja interaktivnu, elektronsku, geografsko-informacionu bazu podataka za teritoriju Republike Srbije koju vodi Ministarstvo unutrašnjih poslova u saradnji sa nadležnim organima državne uprave, drugim državnim organima i imaojcima javnih ovlašćenja. Registar rizika je javan, osim u pogledu podataka koji uživaju zaštitu po posebnim propisima. [8]

S obizom da u praksi na nivou lokalnih samouprava u Republici Srbiji još uvek nije u dovoljnoj meri prepoznata važnost identifikacije i mapiranja kritičnih elemenata saobraćajne infrastrukture, Registar rizika od katastrofa može biti odlična polazna tačka za realizaciju ove kompleksne analize. Mapiranje saobraćajne infrastrukture koja je istorijski bila ili je potencijalno ugrožena klizištima, poplavama, požarima i zemljotresima može se

izvršiti uporednim prikazom raspoloživih informacija i kartografskih prikaza dostupnih u Registru rizika od katastrofa, socio-ekonomskih podataka i kriterijuma za identifikaciju kritične infrastrukture u sektoru saobraćaja. Na taj način jasno se mogu uočiti i mapirati kritični elementi saobraćajne infrastrukture.

Registar rizika od katastrofa sadrži i lokacije zdravstvenih i obrazovnih ustanova koje su najčešće važne lokacije u periodu vanrednih situacija i periodu oporavka. Na osnovu pomenutih lokacija moguće je utvrditi i važne elemente saobraćajne infrastrukture koji bi služili za eventualnu evakuaciju i omogućili dalje zbrinjavanje stanovnika. Na taj način mogu se jasno utvrditi elementi saobraćajne infrastrukture čija se funkcionalnost mora obezbediti tokom perioda vanrednih situacija.

4 ZAKLJUČAK

Kritična infrastruktura je od velikog značaja za funkcionisanje društva i država. Ovaj rad je imao za cilj da ukaže na važnost izučavanja kritične infrastrukture u drumskom saobraćaju, kao i da prikaže neke od metoda koje se koriste za utvrđivanje elemenata kritične infrastrukture u drumskom saobraćaju. Ugrožavanje kritične infrastrukture kako u celini pa tako i u oblasti drumskog saobraćaja predstavlja stalni naučni izazov i inspiraciju za istraživače širom sveta i upravo zato su razvijene različite metodologije za utvrđivanje kritičnih elemenata. U budućnosti je potrebno veću pažnju posvetiti kritičnoj saobraćajnoj infrastrukturi na nivou lokalnih samouprava, mapirati kritične elemente, proceniti njihovu otpornost i ulagati u prevenciju, prilagođavanje i jačanje otpornosti kritičnih elemenata saobraćajne infrastrukture, kako bi u budućnosti bili otporniji na iznenadne događaje. Generalna preporuka je ulaganje dodatnih sredstava u osposobljavanje stručnih kadrova i timova koji bi uključivali inženjere saobraćajne struke, kako bi na sveobuhvatan način pristupili identifikaciji elemenata kritične saobraćajne infrastrukture i jačanju njihove otpornosti u budućnosti.

LITERATURA

- [1] Giannopoulos, G., Dorneanu, B., Jonkeren, O., Risk Assessment Methodology for Critical Infrastructure Protection, Luxembourg, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2013.
- [2] Jahan, T., Kermanshachi, S., "Dimensions of Resilience Measurement in Critical Transportation Infrastructure", Proceeding of International Conference on Transportation and Development, 2021
- [3] Komarčević, M., Uvod u kritičnu infrastrukturu, beograd, akademska misao, 2018.
- [4] Mićović, M., Specifičnosti kritične infrastrukture u Republici Srbiji, knjiga 42., Beograd, Republika Srbija, Kriminalističko-Policijski Univerzitet, 2020.
- [5] Patrman, D., Splichalova, A., Rehak, D., Onderkova, V., "Factors Influencing the Performance of Critical Land Transport Infrastructure Elements", Proceedings of 13th International Scientific Conference on Sustainable, Modern and Safe Transport (TRANSCOM 2019), Novy Smokovec, Slovak Republic, 2019, pp 1518 – 1524
- [6] Rehak, D., Patrman, D., Brabcova, V., Dvorak, Z., 2020. Identifying critical elements of road infrastructure using cascading impact assessment. Transport 35.3, 300-314.

- [7] Rehak, D., Senovsky, P., Hromada, M., Lovecek, T., 2019a. Complex approach to assessing resilience of critical infrastructure elements. *International Journal of Critical Infrastructure Protection* 25,125-38.
- [8] Zakon o smanjivanju rizika od katastrofa i upravljanju vandrednim situacijama, Službeni glasnik Republike Srbije, br 87/2018

SUMMARY

Identification of critical transport infrastructure elements

Abstract: Critical infrastructure means property, systems, services, or part of them, the interruption of which would endanger key social functions and as such has a crucial importance for the functioning of the entire society. The protection of critical infrastructure is an important and current topic because extreme emergency events are becoming more frequent, the number of potential threats is increasing, and critical infrastructure objects are increasingly connected, interdependent, and therefore vulnerable. The function of critical infrastructure systems can be threatened by a wide range of threats that can be classified into climatic, geological, biological, technological, and criminal. This paper aims to point out the importance of studying critical infrastructure in the transport sector, specifically in road transport, and to point out the importance of this topic in the field of traffic planning and traffic infrastructure planning. The paper presents the concept and classification of critical infrastructure, as well as legal regulations in the world and the Republic of Serbia. In particular, two methodologies are presented, one of which deals with the identification of critical elements of the road traffic infrastructure, and the other with the assessment of the resistance of the critical infrastructure to various types of threats. Due to the natural disasters that are happening more and more often due to climate changes both in the world and in our country, it is important to evaluate the critical elements of the traffic infrastructure and protect them. All natural disasters that occurred in the Republic of Serbia, as well as their consequences, are included in the Disaster Risk Register. The Disaster Risks Register is a good basis for the assessment of critical traffic infrastructure, as it enables the mapping of areas affected by various natural disasters and thus the identification and mapping of critical elements of the traffic infrastructure.

Key words: traffic infrastructure planning, critical transport infrastructure, impact of climate change, natural disasters, Disaster Risk Register

PTV „cloud-based” programi

Zoran Rubinjoni, CEP-Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, rubi@cep.rs

Goran Zimonjić, CEP-Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, goran@cep.rs

Rezime: Za razliku od PTV programa koji funkcionišu po principu desktop instalacija, od skoro su u primeni i „cloud-based” programi kao dodatak dosadašnjoj paleti. PTV Lines je cloud-based softver za javni prevoz koji se koristi za planiranje linija i optimizaciju usluga javnog prevoza. Omogućava planerima i operaterima da oblikuju nove i postojeće rute javnog prevoza, bez zahtevanja ekspertskog znanja u primeni složenih alata za planiranje. Kao planer prevoznih usluga, sa raznih strana dobijate upite u vezi sa problemima sa trenutnom mrežom i dizajnom voznog reda. To može uključivati prenatrpanost, nestabilne transferne veze ili gradilišta koja treba organizovati na vreme, na primer u roku od nekoliko dana, nedelja ili pre objavljivanja rasporeda za sledeću sezonu. PTV Flows je jeftino i jednostavno rešenje za upravljanje saobraćajem. Softver vizualizuje probleme na putnoj mreži na cloud-based platformi i može otkriti ili predvideti neočekivana zagušenja. Automatska upozorenja pomažu saobraćajnim operaterima da proaktivno upravljaju saobraćajem, smanje dužinu kašnjenja, poboljšaju bezbednost i povećaju efikasnost transportnog sistema. PTV Flows omogućava saobraćajnim operaterima da bez napora prate i predviđaju saobraćaj u realnom vremenu. Koristeći mašinsko učenje, najsavremenije algoritme i automatska upozorenja, PTV Flows omogućava gradovima i upravljačima ulične i putne mreže da optimizuju svoje upravljanje saobraćajem bez potrebe za velikim resursima ili složenom infrastrukturom.

Ključne reči: saobraćaj, program, softver, cloud-based

1 UVOD

U današnjem svetu koji se brzo urbanizuje, potražnja za efikasnim i održivim javnim prevozom je važnija nego ikad. Suočavanje sa ovim izazovima zahteva upotrebu sofisticiranih alata koji mogu da pojednostave planiranje mreža javnog prevoza i saobraćaja. Programi PTV Lines i PTV Flows, razvijeni od strane kompanije PTV Group, predstavljaju takav alat koji omogućava planerima transporta da analiziraju, vizualizuju i optimizuju usluge javnog prevoza, kao i da proaktivno upravljaju saobraćajem, smanje kašnjenja, poboljšaju bezbednost i povećaju efikasnost transportnog sistema kroz ekonomično, cloud-based rešenje.

2 PTV LINES [1]

2.1 Šta je PTV Lines?

PTV Lines je program za planiranje javnog prevoza dizajniran da pomogne gradovima, regionima i transportnim operatorima da unaprede svoje usluge javnog prevoza. Nudi

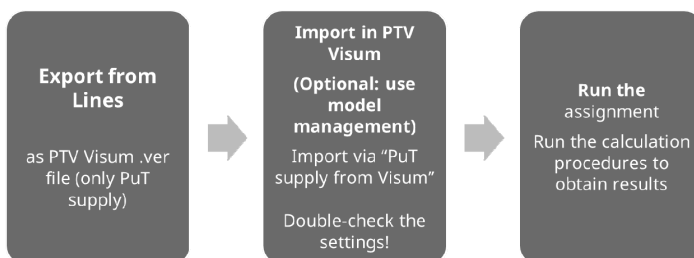
alate za brzo, efikasno kreiranje i procenu transportnih linija, olakšavajući planiranje i prilagođavanje ruta kako bi se zadovoljila trenutna i buduća potražnja.

Jedna od glavnih prednosti PTV Lines je njegova sposobnost jednostavnog modelovanja mreže javnog prevoza. Korišćenjem naprednih algoritama i baza podataka (na primer socijalnih), planeri mogu da vizuelizuju uticaj promena ruta, uvođenje novih linija ili prilagođavanja reda vožnje pre nego što ih primene u praksi, osiguravajući tako otporniji i prilagodljiviji sistem.

2.2 Ključne karakteristike programa PTV Lines

PTV Lines ima širok spektar funkcija koje pojednostavljaju planiranje i analizu transporta:

- Kreiranje linija i reda vožnje: PTV Lines omogućava korisnicima da lako kreiraju i uređuju transportne linije. Od raspoređivanja stanica do definisanja frekvencija i tipova vozila, softver nudi jednostavan interfejs za sve aspekte linije.
- Analiza scenarija: PTV Lines omogućava modelovanje više scenarija, kao što je uvođenje novih linija, prilagođavanje postojećih ruta ili prilagođavanje promenama u broju stanovnika. Planiranje različitih scenarija pomaže u proceni uticaja različitih odluka pre nego što se angažuju resursi.
- Integracija sa drugim PTV proizvodima: Program se lako integriše sa drugim PTV programima kao što je PTV Visum, poboljšavajući ukupne mogućnosti modelovanja prevoza. Ova interoperabilnost omogućava planerima da imaju sveobuhvatan pregled kako javnog prevoza, tako i šireg saobraćajnog sistema.



Slika 1: Algoritam izvoza podataka iz PTV Lines u PTV Visum [2]

- Saradnja u cloudu: Kao alat zasnovan na cloudu, PTV Lines podstiče saradnju među članovima tima. Više korisnika može raditi na istom projektu, deliti podatke i ažurirati ih u realnom vremenu, što vodi boljoj koordinaciji i efikasnijem planiranju.

2.3 Ključni primeri upotrebe PTV Lines

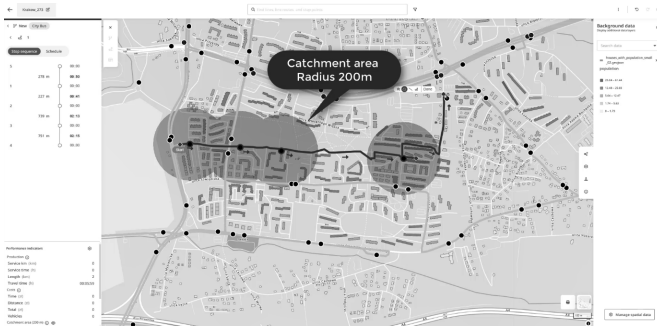
2.3.1 Projektovanje mreže javnog prevoza

PTV Lines se izdvaja u pomoći gradovima i regionima u projektovanju i optimizaciji mreža javnog prevoza. Gradske uprave mogu koristiti softver za dizajniranje novih autobuskih ili tramvajskih linija na osnovu trenutne potražnje i prognoza rasta. Na primer, gradovi koji doživljavaju brzi rast stanovništva mogu da koriste PTV Lines za modelovanje

novih ruta koje opslužuju proširena predgrađa, pomažući u ublažavanju pritiska na postojeću infrastrukturu. Evaluacijom alternativa, planeri mogu odabrati najefikasnija rešenja koji zadovoljavaju i operativne i korisničke potrebe.

2.3.2 Optimizacija postojećih transportnih usluga

Gradovi sa uspostavljenim sistemima javnog prevoza suočavaju se sa izazovom optimizacije usluga kako bi se nosili sa promenljivom potražnjom putnika, saobraćajnim gužvama ili promenama u demografiji. PTV Lines omogućava planerima da analiziraju trenutne performanse i donose odluke zasnovane na podacima za poboljšanje pouzdanosti usluge, frekvencije i efikasnosti ruta.



Slika 2: PTV Lines interfejs – pokrivenost prostora linijom, prema nameni površina i gustini stanovanja u radijusu od 200 m – primer iz Krakova, Poljska [1]

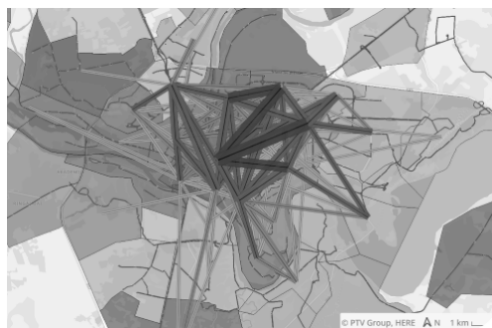
Na primer, grad može otkriti da su određene autobuske linije često pretrpane tokom špica, dok su druge nedovoljno iskorišćene. Analizom podataka o protoku putnika, PTV Lines može predložiti prilagođavanje reda vožnje ili ruta, optimizujući raspodelu resursa i poboljšavajući ukupno iskustvo putnika.



Slika 3: Interfejs PTV Lines – pokrivenost prostora linijama javnog prevoza, prema trajanju putovanja – primer iz Napulja, Italija [1]

U težnji da smanje emisiju štetnih gasova i unaprede javni prevoz, gradovi često postavljaju za cilj povećanje broja korisnika javnog prevoza, bez velikih ulaganja u dodatno osoblje, obuke i iskustvo.

Primer iz Kaunasa, Litvanija, pokazuje kako su analizirane rute trolejbusa br. 1 i autobusa br. 46 koristeći PTV Lines. Ove dve linije dele istu rutu kroz naselje Panemunė, a kroz centralni deo grada, prolaze sa oko 20 postojećih autobuskih linija. Ovo je dovelo do neadekvatne usluge za putnike. Provereni su različiti scenariji i izabran najkorisniji.



Slika 4: OD matrica, kreirana pomoću softvera PTV Lines- primer iz Kaunasa, Litvanija [3]



Slika 5: Preklapanje autobuskih linija u centru- primer iz Kaunasa, Litvanija[3]

Kao rezultat, skraćena je ruta linije 46 tako da sada ide samo do Panemunė. Upoređujući je sa prvobitnom rutom, uštedelo se na kilometrima a to je iskorišćeno za prilagođavanje reda vožnje linije 1. Takođe je linija 46 preusmerena kroz druge ulice kako bi se minimiziralo njeno preklapanje sa drugim linijama.



Slika 6: Preklapanje prethodnih trasa linija 46 i 1 – primer iz Kaunasa, Litvanija [3]



Slika 7: Nove trase linija 46 i 1 – primer iz Kaunasa, Litvanija [3]

2.3.3 Uvođenje novih tehnologija transporta

Sa porastom inovativnih tehnologija transporta, kao što su autonomni autobusi ili flote električnih vozila, mreže javnog prevoza moraju da se prilagode. PTV Lines može modelovati integraciju ovih novih tehnologija u postojeće sisteme, omogućavajući gradskim upravama da procene njihov potencijalni uticaj i prilagode operativne strategije u skladu s tim.

Na primer, grad koji planira uvođenje flote električnih autobusa mogao bi simulirati efekte različitih rasporeda punjenja i lokacija depoa. Testiranjem različitih scenarija, planeri mogu obezbediti uspešnu implementaciju nove tehnologije uz minimalne smetnje postojećim uslugama.

2.3.4 Planiranje transporta kod organizovanih događaja

Veliki događaji, kao što su koncerti, sportske igre ili festivali, zahtevaju privremena prilagođavanja usluga javnog prevoza. PTV Lines može pomoći transportnim operatorima da modeluju i primene transportne planove specifične za konkretan događaj kako bi se zadovoljila iznenada povećana potražnja putnika.

Na primer, grad koji je domaćin velikog sportskog događaja može da koristi PTV Lines za dizajniranje privremenih autobuskih ruta, modifikovanje redova vožnje i povećanje frekvencije vozila kako bi se obezbedio nesmetan transport učesnika do i od mesta događaja. Ovo planiranje pomaže u izbegavanju prenatrpanosti i obezbeđuje besprekorno iskustvo za posetioce događaja.

2.4 Prednosti PTV Lines-a za transportne operatore

2.4.1 Uštede troškova

Efikasno planiranje javnog prevoza može značajno smanjiti troškove. PTV Lines može pomoći operatorima da identifikuju i eliminišu neefikasnosti u svojim transportnim mrežama, kao što su redundantne rute ili nedovoljno iskorišćene usluge. Optimizacijom ruta i reda vožnje, operatori mogu da smanje troškove goriva, održavanja i bolje iskoriste svoj vozni park.

2.4.2 Povećano zadovoljstvo putnika

Optimizujući rute, smanjujući vreme čekanja i poboljšavajući pouzdanost usluge, PTV Lines poboljšava celokupno iskustvo putnika. Putnici imaju koristi od kraćeg vremena putovanja, udobnijeg putovanja i manje prekida. Ovaj poboljšani kvalitet usluge može dovesti do povećanja broja putnika, što zauzvrat povećava prihod prevoznika.

2.4.3 Donošenje odluka na bazi podataka

PTV Lines pruža važne podatke koji pomažu u donošenju boljih odluka. Bilo da se radi o razumevanju obrazaca putovanja putnika, oceni novih ruta ili uticaju promena politika, PTV Lines daje informacije koje su ključne za donošenje strateških odluka.

3 PTV FLOWS [4]

3.1 Zašto je program PTV Flows pogodan?

- U paketu se dobijaju program i podaci: Sve potrebne mape i podaci su uključeni u paket i automatski se ažuriraju.
- Isplativo rešenje: Program se plaća prema broju km ulične mreže, broju korisnika, KPI koji su potrebni – nije potreban skup hardver ili infrastruktura.
- Nije potrebna instalacija: PTV Flows je baziran na oblaku, koji se samostalno ažurira.
- Nema potrebe za ručnim praćenjem: Program radi u pozadini i automatski obaveštava operatera o trenutnim ili predstojećim incidentima.
- Preduzima blagovremene korake: Korišćenjem tehnologije mašinskog učenja i pametne prognoze za proaktivno upravljanje saobraćajem.

3.2 Ključne funkcije

3.2.1 Samoažurirajuće prognoze saobraćaja

Kratkoročne prognoze saobraćaja su ključne za upravljanje saobraćajem. PTV Flows daje predikcije za sledećih 60 minuta, što pomaže operaterima da bolje upravljaju protokom saobraćaja. Sistem se ažurira svake nedelje koristeći istorijske podatke i veštačku inteligenciju za tačne prognoze.

3.2.2 Automatsko predviđanje i upozorenja

PTV Flows automatski i prediktivno šalje upozorenja koja pomažu da se izbegnu problemi sa saobraćajem, štedeći vreme i resurse. Automatizacijom praćenja smanjuje potrebu za ljudskom intervencijom, omogućavajući operaterima da se fokusiraju na hitne zadatke.

Automatska obaveštenja putem e-pošte obezbeđuju da svi relevantni učesnici budu pravovremeno informisani i mogu se prilagoditi individualnim potrebama, uključujući ažuriranja nakon rešavanja problema.

3.2.3 Prilagodljivost i Fleksibilnost

PTV Flows se prilagođava potrebama operatera, prateći sve od ulica do celih regiona, i skalabilan je kako se fokus menja.

Personalizovana KPI upozorenja pružaju detaljne uvide prilagođene koridorima ili područjima, podržavajući pravovremeno donošenje odluka. Opcije za izvoz podataka i API integracija poboljšavaju analizu i integraciju sistema.

3.3 Primena PTV Flows

Upravljanje saobraćajem je ključno za očuvanje efikasnosti i sigurnosti na putevima. Moderan pristup saobraćaju podrazumeva i korišćenje napredne tehnologije gde PTV Flows nalazi svoju primenu.

3.3.1 Mreža Auto puteva

Autoputevi predstavljaju najviši rang u mreži. Za nadležne upravljače, definisani su pokazatelji performansi mreže koji omogućavaju praćenje stanja i efikasnosti svih glavnih pravaca. Ovi pokazatelji pomažu u identifikaciji problema i mogućim poboljšanjima. Uz pomoć prediktivnih upozorenja o gužvama, saobraćajni operateri mogu prepoznati potencijalne zagušenja pre nego što nastanu, omogućavajući pravovremeno preusmeravanje saobraćaja. Takođe, aktivacija rezervisanih traka na osnovu predviđenih vremena putovanja pomaže u održavanju neometanog toka saobraćaja, čak i u najprometnijim trenucima.

3.3.2 Centar za upravljanje saobraćajem

Saobraćaj se prati i prognozira za celu mrežu. Sveobuhvatno praćenje omogućava pravovremeno reagovanje na promene u saobraćaju. Upravljački centar koristi automatska upozorenja koja se šalju korisnicima, kao što su znakovi sa izmenjivim sadržajem (VMS), kako bi svi učesnici u saobraćaju bili informisani o trenutnoj situaciji. Takođe, pravovremeno obaveštavanje relevantnih aktera, poput policije, omogućava brzu reakciju na saobraćajne nezgode ili druge incidente.

3.3.3 Gradilišta

Praćenje gradilišta je postalo integralni deo sistema. Svako gradilište u gradu se prati u realnom vremenu pomoću KPI-eva, što omogućava procenu uticaja na saobraćaj. Ovaj sistem pomaže u praćenju gužvi oko gradilišta, što omogućava pravovremeno obaveštavanje i prilagođavanje saobraćaja kako bi se minimizirao uticaj radova na svakodnevna kretanja u saobraćaju.

3.3.4 Pre/Post analize

PTV Flows prati varijacije KPI pre i posle bilo kakvih intervencija, poput radova na putevima ili promena u signalizaciji. Ovaj alat omogućava operaterima da sagledaju kako ove promene utiču na saobraćaj i identifikuju moguće probleme ili poboljšanja. Trenutno, korisnici moraju da preuzmu podatke kako bi izvršili analize, ali je u planu dodavanje funkcionalnosti za istorijsku analizu kako bi se olakšalo pregledanje prethodnih podataka i donošenje odluka na osnovu dugoročnih trendova.

3.3.5 Praćenje događaja

Tokom velikih događaja, kao što su kongresi, sajmovi, sportski događaji i na ključnim čvorištima poput aerodroma, teretnih terminala, zahteva se posebna pažnja kako bi se osigurala dobra povezanost i informisanje o dostupnosti prevoza.

Za ovakve prilike, PTV Flows omogućava praćenje saobraćaja i obaveštavanje ljudi o dostupnosti i pristupu različitim lokacijama. Ovo pomaže organizatorima da unaprede planiranje i operativne aspekte događaja, kao i da obezbede da svi učesnici imaju tačne informacije o tome kako da stignu do i sa mesta događaja.

4 ZAKLJUČAK

Kako gradovi i regioni nastoje da stvore efikasnije, održivije i korisnicima prilagođene uslove u saobraćaju, alati kao što su PTV Lines i PTV Flows postaju neophodni. Moćne karakteristike programa, omogućavaju planerima transporta da projektuju i optimizuju saobraćaj u gradu i mreže linija koje zadovoljavaju potrebe i operatora i vozača. Sa dokazanim rezultatima u različitim primenama, ovakvi programi predstavljaju sve važniji alat za saobraćaj u gradovima širom sveta, pomažući im da stvore otpornije i efikasnije sisteme prevoza koji poboljšavaju mobilnost za sve.

LITERATURA

- [1] <https://www.ptvgroup.com>
- [2] <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-lines>
- [3] <https://blog.ptvgroup.com/en/city-and-mobility/how-to-increase-public-transport-usage-with-ptv-lines/>
- [4] <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-flows>

SUMMARY

PTV cloud-based programs

Abstract: In contrast to PTV programs that function according to the principle of desktop installations, "cloud-based" programs have recently been in use as an addition to the existing palette. PTV Lines is a cloud-based public transport software used for route planning and optimization of public transport services. It allows planners and operators to shape new and existing public transport routes, without requiring expert knowledge in the application of complex planning tools. As a transport service planner, you receive inquiries from various quarters regarding problems with the current network and timetable design. These may include overcrowding, unstable transfer links or construction sites that need to be organized in time, for example within days, weeks or before the release of the next season's schedule. PTV Flows is a cheap and simple traffic management solution. The software visualizes problems on the road network on a cloud-based platform and can detect or predict unexpected congestion. Automatic alerts help transport operators to proactively manage traffic, reduce the length of delays, improve safety and increase the efficiency of the transport system. PTV Flows enables traffic operators to effortlessly monitor and forecast traffic in real time. Using machine learning, state-of-the-art algorithms and automatic alerts, PTV Flows enables cities and street and road network managers to optimize their traffic management without the need for large resources or complex infrastructure

Key words: traffic, program, software, cloud-based.

Planiranje održive urbane mobilnosti u Beogradu

Snežana Dimitrijević, *dis*, CEP Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, dimitris@cep.rs

Zoran Rubinjoni, *dis*, CEP Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, rubi@cep.rs

Goran Zimonjić, *dis*, CEP Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, goran@cep.rs

Rezime: Planiranje urbane mobilnosti predmet je intenzivne političke i planerske rasprave u mnogim gradovima sveta. Planom održive urbane mobilnosti Beograda predviđen je transportni plan za sledećih deset godina i postavljene su osnove za transformaciju transportnog sistema grada koja će biti izazov kako za planere, tako i za donosiocel odluka u narednim decenijama. Analizirani su različiti aspekti saobraćajnog planiranja i planova transporta i na inovativan i interdisciplinarn način uočeni postojeći i budući trendovi razvoja transportnog sistema. Održivi sistem urbane mobilnosti promeniće trendove u urbanističkom planiranju jer zahteva kompaktnija naselja i sadržaje na pešačkoj ili biciklističkoj udaljenosti – ulice sa širokim trotoarima i biciklističkim stazama su atraktivnije za šetnju, hodanje i vožnju bicikla i doprinose gradskom okruženju u kojem žive ljudi. S druge strane, razvijen sistem javnog transporta putnika, sa dominantnim visokokapacitativnim podsistemima, obezbediće visok nivo usluge u javnom prevozu i doprineti povećanju učešća javnog prevoza u ukupnom obimu dnevnih kretanja, uprkos porastu kupovne moći građana koje za posledicu ima povećanje stepena motorizacije. Planom održive urbane mobilnosti postavljeni su ambiciozni ciljevi za razvoj održivog transportnog sistema Beograda, date mere i koraci koje treba preduzeti u narednih deset godina kako bi se ciljevi dostigli. Plan je proizvod intenzivne saradnje stručne javnosti, sveobuhvatnog i kontinuiranog učešća građana, raznih udruženja, gradske i opštinskih administracija, javnih i javno-komunalnih preduzeća i ostalih zainteresovanih strana koji su prepoznali održivu urbanu mobilnost kao bitan element za razvoj grada.

Ključne reči: saobraćaj, održiva urbana mobilnost, planiranje

1 UVOD

Transportna sredstva i transportna infrastruktura, kao osnovni elementi transportnog sistema, oduvek su pratili razvoj gradova, nauke i tehnologije. Osavremenjavanje transportnih sredstava zahtevalo je i razvoj transportne infrastrukture. Razvoj naselja kroz istoriju, zahtevao je i odgovarajuća sredstva transporta, od pojedinačnih do masovnih sredstava transporta ljudi i dobara. Razvojem gradova, rastojanja u njima i između njih su se povećavala kao i potreba za obezbeđivanjem uslova za sve veći i veći stepen motorizacije na mreži saobraćajnica. Gradovi se prilagođavaju potrebama automobila, a ne potrebama ljudi koji žive u njemu. Da bi se taj proces zaustavio potrebna je promena u pristupu planiranja gradova. Dosadašnji model urbanističkog planiranja (čiji značajan

segment predstavlja i planiranje saobraćaja) zasniva se na praćenju trenda rasta stepena motorizacije.

2 PLANIRANJE ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI

Planovi održive urbane mobilnosti (POUM – Plan održive urbane mobilnosti // SUMP – Sustainable Urban Mobility Plan) pružaju efikasniji način rešavanja saobraćajnih i urbanističkih problema u gradovima. Nadovezuju se na postojeću praksu i zakonske okvire država članica EU, a njihove osnovne karakteristike su: participativni pristup; obaveza održivosti; integralni pristup; jasna vizija, svrha i merljivi ciljevi; revizija saobraćajnih troškova i koristi, itd.

U procesu planiranju održive urbane mobilnosti polazi se od stanovišta da je potrebno menjati navike, zahteve za kretanjem i njihovu realizaciju usmeravanjem na korišćenje javnog prevoza, bicikala, pešačenja i drugih vidova prevoza (mikromobilnost i sl.).

Već nekoliko decenija planiranje urbane mobilnosti je predmet intenzivne političke i planerske rasprave u mnogim gradovima sveta. Planovima održive urbane mobilnosti obezbeđuje se transportni plan za dugoročni period i uspostavlja osnova za transformaciju transportnog sistema grada. Očekivanja su da sistem urbane mobilnosti promeni i trendove u urbanističkom planiranju jer zahteva kompaktnija naselja i sadržaje na pešačkoj ili biciklističkoj udaljenosti.

Doprinos kvalitetu gradskog okruženja treba da budu ulice sa širokim trotoarima i biciklističkim stazama koje su atraktivnije za šetnju, hodanje i vožnju bicikla. Razvijen sistem javnog transporta putnika, sa značajnim učešćem visokokapacitativnih podsistema, obezbeđuje viši nivo usluge u javnom prevozu i doprinosi da se učešće javnog prevoza u ukupnom obimu dnevnih kretanja poveća, i na taj način obezbedi smanjenje stepena motorizacije.

Plan održive urbane mobilnosti je inovativni način planiranja gradskog transportnog i urbanog sistema koji na održiv način zadovoljava, prvenstveno, potrebe ljudi. Ciljevi takvog planiranja transportnog sistema su pristupačnost odredištu i uslugama, povećanje bezbednosti saobraćaja, smanjenje efekata staklene bašte i potrošnje fosilnih goriva, atraktivnost gradskih sadržaja, povećanje kvaliteta života, zdravija životna sredina i smanjeni negativni uticaji na zdravlje ljudi. Održiva mobilnost podrazumeva aktivno zalaganje za promenu načina urbanističkog i saobraćajnog planiranja, vidova kretanja, navika i ponašanja ljudi u cilju smanjenja negativnih posledica po društvo, ekologiju i ekonomiju, kao što su: zagađenje vazduha, koje rezultira klimatskim promenama, buka, saobraćajna zagušenja, saobraćajne nezgode, degradacija urbanih sredina (smanjenje prostora za pešake usled povećanja izgrađenosti prostora i stepena motorizacije), ekspanzija zemljišta, itd. Za razliku od tradicionalnog pristupa urbanističkog i saobraćajnog planiranja, planovi održive urbane mobilnosti stavljaju poseban naglasak na uključivanje i učešće građana i ostalih subjekata, kroz usklađivanje odluka u različitim sektorima: saobraćaj, prostorno i urbanističko planiranje, privredni razvoj, društvene delatnosti, zdravlje, bezbednost, energija, itd.

Transport je održiv onda kada je pristupačan i kada postoje mogućnosti za: alternativne i druge vidove prevoza, integraciju sistema javnog transporta putnika, infrastrukturu za biciklistički saobraćaj i pešačenje – a sve u cilju smanjenja saobraćajnih gužvi i veće zaštite ljudi i životne sredine. Sa aspekta zaštite životne sredine, održiva mobilnost

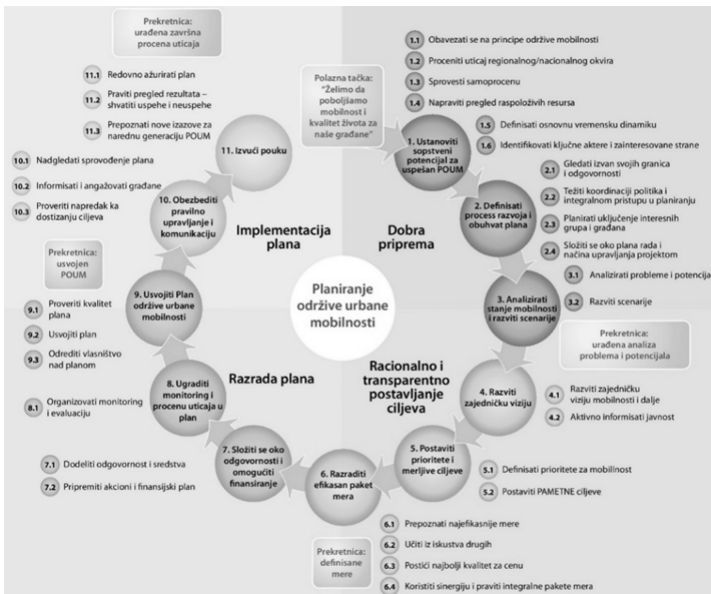
podrazumeva smanjenje zagađenja i buke, dok sa ekonomskog aspekta podrazumeva smanjenje troškova za korišćenje javnog prevoza, individualno ili masovno.

2.1 Metodologija planiranja održive urbane mobilnosti

Metodologija izrade Plana održive urbane mobilnosti za grad Beograd, kao i sam sadržaj plana, su usklađeni sa smernicama Evropske unije, definisanim u okviru „Guidelines – Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan”. Planovima održive urbane mobilnosti obezbeđuju se uslovi i smernice za transformaciju transportnog sistema iz klasičnog, primarno prilagođenog putničkom automobilu u transportni sistem prilagođen održivim oblicima saobraćaja – pešačenju, biciklizmu, javnom prevozu, prevozu u ekološki prihvatljivim vozilima, mikromobilnosti, itd. Na taj način moguće je ostvariti pozitivan učinak na ukupno urbano okruženje i grad učiniti ugodnijim za život i boravak njegovih građana, posetilaca, turista.

Cilj planiranja održive urbane mobilnosti je stvaranje održivog transportnog sistema u gradu pomoću:

- obezbeđivanja dostupnosti i pristupačnosti svima,
- poboljšanja bezbednosti svih učesnika u saobraćaju,
- smanjenja zagađenja, emisija gasova staklene bašte i potrošnje energije,
- povećanja efikasnosti i ekonomičnosti u transportu ljudi i dobara,
- povećanja atraktivnosti i kvaliteta urbanog okruženja, itd.



Slika 1: Proces planiranja plana održive urbane mobilnosti

Plan održive urbane mobilnosti je strateški plan koji se nadovezuje na postojeću praksu u prostornom i urbanističkom planiranju i uzima u obzir integracijske, participacijske i evaluacijske principe kako bi zadovoljio postojeće i buduće potrebe stanovnika gradova za mobilnošću, i osigurao viši kvalitet života u gradovima.

Strategija planiranja održive urbane mobilnosti treba da obezbedi:

- promenu načina putovanja,
- subvencionisanje i poreske olakšice kao stimulativne i represivne mere za odgovarajući izbor načina putovanja,
- uspostavljanje elektromobilnosti u svrhu što „čistijeg“ automobilskog saobraćaja,
- gušću, fleksibilniju i sa višim nivoom usluge mrežu javnog gradskog transporta,
- uspostavljanje multimobilnosti (car shering, car pushing, i sl.),
- uspostavljanje ekomobilnosti u svrhu zaštite životne sredine,
- smanjenje saobraćajnih zagušenja na kritičnim deonicama ulične mreže.

Na Konferenciji Ujedinjenih nacija o stanovanju i održivom urbanom razvoju (Habitat III) od 17. do 20. oktobra 2016. godine u Kitu, usaglašena je Nova urbana agenda koju je usvojila Generalna skupština Ujedinjenih nacija 23. decembra 2016. godine. Primena principa Nove urbane agende u izradi Planova održive urbane mobilnosti, planerima daje smernice da spektar znanja, iskustava, spoznaja i podataka implementiraju u razvoju strategije održivog transportnog sistema.

3 PLAN ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI BEOGRADA

Prateći savremene trendove i grad Beograd je uradio Plan održive urbane mobilnosti – POUM. Naručilac i korisnik POUM Beograda je Gradski sekretarijat za saobraćaj, a Plan je realizovao multidisciplinarni tim saobraćajnih i urbanističkih eksperata.

Plan održive urbane mobilnosti je baziran na trendovima evropske održive mobilnosti, zasnovan na naučnim i stručnim saznanjima iz oblasti urbanističkog i saobraćajnog planiranja i opšte primenljivih stručnih pravila. Radi se primenom postojećih planerskih metodologija uzimajući u obzir mogućnosti integracije, participacije i evaluacije.

Vizija u sprovođenju održive saobraćajne politike Beograda, tj. Plana održive urbane mobilnosti, omogućiće niz koristi, i to:

- Integrirani pristup u saobraćajno-prostornom planiranju – dugoročna strateška vizija mobilnosti sa višim nivoom usluge i efikasnijem integrisanom planiranju, koje uključuje sektorske politike, nadležne institucije i omogućuje bolje ostvarivanje saobraćajnih, urbanističkih, ekonomskih, socijalnih i ciljeva zaštite životne sredine;
- Viši kvalitet života stanovnika – integrisano planiranje koje podrazumeva planiranje za ljude, a ne za vozila u kome se pristup odražava u poboljšanom kvalitetu korišćenja javnog prostora, većoj bezbednosti ranjivih grupa učesnika u saobraćaju (deca, invalidi, ljudi starije životne dobi i sl.), manjoj produkciji izduvnih gasova, zagađenju, buci, itd.;
- Pozitivne efekte na životnu sredinu i zdravlje – aktivnosti u poboljšanju kvaliteta vazduha, smanjenja buke i uticaja na klimatske promene, podsticanje stanovništva na korišćenje održivih i zdravih načina kretanja (pešačenje, bicikliranje, mikromobilnost, itd.), doprinoseći smanjenju eksternih društvenih troškova, čistijoj životnoj sredini i zdravijim građanima;
- Veće učešće stanovništva kroz odluke podržane od šire društvene zajednice – planiranje orijentisano na ljude – korisnike transportnog sistema, odnosno svih socijalnih kategorija, pojačava socijalnu uključenost većine građana tako da na taj način omogućuje gradskoj upravi vrlo visok nivo „javne legitimnosti“;

- Povećanje kapaciteta u ispunjavanju gradskih obaveza – POUM je efikasan način u ispunjavanju obaveza iz propisa EU i na nacionalnom nivou, vezanih za kvalitet vazduha i buku, mobilnost, bezbednost drumskog saobraćaja, prostornu, energetska i ekološku učinkovitost, itd.;
- Pristup EU i drugim razvojnim fondovima – Usvajanje i sprovođenje POUM-a stvaraju se preduslovi za pristup EU finansijskim resursima, odnosno mogućnost apliciranja na konkurse za inovativna saobraćajna, ekološka i energetska rešenja, što će povećati konkurentnost i kapacitet raspoloživih finansijskih sredstava Beograda.

3.1 *Principi i ciljevi planiranja održive urbane mobilnosti*

Postizanje urbane i regionalne mobilnosti jedan je od najvažnijih ciljeva u kreiranju transportne politike i zahteva multidisciplinarni pristup i saradnju svih aktera. Uspešan prelaz prema održivijem obliku gradske i regionalne mobilnosti veliki je izazov za gradove i zahteva podršku za rešavanje nepovoljnih urbanističkih, privrednih, ekoloških i društvenih posledica koje se povezuju s današnjim modelima mobilnosti.

Da bi se u potpunosti iskoristili potencijali održivog urbanog razvoja, kroz promenu urbane paradigme, zasnovane na integrisanim i nedeljivim dimenzijama održivog razvoja – društvenim, ekonomskim i onim koji se tiču životne sredine, postavljeni su opšti ciljevi, odnosno principi u skladu sa kojima je razvijen Plan održive urbane mobilnosti Beograda:

1. Promovisanje održive mobilnosti
2. Jačanje društvene odgovornosti
3. Promovisanje jednakosti i poštovanja
4. Zaštita životne sredine
5. Čovek u fokusu
6. Unapređenje kvaliteta života za sve stanovnike

Ciljevima je definisan željeni stepen promene unutar određenog vremenskog okvira. Prema metodologiji po kojoj je reoalizovan POUM Beograda, ciljevi treba da su SMART (engl. Specific, Measurable, Achievable, Realistic i Time-bound, to jest: specifični, merljivi, ostvarivi, realni, vremenski određeni) i odnose se na uspostavljene principe. Postavljanje ciljeva je proces koji je omogućio da se sprovedu neophodne analize kako bi se ispratila dostignuća i ocenila efikasnost. U procesu analize postojećeg stanja, kroz radionice, diskusije, debate i javne rasprave sa građanima i zainteresovanim stranama, uočeni su nedostaci i potencijali u transportnom sistemu grada koji su generisali ciljeve planiranja održive urbane mobilnosti.

Plan održive urbane mobilnosti se ne odnosi samo na saobraćaj, odnosno mobilnost, već na sve aspekte koje saobraćaj povezuje ili na koje ima uticaj: kvalitet života, društvene posledice, uticaj na životnu sredinu, pristupačnost aktivnostima, troškove i dr. tako da su u skladu sa tim postavljeni sledeći specifični ciljevi čijim ostvarivanjem se obezbeđuje zadovoljenje postojećih i budućih potreba stanovništva grada za mobilnošću, i osigurava viši kvalitet života u urbanom okruženju:

1. Favorizovanje pešačkih kretanja uz zadržavanje (ili povećanje) procenta njihovog učešća u vidovnoj raspodeli u narednom periodu, unapređenjem pešačke infrastrukture (25%)

2. Favorizovanje biciklističkog saobraćaja u svakodnevnim kretanjima i povećanje učešća ovih korisnika u ukupnoj vidovnoj raspodeli (4%)
3. Zadržavanje visokog učešća sistema javnog transporta putnika u ukupnom obimu putovanja i unapređenje kvaliteta usluge (minimum 48%)
4. Smanjenje upotrebe putničkih automobila (20%)
5. Promovisanje socijalne pravde i ravnopravnosti, obezbeđivanje dostupnosti i pristupačnosti svim građanima i povećanje nivoa bezbednosti svih učesnika u saobraćaju i bezbednosti javnih prostora
6. Očuvanje i unapređenje prirodnih resursa
7. Smanjenje štetnih emisija i potrošnje energije
8. Povećanje atraktivnosti i kvaliteta urbanog okruženja
9. Uravnoteženi razvoj svih beogradskih opština, unapređenje njihovog međusobnog i šireg, regionalnog povezivanja

Dostizanjem postavljenih ciljeva obezbediće se:

- Promena načina putovanja od individualnog ka većem učešću biciklističkog saobraćaja;
- Regulatorni okvir za subvencije i poreske olakšice kao stimulativne ili represivne mere za odgovarajući izbor načina putovanja – promena obrasca ponašanja u korist HA (hibridni automobil) i EA (električni automobil);
- Uspostavljanje racionalnog nivoa elektromobilnosti, elektrifikacijom gradske flote i povećanjem elektromobilnosti;
- Gušća i fleksibilnija mreža javnog gradskog transporta putnika;
- Uspostavljanje MaaS koncepta (Mobility as a Service – način pružanja transportne usluge, koji omogućava korisnicima personalizovani paket multimodalnih usluga mobilnosti – deljenja automobila, javnog prevoza, taksija, bicikla, itd. na potpuno integrisan način);
- Uspostavljanje multimobilnosti – stimulisanje korišćenja putničkog automobila od strane više korisnika (car sharing, car pushing, car pooling i sl.);
- Uspostavljanje ekomobilnosti u svrhu povećanja ekološke održivosti saobraćaja i zaštite životne sredine;
- Smanjenje saobraćajnih zagušenja na kritičnim deonicama ulične mreže (mostovi, tuneli).

3.2 Mere i aktivnosti POUM Beograda

Uspešan ishod plana je ostvariv ako su građani informisani, razumeju viziju i podržavaju rešenja. Uključivanje zainteresovanih strana i građana se, osim kroz digitalnu kampanju i direktno obraćanje zahtevima za saradnju, dokumentaciju, podatke i slično, sve vreme na izradi Plana aktivno obavljalo kroz niz javnih debata i panel diskusija.

U vreme tranzicije i ekonomske krize presudno je obezbeđivanje određenih resursa za rešavanje problema održive urbane mobilnosti. Uz realne, višedecenijske probleme koji se u Beogradu vremenom uvećavaju, primarna rešenja su svakako da se u izboru mera koje su realne i finansijski izvodljive, obezbede rešenja koja će transportni sistem grada učiniti celovitijim i jedinstvenijim.

Nakon identifikacije mogućih mera pristupilo se izboru mera koji je realizovan kroz nekoliko krugova ocenjivanja, i to:

1. na osnovu ocena i zaključaka postojećeg stanja transportnog sistema Beograda,
2. na osnovu rezultata anketa građana i zainteresovanih strana koje su sprovedene u toku izrade POUM,
3. kvantitativnim i kvalitativnim analizama i ocenama rešenja iz važeće planske i raspoložive studijske i tehničke dokumentacije,
4. iskustvenim ekspertskim analizama i ocenama.

Predložene mere su usklađene sa karakteristikama i potencijalima grada Beograda, postojećim stanjem elemenata transportnog sistema grada, ekonomskim mogućnostima i izvorima finansiranja. Izvršen je izbor realnih i efikasnih mera, paketa mera i aktivnosti, koje su ocenjivane sa osvrtom na realne zahteve, probleme i potrebne resurse. Predložene mere i aktivnosti doprineće ostvarenju vizije i dostizanju uspostavljenih ciljeva.

Realizacija plana definisana je nizom mera i akcionim planom sprovođenja koje usvajaju nadležni gradski organi. Usvojene mere treba da doprinesu dostizanju vizije i ostvarenju uspostavljenih ciljeva. Predložene mere i aktivnosti, pored značajnih infrastrukturnih zahvata podrazumevaju u veliki broj „mekih“ (organizacionih) mera, čije realizacije zajedno treba da doprinesu obezbeđenju uslova za uspostavljanje transportnog sistema grada zasnovanom na održivim vidovima prevoza.

4 ZAKLJUČAK – MONITORING I EVALUACIJA POUM BEOGRADA

Definisano je da se evaluacija POUM Beograda vrši na svake 3 godine. Proces predviđa upitnike i intervjue koji treba da se odvijaju u unapred definisanim fazama. Konkretno, sve pakete mera treba proceniti na isti način nakon završetka svake od tri faze, prikupljanjem informacija na osnovu upitnika, koji se naziva obrazac za procenu mera. Ovaj obrazac treba da popuni osoba odgovorna za sprovođenje mere. Procena „fokusiranih“ konkretnih mera sastojaće se od dodatnih intervjua na kraju svake faze projekta. Ovo treba da se sprovede sa bar tri intervjua sa glavnim zainteresovanim stranama.

	Samoprocena	Procena uticaja (monitoring)	Evaluacija procesa
Faza POUM na koju se odnosi	Faze POUM od 1 do 9	Faze POUM 10 i 11	Faze POUM 10 i 11
Svrha	Procena kvaliteta izrade POUM	Procena uticaja sprovedenih mera na ciljeve	Ocena kvaliteta implementiranih mera
Metodologija	Upitnik sa 100 Da/Ne pitanja	Merenje definisanih pokazatelja	Ankete, intervjui, forumi i sl.
Vremenski okvir realizacije	Odmah nakon usvajanja POUM	Kontinuirano praćenje pokazatelja (mesečno, godišnje,...) u zavisnosti od tipa. Ako se radi o istraživanjima onda je moguć duži period	Nakon implementacije mere
Izveštaj	Podnosi se Radnoj Grupi nakon popunjavanja online upitnika	Godišnji izveštaji Radnoj Grupi Petogodišnji izveštaj Radnoj Grupi (2025.) Završni izveštaj POUM (2030.)	

Slika 2: Monitoring i evaluacija POUM

Prezentovanje rezultata monitoringa i evaluacije POUM-a zainteresovanim stranama i građanima je bitna faza u sprovođenju POUM-a. U prezentovanju rezultata treba se rukovoditi sledećim:

- Informacije koje se prezentuju su jasne i koncizne;
- Podaci, obrađeni primerenim opisanim metodama i tehnikama, predstavljaju se u odnosu na postavljene ciljeve i primerene opisane metode i tehnike izveštavanja;
- Svi podaci moraju biti javno dostupni. Prezentuju se građanima i zainteresovanim stranama i javno objavljuju na društvenim mrežama, portalima, novinama i sl.;
- Poželjno je koristiti vizuelne efekte kako bi se skrenula pažnja na značajne podatke.

LITERATURA

- [1] Plan održive urbane mobilnosti Beograda, CEP Centar za planiranje urbanog razvoja; Sekretarijat za javni prevoz; Beograd, 2020.
- [2] Guidelines Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan; European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans, Brussels, 2019.
- [3] Nova urbana agenda, UN-Habitat III; Kito, 2016; Najrobi, 2017; Centar za životnu sredinu i održivi razvoj „Struktura”, Novi Sad 2017.
- [4] CiViTAS Guidelines “Applied framework for evaluation in CiViTAS PLUS II”, 2013.
- [5] Vukanović, Smiljan. 1997. Saobraćajne Mreže I. Beograd: Saobraćajni Fakultet.

SUMMARY

Sustainable Urban Mobility Planning in Belgrade

Abstract: Urban mobility planning is the subject of intense political and planning debates in many cities around the world. The Sustainable Urban Mobility Plan of Belgrade outlines a transport strategy for the next ten years, laying the groundwork for transforming the city's transport system—a challenge for both planners and decision-makers in the coming decades. Various aspects of traffic planning and transport plans have been analyzed, and existing and future trends in transport system development have been identified in an innovative and interdisciplinary manner. A sustainable urban mobility system will change trends in urban planning as it requires more compact neighborhoods and amenities within walking or cycling distance—streets with wide sidewalks and bike lanes that are more attractive for walking, strolling, and cycling, thus enhancing the urban environment where people live. On the other hand, a well-developed public passenger transport system, dominated by high-capacity subsystems, will ensure a high level of service in public transport and contribute to an increase in the share of public transport in the total volume of daily trips, despite the rise in citizens' purchasing power, which leads to increased motorization rates. The Sustainable Urban Mobility Plan sets ambitious goals for the development of a sustainable transport system in Belgrade, along with measures and steps to be taken in the next ten years to achieve these goals. The plan is the result of intensive collaboration among experts, comprehensive and continuous public participation, various associations, city and municipal administrations, public and utility companies, and other stakeholders who have recognized sustainable urban mobility as a crucial element for the city's development.

Key words: traffic, sustainable urban mobility, planning

Metamorfoza gradskog centra – od saobraćajnih gužvi do pešačkih oaza – aspekt urbanističkog planiranja

Ranka Gajić, Saobraćajni fakultet, Beograd, r.gajic@sf.bg.ac.rs

Svetlana Batarilo, Saobraćajni fakultet, Beograd, s.batarilo@sf.bg.ac.rs

Rezime: Uprave u gradovima razvijenog zapada u periodu druge dekade 21. veka, svoje najobimnije delovanje usmeravaju na redefinisane koncepta saobraćaja – kretanja ljudi i robe, sa ciljem smanjenja emisije ugljen dioksida i smanjene potrošnje goriva – a ovo se posebno odlikava na centralne zone gradova i znatno utice na promenu kvaliteta života stanovnika, posebno onih koji stanuju u centru U radu će biti sistematizovana iskustva gradova Evrope u tranziciji ka oslobađanju njihovih centralnih zona u „car-free“ celine i sintezom svedene zajedničke karakteristike posledica koje danas ova delovanja imaju, posebno na stanovanje, u njihovim centrima. Aktivnosti u okviru problematike parkiranja će posebno biti fokusirane, pošto je jasno da navedeni pristup pretvaranja centralnih zona u pešačke, direktno utiče i na širi kontekst i vodi umanjenu korišćenja sopstvenih vozila u gradovima što posredno utiče na predviđeni broj parking mesta.

Ključne reči: centar grada, car-free zone, parkiranje, urbanističko planiranje

1 UVOD

Centar, jezgro, „srce grada“ – sve su to simboli za ono mesto u gradu koje pamti početak njegovog nastajanja i koje odlikava tok njegovog razvitka. Od malih gradova do velikih metropola, urbani kvalitet je uvek u relaciji sa stanjem u centru. Brojne aktivnosti unutar problematike upravljanja saobraćajem su među ključnim za ostvarenje inkluzivnih, bezbednih, rezilijentnih i održivih gradova a od velikog značaja su i za funkcionisanje savremenog centra grada.

U periodu '61.-'91. dvadesetog veka gradovi u razvijenim zemljama zapada, vodili su iz socioloških i ekonomskih razloga i kroz procese džentrifikacije, politiku smanjivanja gustina u gradskom centru i nastanjivanje po perifernim područjima u naseljima – satelitima sa individualnom gradnjom i malim gustinama stanovanja [1]. Za gradove razvijenog zapada, zadatak za početak dvadeset prvog veka je bio da se kvalitetno integriše (vrati) stanovanje u tradicionalno jezgro [1], što su oni uspešno sprovedi i sada je tematska oblast koja ih okupira kvalitet života stanovnika u centru i to kao deo ukupnih zalaganja za holistički pristup u cilju razrešenja izazova urbanizacije.

2 KA GRADSKOM CENTRU BEZ AUTOMOBILA – ISKUSTVA GRADOVA EVROPE

Oslo je posle duge javne rasprave, tokom koje je znatno smanjena prvobitna planirana površina, 2015. godine usvojio plan za isključivanje motornog saobraćaja u centralnoj zoni do 2019. godine. U leto 2017. počelo se sa prvim radovima. Prethodno je, 2016. godine usvojena nova forma biciklističkih staza kao „bezbedna za građane i korisna za grad“; staze su proširene sa, do tada standardnih 1,8 m za vangradske teritorije, na 2.5 m

za grad, i propisano je da, kad god je to moguće, nove staze budu odvojene od motornog saobraćaja [2]. Kako bi se obezbedila protočnost, dostupnost i mobilnost, izgrađene su parking garaže na obodu ove zone kao i neophodna saobraćajna obilaznica. Promene su bile postupne i tokom realizacije se vodilo računa da kvalitet života građana u zoni ne bude ugrožen (faznom realizacijom u šest zona i obezbeđivanjem alternativnih prilaza). Frekventnost vozila javnog prevoza je povećana, cene karata su pojeftinile, formirane su nove metro i tramvajske linije. Dugoročna strategija je širenje ovog koncepta tako što će se prioritet davati pešacima, biciklima i javnom prevozu i gde god je to prostorno moguće, isključiti saobraćaj za motorna vozila. Kao veoma važno navodi se da i infrastruktura za kretanje motornih vozila treba da bude maksimalno unapređena i osavremenjena, kako bi sistem u celini funkcionisao na očekivan način [3].

Kopenhagen je postepenim planskim aktivnostima uspešno izvršio transformaciju ka zdravom gradu, sa više od pola populacije koja vozi bicikl svaki dan, i u centru grada. Da bi ovo bilo moguće, velika sredstva su uložena u izgradnju metroa. Sve aktivnosti tokom transformacije grada, prati gradska uprava, država Danska i različite zainteresovane strane, uz podršku iz državnih i opštinskih budžeta. Lokalni projekti se realizuju uz podršku građana. U svakom većem projektu planiranja učestvuju projektant, stručnjak za saobraćaj, urbanista i menadžer održivog razvoja. Ovaj holistički pristup planiranju i izgradnji grada koji kombinuje različite discipline, pokazao se kao odgovarajući za kreiranje prostora za kvalitetan život [4].

London naplaćuje ulaz privatnim vozilima u centralnu zonu (13 EUR dnevno) od 2003. godine. Prethodno je bio realizovan saobraćajni prsten – obilaznica u čijoj zoni je lociran veći broj park-and-ride garaža i pojačane linije metroa i javnog prevoza. Tako je broj vozila koja ulaze u centra grada umanjena za 30%. U Oktobru 2018, skoro polovina ulica u centru Londona označena je sa kategorijom „pešački prioritet“ [5].

Od 2014. godine **Pariz** počinje misiju za „zeleni grad“. Uvodene su restrikcije za ulaz u centar starijim vozilima na dizel i planirano je da do 2020.godine, budu ustanovljene ulice u centru kojima će moći da se vozi isključivo električnim vozilima. **Rim, Milano, Atina i Madrid** – takođe uvode mere restrikcije za vozila sa dizel-motorima, sa ciljem ukidanja ovakvog pogona do 2030. godine, ali ne ukidaju motorni saobraćaj u centru. Ukidanje vozila sa dizel-motorom je cilj i Nemačke – za sada to su **Frankfurt i Berlin**. U Berlinu ali i drugim većim gradovima plaća se ekološka taksa, koju bez razlike plaćaju svi, i stanovnici i posetioци grada. Obavezan je prethodni pregled vozila za utvrđivanje visine takse [6].

Amsterdam kao i cela Holandija, je pionir u redovnom korišćenju bicikla kao prevoznog sredstva u dvadesetom veku ('70.godina dvadesetog veka). Danas je cilj da se, do 2030. godine, broj biciklista na ulicama Amsterdama uveća za 200 000. Država odvaja znatna sredstva za unapređenje putne infrastrukture za bicikle [6].

3 SINTEZA ISKUSTAVA GRADOVA EVROPE – PREPORUKE ZA REKONSTRUKCIJU GRADSKOG CENTRA

Analizom navedenih primera mogu se svesti zajedničke karakteristike planerskog pristupa gradova Evrope prema centru grada:

1. Problematika stanovanja u centru se više ne naglašava posebno, već je zastupljen holistički pristup sa težištem na rešavanju „komfornog okvira za aktivan život“ za sve – stanovnike, one koji tu rade i turiste;

2. Planiranje je metodološki razrađeno, utemeljeno u savremene teorijske koncepte „grada oslobođenog od automobila”, uz aktivno učešće građana u toku kreiranja i odlučivanja o izabranim rešenjima, kako bi se obezbedio komfor u korišćenju i sagledale i razmotrile njihove potrebe;
3. Orijentacija na bicikl i pešačenje u centru grada ima prednost, bez obzira na klimatske uslove (gradovi severa Evrope imaju oštrije zime i više kiše, a prednjače u ovom konceptu);
4. Obaveza gradske uprave je da ostvari efikasan, bezbedan i komforan javni prevoz, a skoro u svim slučajevima to je orijentacija na metro, koji obezbeđuje mobilnost i dostupnost sadržajima svim građanima;
5. Jasno su definisane nadležnosti u realizaciji;
6. Ustanovljen je održivi način finansiranja i
7. Realizacija je dugotrajna i postepena, uz rešenja alternativa kako bi se održala protočnost, mobilnost i dostupnost stanovnicima i u toku izvođenja radova.

Kao značajno, navodi se da prostori grada „oslobodjeni od automobila” moraju pre svega da obezbede: protočnost (mogućnost jednostavnog i efikasnog kretanja kroz prostor), dostupnost (mogućnost stizanja do potrebnih osnovnih sadržaja za komforan, kvalitetan svakodnevni život, u određenim vremenskim intervalima: za pešačenje to je radijus od 3-10 minuta), mobilnost (mogućnost izbora različitih vidova saobraćaja u radijusu 3-5 minuta) i pristup vozilima za snabdevanje, odnošenje otpada, hitnoj pomoći i vatrogascima [7].

4 PROBLEMATIKA PARKIRANJA U GRADOVIMA U KONTEKSTU PLANSKOG SMANJENJA BROJA VOZILA U CENTRALNIM ZONAMA

Ako se ne deluje aktivnim planerskim merama na nivou celog grada, pristupi kojima će se gradski centri rekonstruisati u pešačke zone, uticaće na pojačan saobraćaj posebno u konkatnoj zoni sa samim centrom, gde je moguće da se pojavi potreba za većim brojem brojem parkinga nego što je to bilo pre. Za harmonizovan razvoj, potrebno je delovanje koje će uticati na umanjenje korišćenja sopstvenih vozila na teritoriji celog grada.

U tabeli 1. je prikaz rezimea danas prisutnih različitih strategija upravljanja parkiranjem (izvod samo onih koje doprinose smanjenju ukupnog saobraćaja), koje su opisane u Litmanovom izveštaju o strategijama, evaluaciji i planiranju upravljanja parkiranjem u gradovima. Ukazuje se na procenat posledičnog tipičnog smanjenja broja parkinga potrebnog na odredištu, kao i na to da li strategija pomaže u smanjenju saobraćaja vozila, a time je dodatni benefit u smislu manjih zagušenja, nesreća i zagađenja [8].

Tabela 1. Prikaz danas prisutnih različitih strategija upravljanja parkiranjem koje doprinose smanjenju ukupnog saobraćaja (Litmanov izveštaj) [8]

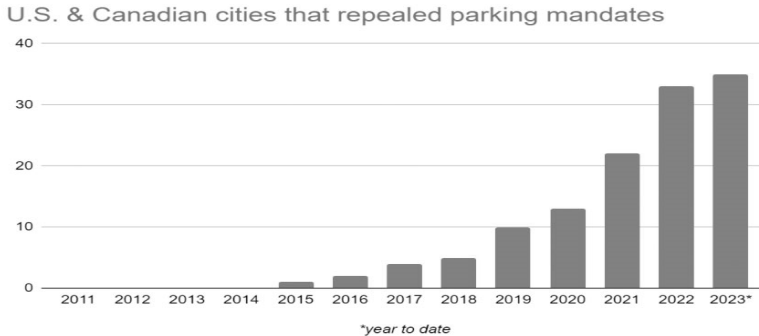
Strategija	Opis	Tipično umanjenje
Pametan rast	Podsticanje kompaktnijeg, mešovitog, multimodalnog razvoja kako bi se omogućilo više deljenja parkinga i korišćenje alternativnih načina.	10-30%
Poboljšanja u sferi pešačenja i vožnje bicikla	Poboljšati uslove za pešačenje i vožnju biciklom kako bi se proširio opseg destinacija koje opslužuje parking.	5-15%
Upravljanje mobilnošću	Podsticati efikasnije obrasce putovanja, uključujući promene režima, vremena, odredišta i učestalosti putovanja vozila.	10-30%
Naplata parkiranja	Naplatiti korišćenje parking prostora, direktno i efikasno.	10-30%
Poboljšanja metoda naplate	Koristiti bolje tehnike naplate da biste ovaj proces učinili praktičnijim i isplativijim.	Varira
Finansijski podsticaji	Obezbediti finansijske podsticaje za zaposlene u vidu isplate keša ako ne dolaze svojim kolima na posao.	10-30%
Udaljavanje parkinga od osnovnog sadržaja	Iznajmiti ili prodati parking prostore odvojeno od građevinskog prostora.	10-30%
Reforma poreza na parkiranje	Promeniti poreske politike kako bi podržali ciljeve upravljanja parkiranjem.	5-15%
Oprema za bicikliste	Obezbediti parkinge/prostore za bicikle i prostore za presvlačenje.	5-15%
Poboljšanje informacija i marketinga	Obezbediti pogodne i tačne informacije o dostupnosti i ceni parkinga, koristeći mape, znakove, brošure i internet.	5-15%
Organizacije za upravljanje transportom	Osnovati organizacije koje kontrolišu članovi i koje pružaju usluge upravljanja transportom i parkiranjem.	Varira

5 PROBLEMATIKA PARKIRANJA U GRADOVIMA – IZAZOVI ZA BUDUĆNOST

Poslednjih godina, gradovi su usvojili niz reformi politike parkiranja. Ove reforme uključuju eliminisanje minimalnih zahteva za parkiranje u urbanističkim planovima, omogućavanje firmama/kompanijama da dele parking prostore i korišćenje tehnoloških rešenja za efikasno upravljanje sistemom uličnog parkiranja. Pokazalo se da ove vrste reformi smanjuju obim saobraćaja u gradovima i posledične emisije štetnih gasova. Takođe doprinose oslobađanju resursa za ulaganje u javni prevoz i drugu infrastrukturu i mogu dovesti do povećanja ukupnog životnog standarda [9].

Prema ekspertima, ove reforme traju već dugi niz godina ali su nedavno dostigle kritičnu masu. Na slici 1. je prikaz broja gradova SAD i Kanade koji ukidaju parametre za parkiranje u celosti. Sagledava se dramatično ubrzanje ovog trenda od 2020. godine, čak

veće u prvom kvartalu 2023. nego u celoj 2022. godini. Ovi gradovi odustaju od do sada ustaljenih parametara za parkiranje i unutar planova za pojedine lokacije slobodnije pristupaju ovoj temi, uzimajući u obzir nove modele mobilnosti [10].



Slika 1. Grafikon broja gradova u SAD i Kanadi koji su u potpunosti ukinuli parametre za parkiranje
Izvor: Catie Gould, The Sightline Institute [10]

Korišćenje informacionih tehnologija obezbedilo je efikasnije upravljanje postojećim parkinzima (npr. prikaz lokacija dostupnih mesta, dinamičko određivanje cena u realnom vremenu /napalata po minutu boravka, a ne satu/ i sl.) [9].

Transportne kompanije kao što su Uber, Lift, Tesla, Vajmo (Waymo) – najavljaju budućnost u kojoj će privatni parking biti stvar prošlosti. Oni slede novi model mobilnosti, poznat kao „transportni oblak” ili „transport-kao-usluga” („transportation-as-a-service” /TaaS), koji će omogućiti da se automobili bez vozača iznajmljuju kao autonomni taksi kada ih vlasnici ne koriste. Tesla planira da ponudi ovu uslugu za nekoliko godina. Istraživački centar „RethinkX” predviđa da će manje ljudi posedovati automobile u korist zajedničkog, električnog, autonomnog transporta koji se iznajmljuje iz minuta u minut, umesto da ostaju u praznom hodu 95% vremena. Procenjuje se da će TaaS preuzeti primat nad vozilima u privatnom vlasništvu već oko 2025. godine [11]. Na ovaj način će se umanjiti potreba za klasičnim privatnim parking mestima u gradskom prostoru – parkiranje vozila će se u najvećoj meri odvijati u specijalizovanim objektima – garažama transportnih kompanija.

6 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Može se zaključiti da su danas u velikoj meri zastupljeni profesionalni stavovi protiv rešavanja problema parkiranja – povećanjem i izgradnjom novih parking mesta, a u prilog smanjenju ovog broja i promeni načina transporta i saobraćaja u gradovima.

Iskustvo Beograda ukazuje na moguće izazove u primeni ovih ideja. Autori ovog rada su ukazali da su aktivnosti na kreiranju „car-free” zone u centru Beograda u specifičnim uslovima tržišne liberalne ekonomije posttranzicionog društva sa velikim uticajem političkih subjekata i pokušajem populističkih rešenja, uz ignorisanje stavova stručnjaka, dovele do negativnih posledica, što je kompromitovalo ovu savremenu, vrednu ideju [12].

Takodje je dokazano, u sagledavanju pozicije problematike parkiranja unutar rezultata metodologije za podršku energetske efikasnosti kolektivnog stanovanja, da u našoj praksi još uvek ne bi trebalo neselektivno implementirati savremene ideje iz oblasti upravljanja

zemljištem i problematike dostupnosti sadržaja, pa tako sasvim sigurno ne bi smeli da se povedemo za konceptom ukidanja parking mesta [13, 14].

Planerske mere koje bi u Beogradu trebalo prvo sprovesti su: promene na nivou ulične mreže i javnog prevoza, kao i u odnosu na ukupne preporuke koje bi uključile aktivnosti na formiranju policentrične strukture uz detaljno sagledavanje dostupnosti sadržaja u okviru utvrđenih „sekundarnih centara“ (svih stambenih naselja na teritoriji Beograda – čiji stanovnici danas mahom gravitiraju centru unutar monocentrične strukture).

LITERATURA

- [1] Evans, R, *Regenerating Town Centres*, Manchester University Press, 1997.
- [2] Oslo kommune (2019) “Car-Free Livability Program 2019“, oslo.kommune.no/bilfrittbyliv, bit.ly/4dmuvt6, pristup: 31.07.2024.
- [3] Clugston E, Oslo is (almost) Car-Free — and likes it that way (2019) CleanTehnica, 5.03.2019, bit.ly/3WVmAoD, pristup: 31.07.2024.
- [4] Mecn, J. (2019) Kopenhagen – održivi grad izgrađen uz sveobuhvatno planiranje, *Politika*, 10.05.2019, dodatak povodom održavanja BINE 2019, realizovan u saradnji sa ambasadam Danske u Srbiji, st.4-6.
- [5] Ibrahim, M. (2018) Cars set to be banned from half of roads in London's Square Mile and speed limits slashed to 15mph, *Evening Standard*, bit.ly/4fqyCGe, pristup: 31.07.2024.
- [6] Bendix A, 15 major cities around the world that are starting to ban cars, *Business insider*, 12.01.2019 bit.ly/3SrK6ja, pristup: 31.07.2024.
- [7] Car Free web portal (2019) <http://www.carfree.com/>, pristup: 31.07.2024.
- [8] Litman, T. (2023). *Parking Management Strategies, Evaluation and Planning*, 31 March 2023, Victoria Transport Policy Institute, https://www.vtpi.org/park_man.pdf pristup: 31.07.2024.
- [9] ULI (2021). *Research Report of ULI, Parking Policy Innovations in the United States*, May 12, 2021, bit.ly/3mTtHHs, pristup: 31.07.2024.
- [10] Steuteville, R. (2023). *Parking reform is snowballing*, bit.ly/3WJYPYZ, pristup: 31.07.2024.
- [11] Coren J. M. (2018). *San Francisco prepares to be the first major city to nix parking requirement*, November 28, 2018, bit.ly/46vnkMN, pristup: 31.07.2024.
- [12] Bogdanović, R., Gajić, R., Batarilo, S. (2019): *Housing in Belgrade Town Center – Twenty Years After*, International Scientific Conference, IMPEDE 2019, “Environmental impact of illegal construction, poor planning and design”, Belgrade, Serbia, 481-490.
- [13] Gajić, R., Golubović-Matić, D., et al. (2021). *The Methodology for Supporting Land Use Management in Collective Housing towards Achieving Energy Efficiency: A Case Study of New Belgrade, Serbia*, *Land* 10, no. 1: 42
- [14] Gajić, R., Batarilo, S., & Kordić, M. (2023). *Problematika parkiranja u kontekstu ostvarenja energetske efikasnosti u gradovima*. *Journal of Road and Traffic Engineering*, 69(1), 41-44. kao i u: Nikola Čelar (ed) (2022) *Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, TESI 2022, Vrnjačka Banja, 13-14. oktobar 2022, Zbornik radova: bit.ly/4cfAHCo*, st. 341-346.

Metamorphosis of the city center – from traffic congestion to pedestrian oases – an urban planning perspective

Summary: In the second decade of the 21st century, administrations in developed Western cities are directing their most extensive efforts towards redefining the concept of traffic – the movement of people and goods, with the aim of reducing carbon dioxide emissions and fuel consumption – and this is particularly reflected in the central zones of cities and significantly affects the change in the quality of life of residents, especially those living in the center.

The paper will systematize the experiences of European cities in the transition to liberating their central zones into 'car-free' areas and synthesize the common characteristics of the consequences that these actions have today, especially on housing in their centers.

Activities within the parking issue will be particularly focused, as it is clear that the mentioned approach of converting central zones into pedestrian areas directly affects the wider context and leads to a reduction in the use of private vehicles in cities, which indirectly affects the predicted number of parking spaces.

Key words: city center, car-free zones, parking, urban planning

Implementacija sistema pametnih gradova u Srbiji – osvrt na ulogu saobraćajne struke

Biljana Ranković Plazinić, Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd,
brplazinic@atssb.edu.rs

Rezime: Savremeni gradovi predstavljaju mesta koncentracije stanovništva, a samim tim i mesta koncentracije negativnih posledica urbanizacije, poput zagađenja životne sredine, prekomernog trošenja resursa i vremenskih gubitaka. Koncept pametnih gradova je počeo da se implementira kao odgovor na izazove sa kojima se gradovi suočavaju. Predstavlja širok pojam i, najkraće rečeno, može se opisati kao koncept primene digitalnih tehnologija u funkciji unapređenja efikasnosti funkcionisanja gradova. Pametni saobraćajno-transportni sistem je komponenta pametnog grada koja postavlja zahteve za projektovanje budućeg saobraćajno-transportnog sistema tako da doprinese unapređenju kvaliteta života kroz smanjenje zagađenja životne sredine, održivu potrošnju energije, bezbednost i ublažavanje saobraćajnih zagušenja. Broj projekata u okviru ovog koncepta u Srbiji je sve veći, pri čemu učestvuju i veliki i manji gradovi. Pametna rešenja u oblasti saobraćaja i transporta su u prethodnom periodu imala niži prioritet u odnosu na druge oblasti, ali su prepoznata kao faktor koji značajno utiče na percepciju građana o „pameti“ grada. Saobraćajni inženjeri imaju široku oblast delovanja i veliki potencijal da daju značajan doprinos, ali nedostaje sistematičan pristup raspodeli zadataka i uloga shodno poziciji sa koje deluju. U radu su dati predlozi njihovog angažovanja u implementaciji sistema pametnih gradova i ukazano je na izazove koji prate taj proces.

Ključne reči: pametni gradovi, saobraćaj, saobraćajni inženjeri

1 UVOD

Gradovi predstavljaju prostorne celine zbijenog tipa sa visokom koncentracijom stanovnika i sadržaja. Negativne posledice života i načina funkcionisanja ljudi u gradovima su brojne, ali uprkos tome čini se da su gradovi i dalje poželjnija mesta za život od drugih sredina. Očekuje se da će do 2050. godine 70% stanovništva živeti u gradovima [1].

Izazovi sa kojima se gradovi suočavaju ili će se u širim razmerama suočiti u budućnosti su: izgradnja priuštivih stanova, obezbeđenje neophodne infrastrukture i obezbeđenje osnovnih usluga i radnih mesta, uz primenu principa zaštite životne sredine, povećanja otpornosti na klimatske promene, očuvanjem javnog zdravlja i socijalne inkluzije.

Kao odgovor na ove zahteve, u svetu je počeo da se primenjuje koncept pametnih gradova. Pojam je vrlo širok i višedimenzionalan, a u najkraćim crtama može se opisati kao koncept primene digitalnih tehnologija u funkciji unapređenja efikasnosti funkcionisanja gradova. U implementaciju sistema pametnih gradova treba da budu uključene sve struke, a u ovom radu će biti dat osvrt na ulogu saobraćajne struke.

Kroz sledeća poglavlja govoriće se o definiciji i obuhvatu sistema pametnih gradova, svetskim iskustvima u implementaciji sistema i o implementaciji ovog sistema u Srbiji sa primerima primene i osvrtom na ulogu saobraćajnih inženjera.

2 ŠTA PREDSTAVLJA PAMETAN GRAD?

Na osnovu analize raspoloživih izvora [2, 3, 4, 5, 6] može se reći da opšteprihvaćena definicija pametnog grada (eng. *Smart City*) ne postoji. Za to može biti zaslužan i stalni tehnološki napredak koji doprinosi stalnom širenju ovog pojma i aplikacija koje obuhvata.

Integracija veštačke inteligencije i interneta stvari, tj. informacionog povezivanja različitih objekata iz realnog sveta [7], donosi brojne mogućnosti za unapređenje efikasnosti procesa i aktivnosti u urbanim sredinama i transformiše svakodnevni način života u gradovima. Svrishodno povezivanje elektronsko-komunikacionih uređaja i interneta u cilju smanjenja potrošnje resursa i unapređenja kvaliteta života u gradovima može se nazvati sistemom pametnih gradova (eng. *Smart City System*).

2.1 Obuhvat sistema pametnih gradova

Sistemi pametnih gradova obuhvataju čitav niz oblasti, a prve oblasti kroz koje se krenulo ka stvaranju pametnih gradova su: pametni transportni sistemi, pametno zdravlje i pametno javno osvetljenje.

Prema Sarkeru [8], pametni gradovi obuhvataju:

- pametne građane,
- pametno upravljanje gradovima,
- pametno okruženje i upravljanje resursima,
- pametne kuće, zgrade i životni prostor,
- pametno obrazovanje,
- pametan saobraćajno-transportni sistem,
- pametna zdravstvena zaštita,
- pametna energetska mreža,
- vanredne situacije i javna bezbednost,
- upravljanje sajber-bezbednošću.

Pametni saobraćajno-transportni sistem je komponenta pametnog grada koja postavlja zahteve za projektovanje budućeg saobraćajno-transportnog sistema, koji podrazumeva unapređenje urbane mobilnosti, optimizaciju upravljanja saobraćajem i pružanje transportne usluge po meri građana, kao i promovisanje ekološki prihvatljivih vidova prevoza i unapređenje korisničkog iskustva pri njihovom korišćenju. U većini gradova prvi koraci ka pametnom saobraćajno-transportnom sistemu preduzeti su u domenu aplikacija za informisanje učesnika u saobraćaju (na primer, planeri putovanja), logističkih usluga (na primer, dostava), unapređenja bezbednosti saobraćaja (na primer, upozoravanje vozača o incidentnim situacijama na putu i nepovoljnim ambijentalnim uslovima), parkiranja (nalaženje slobodnog parking mesta na osnovu podataka o zauzeću u realnom vremenu i drugih kriterijuma) i semafora (na primer, detektorski i adaptibilni režim rada sa optimizacijom po različitim kriterijumima).

2.2 Pametni gradovi u svetu

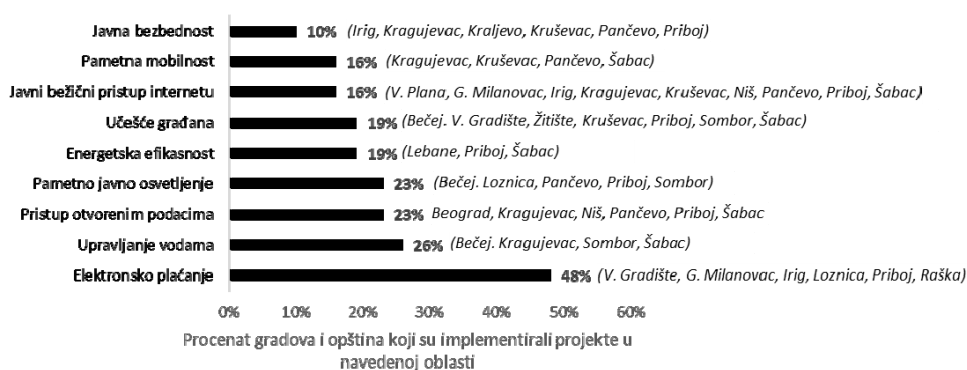
Prvi pametni gradovi počeli su da se razvijaju u Aziji i Evropi. Od 2019. godine u svetu je pokrenuta inicijativa rangiranja gradova prema indeksu pametnog grada (eng. *Smart City Index*). Rezultati za 2024. godinu [9] ukazuju na to da su najuspešniji pametni gradovi Cirihi, Oslo, Kanbera, Ženeva i Singapur.

Komponente u koje se ulaže najviše novca su pametan saobraćajno-transportni sistem i javna bezbednost [10]. Prognozira se da će najbrži rast investicija dogoditi kod projekata *Vehicle to Everything* (V2X).

Primeri projekata u okviru pametnog saobraćajno-transportnog sistema su pametno parkiranje, pametni semafori, video kamere za snimanje gustine saobraćaja i putanje kretanja registrovanih vozila, testiranje autonomnih vozila i njihovo korišćenje za prevoz lica sa invaliditetom u Singapuru, kao i nova mreža autobuskih linija zasnovana na podacima o saobraćajnim tokovima, davanje prioriteta vozilima hitne pomoći na semaforizovanim raskrsnicama i program deljenja bicikala u Barseloni.

3 IMPLEMENTACIJA SISTEMA PAMETNIH GRADOVA U SRBIJI

Na listi gradova za koje je izračunat indeks pametnog grada za sada nema gradova iz Srbije. To znači da je implementacija ovog koncepta u Srbiji još uvek u povoju, ali podaci ukazuju i na to da je broj projekata u okviru ovog koncepta sve veći, ne samo u velikim, već i u manjim gradovima [11]. Na slici 1 predstavljeni su sažeti rezultati istraživanja o pametnim gradovima Srbije iz 2020. godine [12].



Slika 1: Zastupljenost implementiranih projekata po oblastima u gradovima i opštinama u Srbiji u 2020. godini (na osnovu podataka iz [12])

Pametna rešenja u oblasti pametna mobilnost su u prethodnom periodu imala niži prioritet u odnosu na druge oblasti, ali su prepoznata kao faktor koji značajno utiče na percepciju građana o „pameti” grada i da u ovoj oblasti ima dosta prostora za unapređenje. Primeri implementacije projekata u ovoj oblasti [11, 12, 13, 14] su:

- pametne semaforizovane raskrsnice u Beogradu,
- otvoreni podaci o javnom prevozu u realnom vremenu u Kragujevcu, Užicu, Subotici i Nišu, koji su implementirani u *Google Transit*,
- otvoreni podaci o zonama usporenog saobraćaja na teritoriji grada Vršca,
- aplikacija Kreći se održivo – Bor na dva točka, na teritoriji grada Bora,
- ostrvo za održivi saobraćaj u Pančevu,
- planovi održive urbane mobilnosti za gradove Kruševac, Šabac, Valjevo i Pirot,
- aplikacija *Parking Manijak* za plaćanje parkinga u gradovima širom Srbije,
- aplikacija za zauzetost parking mesta u realnom vremenu u Nišu i Beogradu,

- detekcija saobraćajnih prekršaja u Kraljevu,
- pametna autobuska stajališta u Nišu i Pančevu.

4 ULOGA SAOBRAĆAJNIH INŽENJERA

U implementaciju sistema pametnih gradova treba da budu uključene različite struke, kao i građani sa svojim predlozima, ali čini se da do sada nije razvijena sistematična podela uloga i odgovornosti. Saobraćajni inženjeri imaju široku oblast delovanja i veliki potencijal da daju značajan doprinos u domenu uređenja saobraćajnih površina, saobraćajne signalizacije, transportnih usluga, bezbednosti saobraćaja i logističkih aktivnosti. Kako bi se izgradio kapacitet za pametne gradove u vidu saobraćajnih inženjera spremnih da odgovore na ispostavljene zahteve, potrebno je sistematizovati zadatke i očekivanja shodno poziciji sa koje deluju (tabela 1). Potrebna su strateška dokumenta poput programa razvoja pametnih gradova na lokalnom nivou ili planova održive urbane mobilnosti. Najviše posla imaju saobraćajni inženjeri zaposleni u gradskim upravama i lokalnim samoupravama, za čiji rad je neophodno dobro poznavanje koncepta održive urbane mobilnosti i efekata postignutih u gradovima koji su takva rešenja već implementirali. Oni bi bili zaduženi za praćenje indikatora performansi implementiranih rešenja.

Tabela 1: Predlozi za aktivnije učešće saobraćajnih inženjera u implementaciji sistema pametnih gradova

Saobraćajni inženjeri u radnim grupama za izmenu i dopunu zakonskih propisa	Saobraćajni inženjeri zaposleni u obrazovnim institucijama	Saobraćajni inženjeri zaposleni u gradskim upravama i lokalnim samoupravama	Saobraćajni inženjeri zaposleni u privredi
<p>Revidiranje obuhvata saobraćajne signalizacije u Pravilniku o saobraćajnoj signalizaciji</p> <p>Donošenje propisa o obaveznoj izradi programa razvoja pametnih gradova na lokalnom nivou ili planova održive urbane mobilnosti uz obavezno uključivanje saobraćajne struke</p>	<p>Razvoj metodologije za utvrđivanje prioriteta pri odabiru projekata</p> <p>Definisanje indikatora</p> <p>Sprovođenje obuka iz održive urbane mobilnosti i efekata</p> <p>Nabavka softvera i obuka za rad</p>	Unapređenje tehničko-informatičkih znanja i veština	
		Nabavka softvera i obuka za rad	
		Stručno usavršavanje u oblasti održive urbane mobilnosti, pametnih rešenja u saobraćaju i njihovih efekata kroz stručne skupove i obuke	
		Izrada Programa razvoja pametnih gradova na lokalnom nivou	Izrada studija o potencijalima razvoja pametnih gradova u domenu saobraćaja i transporta
Izrada Plana održive urbane mobilnosti	Osmišljavanje rešenja kojima se minimiziraju negativne posledice saobraćaja, promovišu ekološki prihvatljiva rešenja i smanjuje upotreba resursa (u saradnji sa drugim strukama)		
Primena metodologije za utvrđivanje prioriteta pri odabiru projekata	Deljenje dobrih praksi		
Praćenje indikatora			
Sprovođenje istraživanja o percepciji korisnika i podsticanje aktivnog učešća građana			

Prilikom odabira projekata iz oblasti saobraćaja, saobraćajni inženjeri treba da primenjuju metodologiju za utvrđivanje prioriteta vodeći se korisničkim iskustvom kao jednim od najvažnijih kriterijuma na osnovu kojih se ocenjuje uspešnost implementacije koncepta pametnih gradova. Imajući u vidu da se pametna saobraćajna rešenja zasnivaju na primeni informaciono-komunikacionih uređaja, koji se ne obrađuju u projektima saobraćaja i saobraćajne signalizacije, jer nisu obuhvaćeni Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji, posebno treba voditi računa o njihovoj funkcionalnosti. Algoritam rada treba prvenstveno da bude efektivan u pogledu smanjenja negativnih posledica saobraćaja (saobraćajnih nezgoda, vremenskih gubitaka, emisije zagađujućih materija i sl.) i da bude izrađen od strane saobraćajnog inženjera. Potrebno je preispitati sadržaj saobraćajne signalizacije u Pravilniku o saobraćajnoj signalizaciji i razmotriti uključivanje pojedinih informaciono-komunikacionih uređaja u njen obuhvat kako bi saobraćajni inženjeri mogli formalno kroz izradu algoritma rada da obezbede njihovo funkcionisanje u duhu dobre prakse u saobraćaju, kao i imenovanje nadzora iz saobraćajne struke, koji bi proveravao funkcionalnost. U skladu sa tim, potrebno je unaprediti tehničko-informatička znanja i veštine saobraćajnih inženjera kako bi mogli bolje da osmisle i prate implementaciju sistema pametnih gradova, kao i nabaviti savremene softvere i održati obuke za rad.

5 ZAKLJUČAK

Pametni gradovi su projekti velikog obima na kojima su angažovane različite inženjerske struke. Da bi se koncept pravilno implementirao, neophodna je saradnja svih struka, deljenje znanja i unapređenje tehničko-informatičkih znanja i veština kako bi se bolje razumeli načini primene i efekti digitalnih tehnologija. Uloga saobraćajnih inženjera ima veliki potencijal, ali je potrebno raditi na usvajanju novih znanja i deljenju dobrih praksi kako bi se ojačao kapacitet saobraćajne struke da se nosi sa budućim izazovima.

LITERATURA

- [1] World Bank. (2023). Urban Development. Pristupljeno 14.08.2024. na <https://shorturl.at/6VZHU>
- [2] Bibri, S. E., Krogstie, J., Kaboli, A., & Alahi, A. (2024). Smarter eco-cities and their leading-edge artificial intelligence of things solutions for environmental sustainability: A comprehensive systematic review. *Environmental Science and Ecotechnology*, 19, 100330.
- [3] What is a smart city? – definition and examples. (n.d.). TWI Global. Pristupljeno 15.08.2024. na <https://shorturl.at/ip69D>
- [4] Habibzadeh, H., Kaptan, C., Soyata, T., Kantarci, B., & Boukerche, A. (2019). Smart city system design: A comprehensive study of the application and data planes. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 52(2), 1-38.
- [5] Lopes, I. M., & Oliveira, P. (2017). Can a small city be considered a smart city?. *Procedia computer science*, 121, 617-624.
- [6] Quijano-Sánchez, L., Cantador, I., Cortés-Cediel, M. E., & Gil, O. (2020). Recommender systems for smart cities. *Information systems*, 92, 101545.
- [7] Radivojević, G., Šormaz, G., & Lazić, B. (2020). Trendovi u razvoju i integraciji ITS sistema. *Put i saobraćaj*, LXVI, 3/2020, 33-40.

- [8] Sarker, I. H. (2022). Smart City Data Science: Towards data-driven smart cities with open research issues. *Internet of Things*, 19, 100528.
- [9] IMD World Competitiveness Center. (2024). IMD Smart City Index 2024. Pristupljeno 15.08.2024. na <https://shorturl.at/pnwYH>
- [10] IDC Forecasts Smart Cities Spending to Reach \$158 Billion in 2022, with Singapore, Tokyo, and New York City Among Top Spenders. (2018). Pristupljeno 15.08.2024. na Business Wire. <https://shorturl.at/9DmIJ>
- [11] Smart cities: Serbia (Fact sheet). (2022). Awex Export. Pristupljeno 16.08.2024. na <https://shorturl.at/nOIwO>
- [12] Damjanović, D., Gluščević, A., Marković, S., Nikolić, J., Janjušević, M., & Pozder, N. (2021). Pametni gradovi Srbije: inovativnost i rezilijentnost lokalnih zajednica u Srbiji 2021. godine. PALGO Smart.
- [13] Prigoda, L., Bogavac, M., & Čekerevac, Z. (2022). Srbija i pametni gradovi. *FBIM Transactions*, 10(1), 70-85.
- [14] Manić, I., & Manić, M. (2022). „Smart City” u Srbiji – realnost ili fikcija?. *Zbornik radova sa XVI međunarodnog naučnog skupa Srpski jezik, književnost, umetnost, Kragujevac*, 225-233.

SUMMARY

Implementation of the Smart City System in Serbia – a Review of the Role of the Traffic Profession

Abstract: Modern cities are places of population concentration, and therefore also places of concentration of negative consequences of urbanization, such as environmental pollution, excessive resource consumption and time delays. The concept of smart cities has started to be implemented as a response to the challenges that cities face. It represents a broad term and, in short, it can be described as the concept of applying digital technologies in order to improve the efficiency of the functioning of cities. The smart traffic and transport system is a component of the smart city that sets requirements for the design of the future traffic and transport system so that it contributes to the improvement of the quality of life through the reduction of environmental pollution, sustainable energy consumption, safety and the mitigation of traffic congestion. The number of projects within this concept in Serbia is increasing, with the participation of both large and small cities. In the previous period, smart solutions in the field of traffic and transport had a lower priority compared to other areas, but they were recognized as a factor that significantly affects the citizens' perception of the "smartness" of the city. Traffic engineers have a wide field of activity and a great potential to make a significant contribution, but there is a lack of a systematic approach to the distribution of tasks and roles according to the position from which they operate. The paper presents suggestions for their involvement in the implementation of the smart city system and points out the challenges accompanying that process.

Key words: smart cities, traffic and transport, traffic engineers

Poboljšanje kvaliteta javnog gradskog prevoza u Kantonu Sarajevo: Razvoj metodologije i implementacija standarda

*Mustafa Mehanović, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo,
mustafa.mehanovic@fsk.unsa.ba; mustafamehanovic1@gmail.com*

*Drago Ezgeta, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo,
drago.ezgeta@fsk.unsa.ba*

*Amel Kosovac, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo,
amel.kosovac@fsk.unsa.ba*

Adnan Tatarević, Institut za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo, tatarevic@isik.ba

Rezime: Prevoz putnika u Kantonu Sarajevo (KS) suočava se s izazovima poput neredovnosti, nepouzdanosti, visoke cene i loših pratećih sistema, što doprinosi zagađenju vazduha u Sarajevu, jednom od najzagađenijih gradova u Evropi. Vlada KS i Ministarstvo saobraćaja KS, uz podršku EBRD-a, pokrenuli su projekat za poboljšanje kvaliteta javnog gradskog prevoza (JGPP) putem uvođenja ugovora s operaterima, koji će regulisati odnose i postaviti metodologiju za praćenje kvaliteta usluge. Ključni deo projekta je razvoj „Indeksa zadovoljstva putnika” (IZP) za ocenu usluga. Ovaj rad analizira razvoj Metodologije za ocenu kvaliteta usluge (MOKU), ocenu postojećih usluga i plan za implementaciju podsticaja i kazni zasnovanih na Indikatorima kvaliteta usluga (IKU) i IZP-u, s ciljem unapređenja efikasnosti i kvaliteta JGPP u Sarajevu, u skladu s evropskim standardima i najboljim praksama.

Ključne reči: Javni prevoz, Kvalitet usluge, Kanton Sarajevo, Indeks zadovoljstva, Urbana mobilnost

1 UVOD

Kanton Sarajevo, kao najveće urbano područje u Bosni i Hercegovini, suočava se sa izazovima u organizaciji javnog gradskog prevoza (JGPP), koji pokriva centralne gradske zone, šire gradske oblasti i prigradska naselja. Sistem prevoza trenutno opslužuju dva operatera, ali korisnici se često suočavaju sa problemima poput neredovnosti, kašnjenja, nepouzdanosti i visokih troškova, što značajno utiče na kvalitet života građana. Nedostaci u pratećim uslugama dodatno smanjuju atraktivnost javnog prevoza, dok prekomerna upotreba privatnih vozila doprinosi zagađenju vazduha, čineći Sarajevo jednim od najzagađenijih mesta u Evropi.

Kako bi se poboljšalo postojeće stanje, Vlada Kantona Sarajevo, uz podršku Ministarstva saobraćaja, pokrenula je niz projekata za unapređenje kvaliteta usluga javnog prevoza. Fokus je na uspostavljanju jasnog ugovornog okvira između kantonalne vlade i operatera, koji uključuje metodologije za planiranje, praćenje i ocenu kvaliteta usluge. Ove mere omogućavaju uvođenje podsticaja ili kazni za operatere, zavisno od postignutih rezultata.

Poseban naglasak stavljen je na razvoj sistema za merenje kvaliteta usluge iz perspektive korisnika, kroz „Indeks zadovoljstva putnika” (IZP), koji će se temeljiti na povratnim

informacijama od korisnika prikupljenim putem anketa. Ovaj pristup omogućava prikupljanje objektivnih podataka o stvarnim iskustvima putnika, što je ključno za dalja unapređenja.

Cilj ovog rada je doprineti razvoju metodologije za ocenu kvaliteta usluga javnog prevoza, u skladu sa evropskim standardima i najboljim praksama. Fokus je na definisanju i implementaciji Metodologije za ocenu kvaliteta usluge (MOKU), oceni trenutnog stanja, i upravljanju pritužbama korisnika, što će dugoročno poboljšati kvalitet i efikasnost javnog prevoza u Sarajevu.

2 PREGLED TRENUTNOG STANJA, ZAKONSKI I INSTITUCIONALNI OKVIRI

Kanton Sarajevo, koji obuhvata glavni grad Bosne i Hercegovine i okolna područja, suočava se sa značajnim izazovima u oblasti javnog gradskog prevoza putnika (JGPP). Iako su linije prevoza dobro razvijene i obuhvataju kako centralne, tako i prigradske opštine, postoje brojni problemi u pogledu tačnosti, pouzdanosti i opšteg kvaliteta usluga koje korisnici dobijaju.

Ovi problemi su u velikoj meri rezultat niza faktora, uključujući specifične geografske i klimatske uslove koji otežavaju organizaciju i održavanje redovnog prevoza. Uz to, infrastruktura i prateći sistemi nisu dovoljno razvijeni da bi se obezbedio adekvatan nivo usluge, što doprinosi opštem nezadovoljstvu među korisnicima. Loš kvalitet usluge često odvraća putnike od korišćenja javnog prevoza, čime se povećava upotreba privatnih vozila i, kao posledica, pogoršava zagađenje vazduha u gradu.

Zakonski okvir koji reguliše javni prevoz u Kantonu Sarajevo utemeljen je na više nivoa vlasti, uključujući kantonalne, federalne i državne propise. Osnovni zakon koji uređuje ovu oblast na kantonalnom nivou ne sadrži dovoljno detaljne odredbe o standardima kvaliteta usluge. Ovaj nedostatak rezultirao je situacijom u kojoj su operateri slobodni u određivanju nivoa usluge, bez dovoljno jasnih kriterijuma za ocenu i nadzor.

Potreba za usklađivanjem sa evropskim standardima, poput EN 13816, postaje sve izraženija kako bi se unapredila konkurentnost javnog prevoza i postigao viši nivo zadovoljstva korisnika. Implementacija ovih standarda omogućila bi preciznije praćenje i poboljšanje kvaliteta usluga, što je od ključne važnosti za dugoročnu održivost JGPP-a.

Upravljanje javnim gradskim prevozom u Kantonu Sarajevo povereno je Ministarstvu saobraćaja Kantona Sarajevo, koje ima ključnu ulogu u planiranju, regulisanju i nadzoru nad operaterima. Ministarstvo je prepoznalo potrebu za poboljšanjem trenutnog stanja i pokrenulo niz inicijativa usmerenih na unapređenje kvaliteta usluga.

Međutim, institucionalna struktura koja upravlja JGPP-om suočava se sa izazovima u pogledu implementacije i praćenja usvojenih standarda. Nedostatak jasnih kriterijuma za ocenu kvaliteta usluga dodatno komplikuje situaciju, otežavajući procese nadzora i primene sankcija ili podsticaja.

U cilju rešavanja postojećih problema, Kanton Sarajevo je dobio značajnu podršku od međunarodnih organizacija, prvenstveno Evropske banke za obnovu i razvoj (EBRD). Ova podrška omogućila je realizaciju projekata koji uključuju nabavku nove opreme za javni prevoz i konsultantske usluge za istraživanje i praćenje kvaliteta usluga. Ove aktivnosti imaju za cilj modernizaciju JGPP-a i njegovo usklađivanje sa savremenim standardima kvaliteta, čime će se unaprediti efikasnost i održivost sistema.

3 METODOLOGIJA

Izrada metodologije obuhvata definisanje performansi sistema javnog prevoza putnika u gradovima, standarde i metode korišćene u oceni kvaliteta usluga prevoza. [1] Model ocene kvaliteta usluga biće razvijen na osnovu sagledavanja pozitivnih strana korišćenih modela i specifičnosti sistema javnog gradskog prevoza putnika u KS. Metodologijom su definisani ulazni podaci i podaci koji će se koristiti za donošenje konačnih odluka u Ministarstvu saobraćaja KS. Analiza ulaznih podataka prikupljenih na više mesta i izvora daje osnovu za izradu Metode za ocenu kvaliteta usluge (MOKU) JGPP KS. Metodologija u ovom zadatku zasnovana je na opšteprihvaćenim principima sa aspekta struke i sa praktičnog aspekta.

3.1 *Prakse u primeni modela za ocenu kvaliteta usluga prevoza putnika*

U proceni kvaliteta usluga prevoza, nekoliko modela se ističe kao standardne prakse koje se primenjuju u različitim gradovima. Jedan od najčešće korišćenih modela je SERVQUAL. Ovaj model meri kvalitet usluge kroz pet dimenzija: pouzdanost, sigurnost, materijalni aspekti, empatija i odziv. Kroz anketu, korisnici ocenjuju svoja očekivanja i percepciju usluga, omogućavajući prevoznicima da identifikuju razlike između očekivanog i pruženog kvaliteta usluge.

Pored SERVQUAL-a⁷, SERVPERF model se fokusira na stvarnu performansu usluge, za razliku od očekivanja korisnika. KANO⁸ model analizira elemente usluge koji utiču na zadovoljstvo korisnika, razlikujući osnovne, uzbudljive i neočekivane elemente. Net Promoter Score (NPS) je alat koji meri lojalnost korisnika, dok Gap model identifikuje praznine između očekivanja korisnika i stvarnog pružanja usluge. Za analizu procesa prevoza usluga poznat je model Servuction⁹.

U praksi, različiti gradovi primenjuju ove modele na različite načine. Na primer, u Škotskoj [2] se koristi indikator kvaliteta usluga za praćenje zadovoljstva korisnika, dok u Italiji i Francuskoj ugovori između gradskih vlasti i prevoznika uključuju precizne mere i bonuse/maluse za postignuti nivo kvaliteta. U ovim ugovorima, kao što je prikazano u Firenci i Grenoblu, kvaliteta usluga se meri kroz redovnost vožnji, čistoću, odnose s korisnicima i pružanje informacija. Ove prakse pokazuju da je kombinacija različitih modela i pristupa ključna za sveobuhvatno ocenjivanje kvaliteta usluga prevoza, prilagođeno specifičnim potrebama i ciljevima svakog grada ili regije.

3.2 *Razvoj metode za ocenu kvaliteta usluga javnog gradskog prevoza*

Razvoj metode za ocenu kvaliteta usluga javnog gradskog prevoza u Kantonu Sarajevo (MOK) zasniva se na evropskom standardu EN 13860. Metodologija se fokusira na kontinuirano poboljšanje, sistematsko praćenje, redovnu evaluaciju i transparentnost prema korisnicima.

⁷ SERVQUAL je model koji se koristi za mjerenje i procjenu kvaliteta usluga. Razvijen je od strane Parasuramana, Zeithamla i Berryja i prvi put predstavljen 1985. godine.

⁸ KANO - ime autora modela

⁹ „Servuction” predstavlja termin koji kombinuje riječi „service” (usluga) i „production” (proizvodnja) i odnosi se na model koji se koristi za analizu i opisivanje procesa pružanja usluga. Ovaj koncept je razvio Richard Normann, a zatim ga je razradio i proširio Christian Grönroos.

Ključni indikatori uključuju tačnost dolazaka, odnose s korisnicima, čistoću vozila i kvalitet informacija. Sankcije se primenjuju za neusklađenost s postavljenim standardima.

MOK u KS definiše metode merenja, kategorije usluga, registar žalbi i sistem podsticaja i kazni zasnovan na indikatorima kvaliteta i indeksu zadovoljstva putnika. Metodologija se prilagođava lokalnim uslovima uz poštovanje evropskih normi.

3.3 Metodologija Ocene kvaliteta usluga (MOK)

Metodologija ocene koristi višekriterijumsko vrednovanje s modelom SAW (Simple Additive Weighting) [3], uključuje:

1. Definisane matrice indikatora: Određivanje indikatora i njihovih vrednosti.
2. Težinski koeficijenti: Određivanje težine svakog indikatora.
3. Normalizacija: Izračunavanje normaliziranih vrednosti za svaki indikator.
4. Izračunavanje ukupnog broja bodova: Multiplikacija vrijednosti indikatora s težinskim koeficijentima i sumiranje rezultata.

Matricu indikatora čine dve grupe indikatora (IKU) i (IZP):

Indikatori kvaliteta usluga (IKU) prevoza obuhvataju broj otkazanih vožnji i kilometara, odstupanja od zahteva za čistoću autobusa, vožnje sa kašnjenjem većim od tri minuta, odgovarajuće oznake linija i odredišta, funkcionalnost informacionog sistema zvuka za putnike, dostupnost poništivača karata i broj prijavljenih žalbi.

Indeks zadovoljstva putnika (IZP) dodatno meri zadovoljstvo putnika putem intervjua. On ocenjuje pouzdanost, sigurnost, kvalitet informacija, ponašanje vozača, čistoću vozila i odgovore na žalbe. Putnici ocenjuju svaku stavku na skali od 1 do 10, a rezultati se koriste za dodelu podsticaja ili kazni.

Težinski koeficijenti moraju biti usklađeni tako da njihov zbir bude 100. Na osnovu ovih koeficijenata određuje se ukupna ocena kvaliteta usluge za različite aspekte i vremenske periode.

Za praćenje i upravljanje kvalitetom usluga prevoza putnika preporučena je skala sa 6 nivoa: A (85-100 bodova), B (70-85 bodova), C (55-70 bodova), D (40-55 bodova), E (20-40 bodova), i F (0-20 bodova).

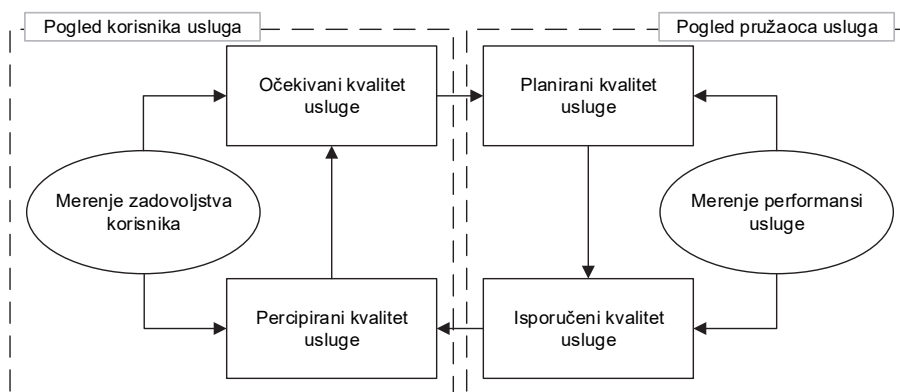
Ova metodologija omogućava objektivnu i sveobuhvatnu ocenu usluga javnog prevoza, pomažući u identifikaciji i unapređenju oblasti koje zahtevaju poboljšanje.

4 STANDARDI ZA OCENU KVALITETA USLUGA U JAVNOM PREVOZU PUTNIKA

Za definisanje modela za ocenu kvaliteta usluga prevoza putnika potrebno je sagledati standarde koji se primenjuju u rešavanju ovog zadatka. Obuhvaćeni su standardi u EU i SAD. [4]

Evropski standardi za ocenu kvaliteta usluga u javnom prevozu putnika uključuju regulativu EU i specifične norme koje definišu merenje i upravljanje kvalitetom. Regulativa (EZ) br. 1370/2007 usmerava javne vlasti u pružanju usluga od opšteg interesa, osiguravajući visok kvalitet i sigurnost. STN EN 15140 pruža smernice za merenje kvaliteta usluga, dok norma EN 13816:2002 definiše kriterije kvaliteta, metodologije merenja i upravljanje kvalitetom. [5], [6] Ovi standardi podrazumijevaju različite nivoe kvaliteta, kao što su očekivani, planirani, isporučeni i percipirani kvalitet usluga, (slika 1). EN 13816 takođe uvodi osam kategorija kriterija kvaliteta, uključujući dostupnost, pristupačnost, informacije, vrijeme, brigu o putnicima, udobnost, sigurnost i uticaj na okolinu.[6] S druge strane,

u SAD-u ne postoje obavezni standardi, ali se primjenjuju preporučeni programi kao što su TCRP 88, 100 i 47, koji služe kao smernice za merenje i poboljšanje kvaliteta usluga u javnom prevozu. [7], [8], [9] Ovi standardi omogućavaju pružateljima usluga da prilagode i unaprijede svoje usluge prema specifičnim potrebama korisnika.



Slika 1: Pogled korisnika i pogled pružaoca usluga na kvalitete usluge prema EN 13816¹⁰

Dakle, kvaliteta usluge je podjeljen na sledeće nivoe:

- Očekivani kvalitet usluge – eksplicitno ili implicitno zahtijevan od strane kupaca. Nivo kvaliteta može se definisati kao zbir povoljnih kriterija kvaliteta. Relativna ozbiljnost navedenih kriterija može se razmotriti kvalitativnom analizom.
- Planirani kvalitet usluge – nivo kvaliteta koju treba isporučiti pružatelj usluge.
- Kvaliteta isporučene usluge – nivo usluge postignut u svakodnevnoj praksi. Kvalitet ponuđene usluge meri se pogledom korisnika. U merenju možemo koristiti statističke i opservacijske (posmatranje) metode (direktno merenje učinka).
- Percipirani kvalitet usluge – nivo kvaliteta koji percipiraju korisnici. Percepcija kvaliteta isporučenih usluga ovisi o osobnim iskustvima korisnika s uslugom ili pomoćnim uslugama te informacijama o usluzi.

Razlika između „očekivanog kvaliteta usluge” i „percipiranog kvaliteta usluga” može se smatrati stepenom zadovoljstva korisnika. Razlika između „očekivanog kvaliteta usluga” i „planiranog kvaliteta usluga” izražava stepen ispunjenja zahtjeva korisnika od strane pružatelja usluga. Razlika između „planiranog kvaliteta usluga” i „isporučenog/pružanja kvalitetnih usluga” izražava stepen učinkovitosti pružatelja usluga prema postavljenim ciljevima.

Na osnovu standarda partneri, koji su uključeni u proizvodnju usluga javnog prevoza, trebaju u ugovor o javnom prevozu uključiti i sistem upravljanja kvaletom usluga koji obuhvata:

- izbor kriterija na osnovu liste kriterija kvaliteta
- određivanje ciljnog nivoa performansi za svaki kriterij, što također uključuje prag neadekvatnosti,

¹⁰ izvor: obrada autora prema EN 13816

- merenje učinka, što posebno uključuje sljedeće: izbor metoda merenja, odlučivanje o frekvenciji merenja, odluka o metodi vrednovanja rezultata i pravilnoj validaciji (o validaciji/odobrenju), dokumentiranje rezultata.

5 PRIMJENA MODELA I ANALIZA KVALITETA USLUGE PREVOZA U KANTONU SARAJEVO

U izvještaju o analizi ukupnog nivoa usluga prevoza putnika su predstavljeni rezultati dobiveni primjenom modela za ukupnu ocenu kvaliteta (tabela 1).

Tabela 1: Izračunati broj bodova kvaliteta usluge prevoza

1	Indikatori kvaliteta usluge prevoza putnika (IKU)	Raspon	Vrijednost indikatora		Svedeno na ocenu od 1 do 10	Težina indikatora	Broj bodova
1.1	Broj otkazanih vožnji i kilometara	0-100%	5,00	%	5,000	20	10,00
1.2	Broj odstupanja od zahtjeva za čistim autobusima (unutrašnjost i spoljašnjost)	0-100%	22,92	%	7,708	3	2,31
1.3	Broj vožnji sa kašnjenjem >3 minute od polaska pod uslovom da je autobus stigao na vrijeme do terminusa	0-100%	5,84	%	9,416	6	5,65
1.4	Odgovarajuće oznake linija i odredišta	0-100%	10,42	%	8,958	4	3,58
1.5	Informacioni sistem zvuka za putnike u vozilu	0-100%	25,00	%	7,500	2	1,50
1.6	Dostupnost poništivača karata (Broj poništivača neispravnih ili nedostajućih u vozilima na kraju mjeseca)	0-100%	12,50	%	8,750	2	1,75
1.7	Broj prijavljenih žalbi	0-30	15,00		5,000	3	1,50
						40	26,30
2	Indeksa zadovoljstva putnika (IZP)						
	Prosječna vrijednost indeksa zadovoljstva putnika	10-0	6,94		6,94	60	41,64
UKUPNO						100	67,94

Kao rezultat primijenjene metode ocene kvaliteta dobivena je jedna ocena nivoa kvaliteta usluge 67,94, što znači da je nivo kvaliteta usluge prevoza C, tj od 55 do 70 bodova.

6 ANALIZA REZULTATA I PREPORUKE

Ocena C označava srednji nivo kvaliteta usluge, što ukazuje na to da postoje područja koja bi mogla biti poboljšana kako bi se postigao viši nivo zadovoljstva putnika.

Najvažniji pokazatelj prema težinskom koeficijentu je Indeks zadovoljstva putnika (IZP), koji nosi 60% ukupne težine. Poboljšanje u ovom području može značajno uticati na ukupnu ocenu. Područja s nižim bodovima unutar IKU, kao što su informacioni sistem zvuka i dostupnost poništivača karata, mogu biti prioritetna za poboljšanje kako bi se povećao nivo kvaliteta usluge. Broj otkazanih vožnji ima najveću pojedinačnu težinu unutar IKU indikatora, što ukazuje na njegovu važnost u percepciji kvaliteta usluge.

Kao preporuke za poboljšanje nivoa kvaliteta usluge prevoza na osnovu rezultata analize mogu se izdvojiti sljedeće mere:

- Fokusirati se na poboljšanje oblasti sa nižim bodovima, posebno onih koje su od važnosti za putničko zadovoljstvo.
- Razmotriti strategije za smanjenje broja otkazanih vožnji i odstupanja od zahtjeva za čistoćom, kao i za unapređenje komunikacijskih sistema u autobusima.
- Nastaviti prikupljati povratne informacije od putnika kako bi se identificirale dodatne prilike za poboljšanje.

7 ZAKLJUČAK

Metodologija primenjena u ovom radu ključna je za objektivnu i sistematsku ocenu kvaliteta usluga prevoza. Ona omogućava precizno kvantifikovanje različitih aspekata usluga i pomaže u identifikaciji ključnih područja za poboljšanje. Kroz jasno definirane indikatore i težinske koeficijente, metodologija pruža transparentan pregled trenutnog stanja i osigurava da se prioriteta za unapređenje temelje na konkretnoj analizi. Time se omogućava ciljana intervencija za poboljšanje iskustva putnika i postizanje višeg nivoa kvaliteta usluga.

LITERATURA

- [1] Mehanović, M. Planiranje ponude usluga u gradskom prometu putnika. *Fakultet za saobraćaj i komunikacije Sarajevo*, 2011.
- [2] Morton, C, Caulfield, B and Anable, J orcid.org/0000-0002-4259-1641 (2016) Customer perceptions of quality of service in public transport: Evidence for bus transit in Scotland. *Case Studies on Transport Policy*, 4 (3). pp. 199-207. ISSN 2213-624X
- [3] Mehanović, M. Zadaci i primeri iz teorije i prakse u javnom prevozu putnika/Assignments and examples from theory and practice in public transport of passengers. *Faculty of Transport and Communication, Sarajevo*, 2005.
- [4] New York Metropolitan Transportation Council, *Hub-Bound Travel 1995*, NewYork, NY (1997)
- [5] STN EN 15140 – Public passenger transport – basic requirements and recommendations for systems that measure delivered service quality.
- [6] STN EN 13816 -Transportation. Logistics and services. Public passenger transport. Service quality definition, targeting and measurement.
- [7] TCRP 100. Transit Capacity and Quality of Service.
- [8] TCRP 88. A Guidebook for Developing a Transit Performance Measurement System.
- [9] TCRP 47. A Handbook for Measuring Customer Satisfaction and Service Quality.

SUMMARY

Improving the Quality of Public Urban Transport in Canton Sarajevo: Development of Methodology and Implementation of Standards

Abstract: Passenger transport in Sarajevo Canton (KS) faces challenges such as irregularity, unreliability, high costs, and poor supporting systems, contributing to air pollution in Sarajevo, one of the most polluted cities in Europe. The KS government and the Ministry of Transport, with the support of the EBRD, have launched a project to improve public urban transport (JGPP) through the introduction of contracts with operators that will regulate relationships and establish a methodology for monitoring service quality. A key part of the project is the development of the “Passenger Satisfaction Index” (IZP) for service evaluation. This work analyzes the development of the Service Quality Assessment Methodology (MOKU), the evaluation of existing services, and the plan for implementing incentives and penalties based on Service Quality Indicators (IKU) and IZP, with the aim of enhancing the efficiency and quality of JGPP in Sarajevo, in line with European standards and best practices.

Key words: Public transport, Service quality, Canton Sarajevo, Passenger satisfaction index, Urban mobility

Metro bus sistem i mogućnosti uspostavljanja u Beogradu

Snežana Dimitrijević, dis, CEP Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, dimitris@cep.rs

Rezime: Metro bus sistem ili brzi autobuski (prevoz) transport (BAT) je sistem javnog transporta putnika koji je zasnovan na autobuskom podsistemu, i projektovan tako da ima veći kapacitet i pouzdanost od konvencionalnog autobuskog sistema. Karakteristično za metro bus sistem je da se on kreće delovima ulične mreže koji su namenjeni autobusima, a na raskrsnicama ako se ukršta sa drugim vidovima saobraćaja, ima prioritet. Metro bus sistem ima za cilj da kombinuje kapacitet i brzinu metroa sa fleksibilnošću, nižom cenom uspostavljanja i eksploatacije i jednostavnošću autobuskog sistema. Već nekoliko decenija unazad, u Beogradu je evidentan nedostatak visokokapacitativnog sistema javnog transporta putnika. Visokokapacitativni prevoz putnika u drumskom saobraćaju u Beogradu se može obezbediti uspostavljanjem metro bus sistema u profilu postojećeg auto-puta kroz Beograd. Trasa postojećeg auto-puta predstavlja resurs i potencijal koji je u tom smislu potrebno studiozno istražiti i analizirati, s obzirom na to da se radi o veoma kompleksnom području i izuzetno zahtevnom sistemu. Metro bus linija u profilu postojećeg auto-puta neće predstavljati konkurenciju planiranim linijama metroa, već će se dopunjavati i u interakciji obezbediti viši nivo usluge u sistemu javnog gradskog transporta putnika. Dija-metralni pravac auto-puta u konceptu ulične mreže, prema svim dosadašnjim analizama, biće okosnica gradske ulične mreže i u tom smislu predstavljaće veliki izazov u eksploataciji potencijala auto-puta, prvenstveno za rešenja koje će obuhvatiti sektor javnog gradskog transporta putnika.

Ključne reči: saobraćaj, metro bus, brzi autobuski transport, planiranje

1 UVOD

Javni prevoz ima moć da poveže prostore – ljude i gradove. Dobro isplaniran sistem javnog transporta putnika je brz, udoban, prihvatljivih cena, dostupan i pristupačan. Dostupnost bezbednom, modernom javnom prevozu predstavlja jedinstvenu alternativu korišćenju putničkih automobila, koji su glavni izvor socioekonomskih nejednakosti i imaju veliki uticaj na klimatske promene u gradovima širom sveta. Metro bus ili Brzi autobuski transport (BAT) ili na engleskom *Bus rapid transit* (BRT) – je sistem javnog transporta putnika zasnovan na autobuskom sistemu, ali oblikovan kao kapacitativniji i pouzdaniji od konvencionalnog autobuskog sistema. Osnovno obeležje metro bus sistema je da se odvija na delovima ulične mreže koji su namenjeni autobusima, a u raskrsnicama ima prioritet. Prvi sistem brzo autobuskog prevoza uspostavljen je u Engleskoj, u gradu Rankorn 1971. godine, a do danas preko 170 gradova na šest kontinenata imaju implementirane sisteme brzog autobuskog prevoza ili metro busa – što predstavlja preko 5000 km BRT mreže, sa oko 35 miliona prevezenih putnika svakog dana, od čega je oko 20 miliona prevezenih putnika samo u Južnoj Americi u kojoj je preko 50 gradova sa uspostavljenim sistemima metro busa. Izraz „brzi autobuski prevoz“ (*Bus rapid transit*) se

uglavnom koristi u Americi i Kini, u Meksiku i Turskoj se koristi izraz „metrobus”, u Indoneziji – „busway”, Velikoj Britaniji – „quality bus”, a izraz „transitway” je nastao 1981. godine u Kanadi.

2 KARAKTERISTIKE SISTEMA BRZOG AUTOBUSKOG TRANSPORTA I BRT STANDARD

Metro bus se može uspostaviti na velikom delu ulične mreže sa različitim eksploatacionim uslovima, kao što su: prioritetni prolazi na površinskim raskrscima, mešovite saobraćajne trake, namenske saobraćajne trake, saobraćajne trake fizički izdvojene samo za autobuski saobraćaj, itd. Metro bus je sistem koji se može kvantifikovati brojnim faktorima. Institut za saobraćajnu i razvojnu politiku – ITDP iz Njujorka (*Institute for Transportation and Development Policy*) 2012. godine je razvio tzv. "BRT standard" kojim se omogućava kvantifikacija BRT koridora tako što se formira i ažurira lista koridora u celom svetu koji ispunjavaju minimalnu definiciju brzog autobusnog transporta. Indikatori koje se koriste za procenu učinka BRT ili metro bus sistema su:

- Prosečan vremenski interval između vozila na istoj liniji – autobusi saobraćaju na 10 sekundi ili manje, formirajući „plotune” autobusa i obezbeđujući veliki kapacitet;
- Kapacitet vozila – kreće se od 50 za solo do 200 za zglobni autobus koji ima prostor i za putnike koji stoje;
- Presedačka efikasnost stajališta – zadovoljavanje zahteva putnika za presedanjem;
- Efikasnost „dovodnog sistema” tj. delova sistema javnog gradskog putničkog transporta koji „pun” metro bus sistem – dopremanje putnika do stajališta potrebnom brzinom;
- Lokalna potražnja putnika za korišćenjem linija metro bus sistema – bez lokalne potražnje za putovanjima, kapaciteti linija metro bus sistema se neće iskoristiti.

Primenom navedenih indikatora, minimalnog puta i maksimalnog kapaciteta vozila, teoretski maksimalni protok izmeren u putnicima na sat po pravcu – p/h/p (*Peak passengers per hour per direction – PPHPD*) za jednu saobraćajnu traku je oko 90.000 putnika na sat (250 putnika po vozilu, jedno vozilo svakih 10 sekundi). TransMilenio iz Bogote drži rekord u svetu, sa 35.000 do 40.000 p/h/p u odnosu na druge sisteme koji rade u opsegu od 15.000 do 25.000 p/h/p.

Tabela 1. Karakteristike nekih metro bus sistema u svetu

Grad	Sistem	p/h/p (PPHPD)	Putnika/dan	Dužina (km)
Bogota, Kolumbija	TransMilenio	35.000 – 40.000	2.150.000	113
Ahmedabad, Indija	Ahmedabad BRT	20.000	450.000	125
Guangđžou, Kina	Guangzhou BRT	26.900	1.000.000	22
Kuritiba, Brazil	Rede Integrada de Transporte	13.900 – 24.100	2.260.000	81
Meksiko Siti, Meksiko	Mexico City Metrobus	18.500	1.800.000	140
Belo Horizonte, Brazil	Sistema MOVE	15.800 – 20.300	1.100.000	24
Istanbul, Turska	Metrobus	7.300 – 19.500	900.000	52
Nju Džerzi, SAD	Lincoln Tunnel XBL	15.500	620.000	43
Brizbejn, Australija	South East Busway	15.000	850.000	23
Džakarta, Indonezija	TransJakarta	48.000	2.200.000	251

Standard brzog autobusnog transporta (BRT Standard) je alat za procenu koridora u brzom autobuskom prevozu širom sveta i zasnovan je na najboljim međunarodnim praksama. BRT Standard je kreiran „da bi se uspostavila zajednička definicija brzog autobusnog prevoza, osiguralo da koridori BRT-a putnicima ujednačenije isporučuju nivo usluge svetske klase, značajne ekonomske koristi i pozitivan uticaj na životnu sredinu“. Standard je razvijen kao odgovor na nedostatak konsenzusa među planerima i inženjerima o tome šta čini pravi BRT koridor. Standard je nastao kako bi se obezbedilo da koridori širom sveta ispunjavaju minimalni standard kvaliteta i da obezbeđuju dosledne putničke, ekonomske i ekološke koristi. Standard uspostavlja zajedničku definiciju za BRT tj. metro bus i identifikuje najbolju praksu, kroz uspostavljeni sistem bodovanja koji omogućava da se koridori procene i prepoznaju po njihovim performansama i aspektima upravljanja. Pored toga što služi kao pregled elemenata sistema, standard se primenjuje za ocenu postojećih koridora i njihovu sertifikaciju (koridori sa osnovnom, bronzanom, srebrnom ili zlatnom ocenom). Koridori koji ne ispunjavaju minimalne standarde za osnovne rejtinge ne smatraju se BRT koridorima. Najnovije izdanje BRT Standarda objavljeno je 2024. godine.



Slika 1. BRT stajalište, Brizbejn, Austrija



Slika 2. Metrobus Istanbul

2.1 Poređenje metro bus sistema sa lakom železnicom (LRT)

Nakon otvaranja prvog metro bus sistema 1971. godine u Engleskoj, gradovi, kako u Engleskoj tako i u ostalim delovima sveta, sporo su usvajali BRT jer se verovalo da je kapacitet BRT sistema ograničen na oko 12.000 p/h/p koji putuju u datom pravcu tokom najveće potražnje. Iako je ovo kapacitet koji u npr. SAD nije često dostižan (12.000 je tipičnije kao ukupan dnevni promet), u zemljama u razvoju ovo ograničenje kapaciteta je bilo značajan argument u korist ulaganja u klasičan metro u mnogim gradovima. Međutim, kada je *TransMilenio* otvoren 2000. godine u Bogoti, promenjena je paradigma obezbeđivanjem prolazne trake autobusima na svakom stajalištu i uvođenjem ekspresne usluge u okviru BRT infrastrukture. Ove inovacije su povećale maksimalno dostignuti obim prevoza sistema na 35.000 p/h/p, dok je sistem lake železnice (LRT) ostvario obim prevoza 3500 do 19.000 p/h/p. Da bi se ispunili ovi uslovi, potreban je koridor sa samo jednom slobodnom trakom u svakom smeru, obim prevezenih putnika od 16.000 do 20.000 p/h/p, i dovoljna dužina stajališta da autobus ne blokira raskrsnice.

2.2 Poređenje metro bus sistema sa konvencionalnim autobuskim sistemom

Konvencionalne autobuske linije imaju velike vremenske gubitke i kašnjenja zbog saobraćajnih zagušenja na uličnoj mreži. Konvencionalni autobuski podsistem koristi najčešće zajedničke saobraćajne trake, koje mogu biti spore zbog gužve u saobraćaju. Konvencionalnim autobusima je skoro uvek potrebno duže vreme putovanja u poređenju sa putničkim automobilom koji putuje istom rutom, zbog više faktora:

- ukoliko ne postoji traka samo za autobuse, autobus ne može ići brže od ostalog drumskog saobraćaja, što se naročito manifestuje tokom vršnih sati ili drugih perioda velikih gužvi;
- autobus prilikom zaustavljanja na stajalištu, radi izmene putnika, napušta saobraćajni tok u svojoj traci i ne može da nastavi kretanje dok se ne stvore bezbedni uslovi da se vrati u protočnu traku,
- karte koje se plaćaju gotovinom, uslovljavaju sporo ukrcavanje putnika.

Ovo su samo neki od razloga da putovanje autobusom bude manje komforno za korisnike koji imaju izbor da se kreću putničkim automobilom – bilo zbog potrebe za kraćim vremenom putovanja ili zbog velikih gužvi u autobusima. U Njujorku 2013. godine uočeno je da su autobusi u 34. ulici, koji su prevozili 33.000 p/h/p na lokalnim i ekspresnim linijama, putovali brzinom od 7,2 km/h, samo nešto malo brže od pešačenja. Šezdesetih godina prošlog veka, Ruben Smid je predvideo da će prosečna brzina saobraćaja u centru Londona biti 14 km/h bez drugih destimulativnih faktora kao što je cena putovanja i da je to minimalna brzina koju će korisnici tolerisati. Kada je 2003. godine uvedena naplata zagušenja u Londonu, prosečna brzina saobraćajnog toka je zaista bila 14 km/h. Nasuprot tome, prosečne brzine autobusa u BRT sistemu kreću se od 27 do 48 km/h.



Slika 3. Van Hool zglobni autobus, Mec, Francuska

2.3 Troškovi izgradnje i eksploatacije

Investiciona vrednost implementacije metro bus sistema je niža nego što su troškovi izgradnje infrastrukture za laku železnicu (LRT). Studijama koje su sprovedene u SAD do 2000. godine utvrđeno je da su prosečni troškovi po kilometru za nezavisne autobuske trase iznosili 13,5 miliona dolara, dok su prosečni troškovi LRT-a bili 34,8 miliona dolara. Međutim, ukupna investicija značajno varira zbog faktora kao što su cena građevinskih radova, struktura stajališta, sistem saobraćajne signalizacije, cena vozila, itd. Za isti broj prevezenih putnika, veći su troškovi u razvijenim zemljama nego u zemljama u razvoju. Operateri u razvijenim zemljama izvršavaju usluge sa kapacitativnijim vozilima i većim intervalima sleđenja (manji broj vozila – manje angažovanih radnika). Ovakav način

organizacije rada omogućava prevoz istog broja putnika uz minimiziranje troškova, ali to može predstavljati skriveni trošak za putnike na linijama sa nižom potražnjom jer će u ponudi imati manju učestalost polazaka i duže vreme čekanja. U zemljama u razvoju, prednosti u pogledu operativnih troškova metro busa u odnosu na LRT ili tramvaj su mnogo veće zbog nižih cena rada. Sistemi BRT takođe imaju niže troškove zasnovane na „operativnim troškovima po satu vozila“, „operativnim troškovima po kilometru prihoda“ i „operativnim troškovima po putničkom putovanju“, uglavnom zbog nižih cena vozila i nižih infrastrukturnih troškova. Početni troškovi sa dizel vozilima su takođe mnogo niži i od trolejbuskog sistema.

Zagovornici lake železnice tvrde da operativni troškovi BRT nisu nužno niži od LRT. Kapacitativnija laka šinska vozila imaju smanjene troškove rada po putniku, a jedinični kapitalni trošak po putniku može biti niži od BRT. LRT vozila imaju eksploatacioni vek trajanja od četrdeset godina i više, za razliku od autobusa koji se često moraju zameniti nakon već dvadesetak godina. Delovi sistema LRT-a prolaze pod zemljom, što omogućava nezavisnost u kretanju i samim tim prednost i mnogo brži saobraćaj, međutim, to značajno poskupljuje LRT sistem. Podzemni BRT predložen je 1954. godine, ali je još uvek retkost i dosta je skup. S obzirom na to da većina autobusa radi na dizel, kvalitet vazduha može biti problem u tunelima, ali saobraćajni tunel u centru Sijetla je primer korišćenja hibridnih autobusa, koji prelaze na električni pogon dok su pod zemljom, eliminišući dizel emisije i smanjujući potrošnju goriva.

2.4 Uticaj na životnu sredinu

Za razliku od vozova na električni pogon koji se obično koriste u sistemima za klasični metro i laku železnicu (LRT), vozila u sistemu brzog autobusnog prevoza često koriste dizel ili benzinske motore. Tipični dizel autobuski motor izaziva primetne nivoe zagađenja vazduha, buku i vibracije. Međutim, evidentno je da metro bus sistem i pored toga može da pruži značajne ekološke prednosti u odnosu na putničke automobile. Sistemi BRT mogu zameniti neefikasnu konvencionalnu autobusku mrežu za efikasnije, brže i manje zagađujuće BRT autobuse. Na primer, Bogota je ranije koristila 2700 konvencionalnih autobusa koji su prevozili 1,6 miliona putnika dnevno, dok je *TransMilenio* 2013. godine preveo 1,9 miliona putnika koristeći samo 630 BRT autobusa, što je četiri puta manja flota, koja cirkuliše dvostruko brže, uz značajno smanjenje zagađenja vazduha.

Da bi se smanjile direktne emisije, neki sistemi koriste alternativne oblike vuče kao što su električni ili hibridni motori. Metro bus sistemi mogu da koriste trolejbusove za smanjenje zagađenja vazduha i emisije buke kao što je to slučaj u Pekingu i Kitu. Investiciona vrednost postavljanja nadzemnih vodova mogla bi da se nadoknadi ekološkim prednostima i potencijalom za uštede električne energije, posebno u gradovima gde je električna energija jeftinija od drugih pogonskih goriva. *TransJakarta* autobusi koriste motore na komprimovani prirodni gas, dok je Bogota počela da koristi hibridne autobuse 2012. godine – ovi hibridni sistemi koriste regenerativno kočenje za punjenje baterija kada se autobus zaustavi, zatim koriste električne motore da pokrenu autobus do 40 km/h, nakon čega se automatski prebacuju na dizel motor za veće brzine, što omogućava značajnu uštedu u potrošnji goriva i zagađenju vazduha.

3 MOGUĆNOSTI USPOSTAVLJANJA METRO BUS SISTEMA U BEOGRADU

Osnovne odlike sistema ulične mreže Beograda je da se radi o uličnoj mreži sa nasleđenim fizičko-saobraćajnim ograničenjima, gde dominantne pravce sistema čine uvodno-izvodni primarni saobraćajni pravci, koji ulaskom u gradsko područje postaju segmenti primarne ulične mreže. Ovakva konfiguracija mreže ima za posledicu neravnomeran obim saobraćaja na primarnoj uličnoj mreži koji je posledica radijalnog koncepta primarne mreže, monocentrične strukture grada i razvoja stambenih delova grada uz primarne putne i ulične pravce.

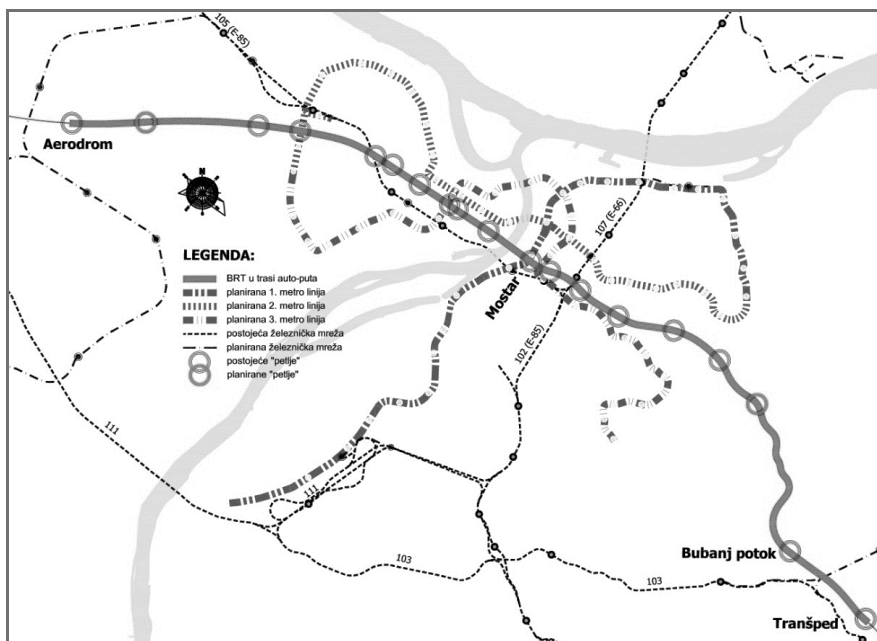
Unapređenje postojeće primarne ulične mreže Beograda predviđeno je planiranim koncentričnim elementima mreže (Unutrašnji magistralni poluprsten, Spoljašnja magistralna transversala) i dijametralnom dispozicijom postojećeg auto-puta, koji je u svim saobraćajnim studijama i generalnim urbanističkim planovima planiran kao gradski auto-put nakon završetka obilaznice oko Beograda. Uspostavljanjem koncentričnih i dijametralnih primarnih uličnih pravaca dominantno radijalna koncepcija mreže će se modifikovati u radijalno-prstenastu, kao povoljniju, sa stanovišta odvijanja drumskog saobraćaja. Dijametralni pravac auto-puta u konceptu ulične mreže, prema svim prethodno sprovedenim analizama, biće okosnica gradske ulične mreže i u tom smislu predstavljaće veliki izazov, kako za donosiocce odluka, tako i za saobraćajne planere i projektante, da iskoriste potencijal auto-puta prvenstveno za rešenja koje će obuhvatiti sektor javnog gradskog transporta putnika.

Iako u vidovnoj raspodeli kretanja na području Beograda, kretanje vozilima javnog gradskog transporta putnika učestvuje sa veoma značajnih skoro 50% od ukupnog obima kretanja, ne može se reći da taj sistem funkcioniše sa visokim nivoom usluge, već da je to posledica stanja u transportnom sistemu grada (mali procenat naplate izvršenog prevoza, velika zagušenja, deficit parking mesta, itd.).

Dispozicija trase postojećeg auto-puta kroz Beograd, dijametralno preseca grad i svojim položajem tangira mnoge značajne gradske funkcije i zone. U strukturi saobraćajnog toka na auto-putu, u uslovima pre završetka obilaznice oko Beograda, značajan udeo ima tranzitni saobraćaj (u nekim mesecima ide i do 38%). Završetkom obilaznice stvoriće se uslovi da se tranzitni saobraćaj dislocira sa gradske deonice što će predstavljati priliku da se potencijal u „oslobođenom” delu kapaciteta auto-puta iskoristi prvenstveno za sistem javnog gradskog transporta putnika.

Više decenija unazad, u Beogradu je evidentan nedostatak visokokapacitativnog sistema javnog transporta putnika. Planirane linije metroa nisu konkurencija trasi postojećeg auto-puta, tj. potencijalnog metro busa, već će se dopunjavati i u interakciji obezbediti viši nivo usluge u sistemu javnog gradskog transporta putnika.

Visokokapacitativni prevoz putnika se može obezbediti i u drumskom saobraćaju tako da trasa auto-puta kroz Beograd predstavlja resurs i potencijal koji je u tom smislu potrebno studiozno analizirati, kroz različita istraživanja, s obzirom na to da se radi o veoma kompleksnom području i izuzetno zahtevnom sistemu. U skladu sa karakteristikama i zahtevima kojima se sistem brzog autobusnog transporta odlikuje, kao i sa utvrđenim karakteristikama auto-puta, nameće se potencijalno rešenje implementacije metro bus sistema u koridor auto-puta.

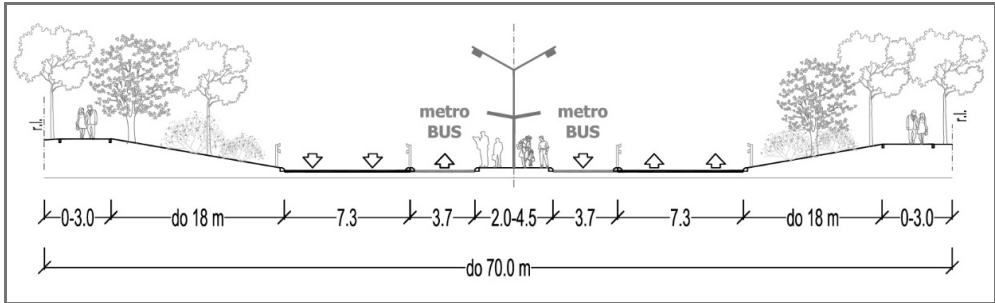


Slika 4. Prostorna dispozicija auto-puta i planiranih metro linija u Beogradu

Profil auto-puta čine tri saobraćajne trake a nezavisnost trase metro busa se može obezbediti vođenjem u krajnjim levim trakama, u suprotnom smeru od kretanja ostalog dinamičkog saobraćaja – gde bi osnovna obeležja uspostavljenog sistema bila sledeća:

- krajnje leve trake se regulišu u režimu "autobuskih traka" i duž cele trase se vode nezavisno, tj. nemaju nigde ukrštanja,
- u svakoj kolovoznoj traci krajnja leva traka se opredeljuje za kretanje metro busa tako što se može fizički odvojiti (elastičnom ogradom ili „Nju Džerzi” elementima) od srednje saobraćajne trake,
- kapacitet auto-puta je (2+1) x 2, s tim što je „autobuska traka” raspoloživa isključivo vozilima u sistemu metro busa,
- predlog je da se trasa linije uspostavi na potezu između petlji Aerodrom i Tranšped (Ikea), dužina trase 31 km,
- zone postojećih (15) i planiranih (2) denivelisanih raskrsnica („petlji”) predstavljaju lokacije potencijalnih stajališta duž trase metro-busa,
- potrebna je modifikacija mreže linija javnog gradskog transporta putnika, iz koridora auto-puta bi se funkcionalno izmestile sve konvencionalne autobuske linije,
- uspostavljanjem nove mreže konvencionalnih linija potrebno je obezbediti „presecanje” linija metro busa u zonama denivelisanih raskrsnica i formirati presađake punktove sa kojih će se „puniti” vozila metro busa,
- vozila metro busa se vode krajnjim levim trakama u suprotnom smeru od smera kretanja ostalog dinamičkog saobraćaja kako bi se središnje razdelno ostrvo koristilo za formiranje stajališnih platoa,

- u razdelnom ostrvu se uređuju stajališni platoi sa kojih se pasarelama (ili pothodnicima) obezbeđuju pešačke veze sa prostorom u kontaktnoj zoni auto-puta,
- u zonama terminalnih stajališta, kao i na stajalištima duž trase gde se utvrdi da je to potrebno, obezbediti uslove za realizaciju "park and ride" punktova, itd.



Slika 5. Profil auto-puta sa "metro bus trakama" u krajnjoj levoj traci

Za navedena rešenja potrebno je uraditi pilot projekat i prethodne studije opravdanosti kako bi se sa svih aspekata sagledala funkcionalnost i isplativost rešenja, kao i mogućnosti za obezbeđenje elemenata sistema u skladu sa BRT standardom.

4 ZAKLJUČAK

U poređenju sa drugim tradicionalnim načinima prevoza kao što su laki železnički transport (LRT) ili masovni brzi transport (MRT), usluga metro busa ili brzog autobusnog transporta je privlačna za mnoge gradove jer su troškovi uspostavljanja i funkcionisanja metro bus sistema mnogo niži: nema troškova izgradnje infrastrukture (pruga), obuke vozača su jednostavnije, manje koštaju i ima ih više na tržištu rada, troškovi održavanja infrastrukture su niži i održavanje autobusa je jednostavnije i jeftinije od održavanja železničkih kompozicija. Autobusi su fleksibilniji od šinskih vozila, autobuska trasa se uvek može promeniti ili korigovati, bilo privremeno ili trajno, da bi se zadovoljila promenljiva potražnja ili da se zaobiđu nepovoljni uslovi na trasi uz relativno niska ulaganja.

Zbog navedenog metro bus stoga deluje kao "most" za takve trase. Nešto je skuplji i manje fleksibilan zbog infrastrukture potrebne za ublažavanje efekata usporavanja navedenih gore, ali je znatno jeftiniji od železničkog transporta, i nudi brzinu i kapacitet koji, iako se obično ne poklapaju sa železnicom po meri, mogu daleko premašiti kapacitet konvencionalnih autobuskih linija što umnogome zavisi od toga koliko se BRT standard primenjuje, koliko kvalitetno i na kojoj dužini trase.

Položaj deonice auto-puta kroz Beograd u čiji koridor bi se smestila trasa metro busa, sa planiranom metro i železničkom mrežom, gradu može da obezbedi celovitu i funkcionalnu visokokapacitativnu mrežu u sektoru javnog transporta putnika.

LITERATURA

- [1] Plan generalne regulacije šinskih sistema u Beogradu sa elementima detaljne razrade za I fazu prve linije metro sistema, „Službeni list grada Beograda”, br. 102/21
- [2] Uticaj preuzimanja nadležnosti upravljanja auto-putem od strane grada Beograda od petlje „Beograd” do petlje „Bubanj potok” od JP „Putevi Srbije”, CEP; Sekretariat za saobraćaj; Beograd, 2021.
- [3] Projekat žutih traka i izdvojenih nezavisnih trasa linija javnog linijskog prevoza putnika; CEP; Sekretariat za javni prevoz; Beograd, 2020.
- [4] Generalni urbanistički plan Beograda; „Službeni list grada Beograda”, br. 11/16
- [5] The BRT Standard; Institute for Transportation and Development Policy; New York, 2024.
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Bus_rapid_transit
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_bus_rapid_transit_systems
- [8] Institute for Transportation and Development Policy: www.itdp.org/our-work/public-transport
- [9] Mercedes-Benz: www.mercedes-benz-bus.com/sr_RS/buy/bus-rapid-transit.html
- [10] United States Department of Transportation: www.transit.dot.gov/research-innovation/bus-rapid-transit
- [11] World Resources Institute: <https://wrirosscities.org/search/site/metrobus>

SUMMARY

Metro bus system and possibilities for establishing in Belgrade

Abstract: The metro bus system, or Bus Rapid Transit (BRT), is a public transport system based on a bus subsystem, designed to have a greater capacity and reliability than a conventional bus system. A characteristic feature of the bus rapid transit is that it operates on sections of the street network designated for buses, and at intersections where it crosses with other types of traffic, it has priority. The metro bus system or bus rapid transit aims to combine the capacity and speed of a metro with the flexibility, lower establishment and operational costs, and simplicity of a bus system. For several decades, there has been a noticeable lack of a high-capacity public transport system in Belgrade. High-capacity passenger transport on the roads of Belgrade can be achieved by establishing a metro bus system along the profile of the existing freeway through the city. The route of the existing freeway represents a resource and potential that needs to be thoroughly researched and analyzed, considering that it is a very complex area and an extremely demanding system. The metro bus line along the profile of the existing freeway will not compete with the planned metro lines; instead, it will complement them, providing a higher level of service within the public urban transport system. The diametric direction of the freeway in the street network concept, according to all previous analyses, will be the backbone of the city's street network and, in this sense, will pose a significant challenge in exploiting the freeway's potential, primarily for solutions that will include the public urban passenger transport sector.

Key words: Traffic, Metro bus, Bus rapid transit – BRT, Planning

Odnos planiranja i projektovanja u izradi PGR železničke pruge od Zemuskog polja do Nacionalnog stadiona

Marija Lalošević, Urbanistički zavod Beograda JUP, marija.lalosevic@urbel.com

Milica Hadži Arsenović, Urbanistički zavod Beograda JUP,
milica.hadziarsenovic@urbel.com

Igor Teofilović, Urbanistički zavod Beograda JUP, igor.teofilovic@urbel.com

Rezime: PGR železničke pruge Zemunsko polje – Nacionalni stadion predstavlja fazu izrade PGR-a šinskih sistema u Beogradu kojim se detaljno razrađuje prva etapa železničke pruge od Zemuskog polja do reke Save, odnosno deonica Zemunsko polje – Nacionalni stadion. Pruga dužine oko 17,7 km planirana je za putnički saobraćaj, kao dvokolosečna, elektrificirana i opremljena savremenim SS i TT uređajima, za brzine vozova do 120 km/h, sa službenim mestima za potrebe putnika: železnička stanica Zemunsko polje, stajalište Singidunum, stajalište Aerodrom, stajalište Surčin i železnička stanica Nacionalni stadion. Plansko rešenje definisano je na osnovu „Idejnog rešenja pruge od Zemuskog polja do Nacionalnog stadiona“. Tema rada jeste planerski osvrt na proces izrade Plana, sa posebnim akcentom na odnos planiranja i projektovanja u kontekstu izazova koje sa sobom nosi planiranje železničke pruge u okviru šire mreže šinskih sistema Beograda i njen odnos prema drugim elementima u prostoru.

Ključne reči: urbanističko planiranje, planiranje saobraćajnih sistema, železnički sistem

1 PRUGA ZEMUNSKO POLJE – NACIONALNI STADION U SKLOPU ŠINSKIH SISTEMA BEOGRADA

U Republici Srbiji u toku je modernizacija železničkog sektora koji obuhvata investicije u velike infrastrukturne projekte i podrazumeva izgradnju brzih pruga, rekonstrukciju železničkih stanica, kao i unapređenje mreže železnice na administrativnom području grada Beograda.

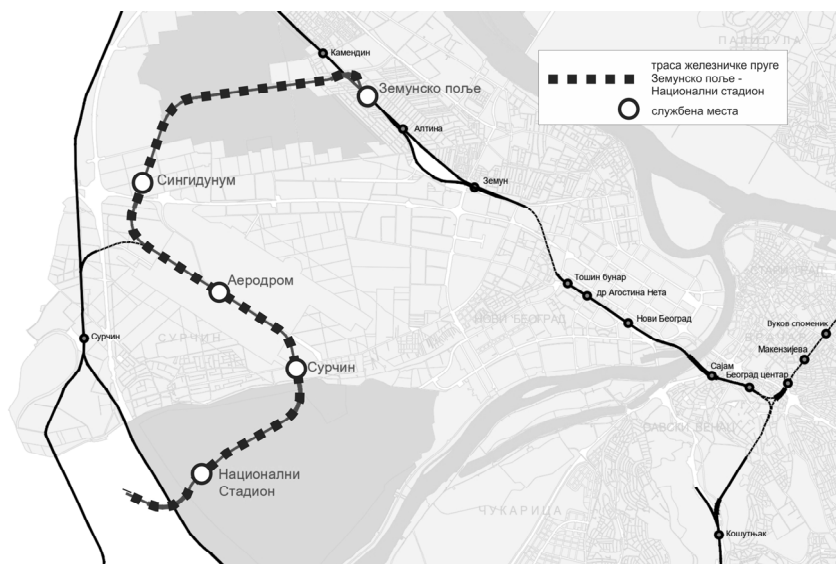
Železnički sistem na teritoriji glavnog grada sagledan je u sklopu Plana generalne regulacije šinskih sistema u Beogradu sa elementima detaljne razrade (u daljem tekstu: PGR šinskih sistema), čiji je osnovni cilj definisanje prostornog razvoja tri šinska sistema – železničkog, metro i tramvajskog, kao tri zasebne, ali međusobno povezane funkcionalne celine i njihovo integrisanje u gradsko tkivo. Pored kompleksnosti u smislu predmeta planskog dokumenta, dodatni izazov predstavljaju dva nivoa detaljnosti koje ovaj Plan integriše, obzirom da šinske sisteme definiše na generalnom, odnosno strateškom nivou na teritoriji čitavog grada, ali daje i detaljnu razradu svih elemenata u okviru postavljenog sistema. Imajući u vidu njegovu složenost, Odlukom o izradi¹ (2021) definisano je fazno donošenje planskog dokumenta.

Kroz prvu fazu² (2021) u okviru koje je definisana generalna postavka, sva tri, pa i železničkog sistema, planirano je uvođenje i realizacija nove železničke linije prema

Aerodromu „Nikola Tesla Beograd” i dalje ka naselju Surčin, odnosno ka Nacionalnom stadionu i kasnije kroz područje opštine Surčin ka Obrenovcu.

Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, u januaru 2023. godine definisalo je kao prioritetni projekat izradu planske dokumentacije za deonicu pruge od Zemuskog polja, preko Aerodroma „Nikola Tesla Beograd” do Nacionalnog stadiona. Shodno tome, u sklopu PGR šinskih sistema pokrenuta je inicijativa za izradu nove faze ovog planskog dokumenta sa ciljem detaljne razrade navedene deonice, odnosno Plana detaljne regulacije šinskih sistema u Beogradu sa elementima detaljne razrade železničke pruge od Zemuskog polja do reke Save – etapa 1 – deonica Zemunsko polje – Nacionalni stadion³ (u daljem tekstu: PGR železničke pruge Zemunsko polje – Nacionalni stadion).

Paralelno sa pokretanjem izrade PGR železničke pruge Zemunsko polje – Nacionalni stadion u toku je bilo preispitivanje trase definisane generalnom postavkom u okviru prve faze PGR šinskih sistema, a sve u sklopu izrade Idejnog rešenja od strane projektantske kuće VS Infradesign doo. Navedeno Idejno rešenje koje je podrazumevalo izmenjenu trasu železničke pruge, dostavljeno je Urbanističkom zavodu Beograda kao obrađivaču Plana od strane Direkcije za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda kao investitora planskog dokumenta i kao takvo predstavljalo je osnov za izradu planskog rešenja.

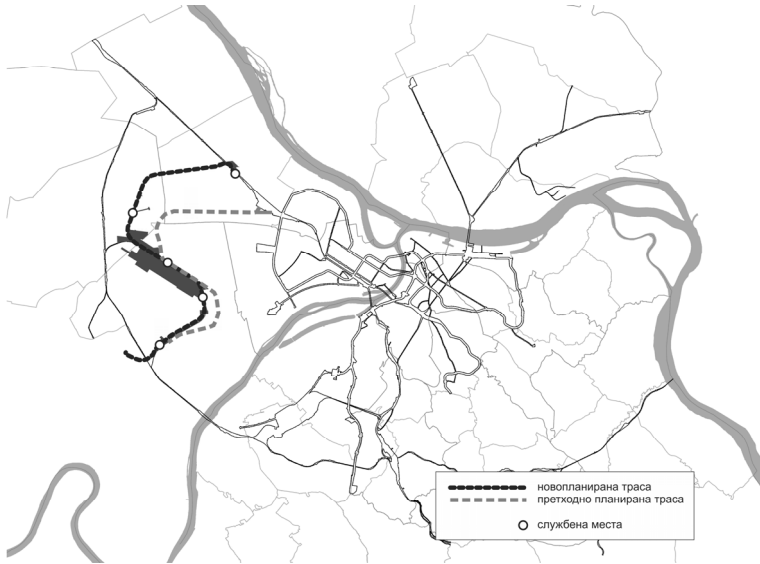


Slika 1: Prikaz predmetne trase železničke pruge Zemunsko polje – Nacionalni stadion u okviru železničkog sistema

Predmetna železnička pruga predstavlja regionalnu prugu za putnički saobraćaj. U pogledu tehničkih karakteristika planirana je kao dvokolosečna, elektrificirana i opremljena savremenim SS i TT uređajima, za brzine vozova do 120 km/h. Ukupna dužina pruge iznosi 17,7 km, duž kojih se nalaze dve stanice – Zemunsko polje i Nacionalni stadion, kao i tri stajališta – Singidunum, Aerodrom i Surčin. Od službenog mesta Zemunsko Polje do stajališta Singidunum dužina trase iznosi 7,1 km, od Stajališta Singidunum do stajališta Aerodroma „Nikola Tesla” 3,7 km, zatim od stajališta Aerodroma „Nikola Tesla” do stajališta Surčin – 3,1 km i od stajališta Surčin do stanice Nacionalni stadion – 3,8 km. Duž

trase predmetne pruge biće izgrađeno 6 inženjerskih objekata, odnosno 4 mosta, 1 podvožnjak i 1 nadvožnjak. Značajniji inženjerski objekat predstavlja vijadukt dužine 1,1 km kojim se premošćuju Vinogradska ulica, kanal Galovica i magistralni put Surčin – Novi Beograd. Očekivani broj putnika iznosi oko 10.000 na dnevnom, odnosno 3.5 miliona na godišnjem nivou.

Kako je navedeno idejno rešenje podrazumevalo izmenjenu trasu u odnosu na postojeću postavku u okviru PGR šinskih sistema, bilo je potrebno da se granicom urbanističkog plana, odnosno njegove faze, pored planirane, obuhvati i postojeća trasa koja se ovim planskim rešenjem ukida.



Slika 2: Pozicija planirane trase železničke pruge u odnosu na ranije definisano rešenje – prikaz u sklopu PGR šinskih sistema Beograda

2 ODNOS PLANIRANJA I PROJEKTOVANJA KROZ METODOLOŠKI OKVIR IZRADE PLANA

Kako sam PGR šinskih sistema, kao skup planskih dokumenata predstavlja kompleksnu strukturu, tako i predmetni PGR železničke pruge Zemunsko polje – Nacionalni stadion, kao njegova faza predstavlja izrazito kompleksan planski dokument.

U strukturnom smislu planski dokument se, kao i preostale faze PGR šinskih sistema, sastoji iz dva segmenta:

- generalnog dela – u okviru kog se definiše odnos prema generalnom delu postavljenom u prvoj fazi, odnosno vrše izmene i dopune Plana generalne regulacije šinskih sistema u Beogradu u celini i
- elemenata detaljne razrade – u okviru kog se detaljno razrađuje predmetna deonica i definišu pravila uređenja i građenja, u ovom slučaju, za deonicu železničke pruge Zemunsko polje – Nacionalni stadion.

Kompleksnost Plana očitava se i kroz Planski osnov za izradu i donošenje Plana koji u ovom slučaju predstavljaju: Regionalni prostorni plan administrativnog područja grada Beograda⁴, Generalni urbanistički plan Beograda 2021⁵, Prostorni plan područja posebne namene Nacionalnog fudbalskog stadiona⁶, Prostorni plan područja posebne namene Nacionalnog fudbalskog stadiona – druga faza⁷, Prostorni plan područja posebne namene infrastrukturnog koridora željezničke pruge Beograd – Subotica – državna granica (Kelebija)⁸, Prostorni plan područja posebne namene međunarodnog vodnog puta E80 – Dunav (Panevroski koridor VIII)⁹, Prostorni plan područja infrastrukturnog koridora Autoputa E-75, deonica Beograd – Niš¹⁰ i Prostorni plan područja infrastrukturnog koridora granica Hrvatske – Beograd (Dobanovci)¹¹.

Pored planova koji predstavljaju planski osnov, PGR šinskih sistema, kao i predmetni PGR željezničke pruge Zemunsko polje – Nacionalni stadion preklapaju se sa velikim brojem planskih dokumenata na teritoriji grada Beograda, čija je planska rešenja potrebno preispitati u kontekstu nove strukture koja se u tom području javlja. Kako šinski sistemi, a prevashodno metro i željeznički sistem, predstavljaju sa planerskog stanovišta izrazito krute strukture, čija je prilagodljivost za razliku od drumskog sistema značajno manja, u velikom broju slučajeva je potrebno naći plansko rešenje kojim će se na adekvatan način, postojeća ili važećim planom definisana namena i struktura prilagoditi planiranoj željezničkoj trasi. U formalnom smislu, iz navedenog proizlazi veliki broj planova koje je potrebno staviti van snage u određenom delu ili izvršiti izmenu i dopunu njihovih rešenja, što predstavlja izazov ne samo za definisanje načina sprovođenja planskog dokumenta, već i za implementaciju planova, koja takođe postaje sve složenija.

Pored navedenog, kroz proces izrade planskog dokumenta vrši se saradnja sa nadležnim institucijama, koja postavlja dodatna ograničenja sa različitih aspekata sagledavanja prostora i koja je potrebno ugraditi u plansko rešenje. Tokom izrade PGR željezničke pruge Zemunsko polje – Nacionalni stadion, pribavljeni su, i u plan ugrađeni uslovi 58 organa, posebnih organizacija, imalaca javnih ovlašćenja i drugih institucija, kojima je Sekretarijat za urbanizam i građevinske poslove, kao nosilac izrade planskog dokumenta uputio materijal radi izdavanja uslova i drugih značajnih podataka.

Paralelno sa izradom Nacrta plana kroz kompleksan metodološki okvir, vrši se razrada Idejnog rešenja od strane projektantske kuće, koja sa sobom nosi različite izmene i ponovno preispitivanje svih navedenih elemenata sa stanovišta izvršenih izmena. U slučaju PGR željezničke pruge Zemunsko polje – Nacionalni stadion, veći deo trase prolazi kroz poljoprivredno zemljište i neizgrađeno područje, ali su najveći izazovi nastali u delovima trase koji prolaze uz postojeći kompleks Aerodroma „Nikola Tesla Beograd“, kroz područje planirano za njegovo proširenje, kao i kroz gusto izgrađeno naselje Surčin. Prva faza PGR šinskih sistema, odnosno generalni deo plana, postavio je navedenu trasu na strateškom nivou, bez Idejnog rešenja i detaljnih tehničkih podataka koje ono sa sobom nosi. Nakon detaljne razrade, koja je podrazumevala implementaciju idejnog projekta, došlo je do manjih ili većih izmena trase u njenim različitim delovima. U delu Aerodroma „Nikola Tesla Beograd“, došlo je do izmene načina trasiranja, odnosno podzemna deonica postala je površinska, što u mnogo značajnijoj meri utiče na planirano proširenje aerodromskog kompleksa. Sa druge strane, u naselju Surčin, kao već izgrađenoj fizičkoj strukturi, došlo je do izmena u samoj trasi, kao i načinu trasiranja u određenoj

meri, što je predstavljalo vrlo veliki izazov, posebno kada se u obzir uzmu i vremenski okviri raspoloživi za izradu planskog dokumenta.



Slika 3: Segment trase železničke pruge Zemunsko polje-Nacionalni stadion, kroz naselje Surčin, izvod iz priloga br. 06 PGR železničke pruge Zemunsko polje – Nacionalni stadion „Planirana namena površina”

3 ZAKLJUČAK

Planiranje šinskih sistema sa sobom nosi značajne izazove, prevashodno u pogledu kompleksnog odnosa strateškog nivoa i detaljne razrade. Sa jedne strane, potrebno je postaviti mrežu tako da opsluži što veći broj korisnika i poveže vitalne tačke u postojećoj i planiranoj urbanoj strukturi na nivou grada, dok sa druge strane samo izvođenje i funkcionisanje železnice sa sobom nose veliki broj uslova i ograničenja koja je potrebno preispitati na nivou detaljne tehničke razrade. Važno je naglasiti da upravo najznačajnije tačke u gradskom tkivu, kao i one koje generišu najveći broj korisnika, predstavljaju ujedno i najveći izazov u pogledu trasiranja šinskih sistema, obzirom na gusto izgrađenu fizičku strukturu. Situacija je nešto drugačija kada su u pitanju planirani centri okupljanja, kao što je slučaj sa lokacijom Nacionalnog stadiona i EXPO izložbe, koje u trenutku planiranja predstavljaju neizgrađeno područje. Međutim, i u takvim slučajevima, radi racionalnosti i svrsishodnosti sistema, potrebno je da predmetna trasa opsluži što veći broj korisnika i u postojećoj, odnosno izgrađenoj strukturi, što neminovno sa sobom nosi pomenuti set izazova.

Uzimajući u obzir sve navedeno, potrebna je uska saradnja između planera i projektanata, kao i uspostavljanje novih modela odnosa planiranja i projektovanja, kako bi se formiranje šinskih sistema na teritoriji grada Beograda izvršilo na adekvatan način.

LITERATURA

- [1] Odluka o izradi plana generalne regulacije šinskih sistema u Beogradu sa elementima detaljne razrade ("Službeni list grada Beograda", br. 56/18 i 40/21)
- [2] Plan generalne regulacije šinskih sistema u Beogradu sa elementima detaljne razrade za I fazu prve linije metro sistema ("Službeni list grada Beograda", br. 102/21)
- [3] Plan generalne regulacije šinskih sistema u Beogradu sa elementima detaljne razrade železničke pruge od Zemunskog polja do reke Save – etapa I – deonica Zemunsko polje – Nacionalni stadion ("Službeni list grada Beograda" br. 11/24)
- [4] Regionalni prostorni plan administrativnog područja grada Beograda („Službeni list grada Beograda”, br. 10/04, 38/11 i 86/18)
- [5] Generalni urbanistički plan Beograda 2021 („Službeni list grada Beograda”, br. 11/16)
- [6] Prostorni plan područja posebne namene Nacionalnog fudbalskog stadiona („Službeni glasnik RS”, br. 31/22)
- [7] Prostorni plan područja posebne namene Nacionalnog fudbalskog stadiona – druga faza („Službeni glasnik RS”, br. 9/23),
- [8] Prostorni plan područja posebne namene infrastrukturnog koridora železničke pruge Beograd – Subotica – državna granica (Kelebijia) („Službeni glasnik RS”, br. 32/17 i 57/19),
- [9] Prostorni plan područja posebne namene međunarodnog vodnog puta E80 – Dunav (Panevroski koridor VIII) („Službeni glasnik RS”, br. 14/15),
- [10] Prostorni plan područja infrastrukturnog koridora Autoputa E-75, deonica Beograd – Niš („Službeni glasnik RS”, br. 69/03)
- [11] Prostorni plan područja infrastrukturnog koridora granica Hrvatske – Beograd (Dobanovci) („Službeni glasnik RS”, br. 69/03, 147/14 i 80/21)

SUMMARY

The relationship between planning and design in the development of the General regulation plan of the rail system from Zemunsko polje to the National Stadium

Abstract: The General regulation plan of the rail system for the section Zemun Polje – National Stadium represents a phase in developing the General regulation plan of the rail system in Belgrade that develops in detail the first stage of the railway line from Zemun Polje to the Sava River, i.e. the section Zemun Polje – National Stadium. The railway of about 17.7 km length is planned for passenger transport, as the double track, electrified and equipped with modern signalling and safety and telecommunication devices, for the train speed of 120 km/h, with official locations for the passengers: train station Zemun Polje, Singidunum stop, Airport stop, Surcin stop and train station National Stadium. The plan has been defined based on the “Preliminary design of the railway from Zemun Polje to National Stadium” (VS Infradesign doo, Belgrade, 2023). The topic of the paper is a planner's review of the process of creating the Plan, with a special emphasis on the relationship between planning and design in the context of the challenges that planning the railway within the broader network of Belgrade's rail systems and its relationship to other elements in the area entails.

Key words: urban planning, planning of traffic systems, railway system

Методологија оцене квалитета урбане бициклическе мреже

Владимир Ђорић, Саобраћајни факултет, Београд, v.djoric@sf.bg.ac.rs

Иван Ивановић, Саобраћајни факултет, Београд, i.ivanovic@sf.bg.ac.rs

Драгана Петровић, Саобраћајни факултет, Београд, dragana.petrovic@sf.bg.ac.rs

Резиме: Актуелни трендови у саобраћају као што су: константан пораст степена моторизације и коришћења пуничких возила, повећање захтева за паркирањем, а самим тим и веће заузимање простора, повећања растојања кретања која утичу на слабију конкурентност немоторизованих начина кретања и генерална немогућност подсистема јавног превоза да буде адекватна конкуренција путничком аутомобилу; утицали су да се савремени трендови планирања саобраћаја у градовима више усмере ка немоторизованим кретањима и инфраструктури за активне начине кретања. У том контексту планирање бициклическе мреже постаје све комплексније и обухвата све већи број утицајних фактора. У раду ће бити приказана свеобухватност методологије планирања бициклическе мреже која се може посматрати и као одвојена процедура планирања овог подсистема (слично као и планирање подсистема јавног масовног превоза). Акцент је стављен на начин утврђивања квалитета елемената бициклическе инфраструктуре у свој својој комплексности, с обзиром да се може користити и у анализи стања али и у процени ефеката планираних или примењених побољшања. Комплексност процене квалитета је представљена конкретним параметрима у областима: безбедности, директности, повезаности, комфора, атрактивности и адаптивности.

Кључне речи: планирање бициклическе мреже, оцена квалитета бициклическе инфраструктуре

1 УВОД

У Србији је бициклическа инфраструктура у градовима релативно слабо развијена. Од градова који представљају светле примере, са квалитетном и густом бициклическом мрежом до градова и локалних самоуправа у којима не постоји ни један километар инфраструктуре намењен бициклическим. Најбољи пример је Нови Сад који има традицију улагања у развој бициклизма и бициклическе мреже што се манифестује великим коришћењем овог вида превоза за дневна кретања. Учешће у видовној расподели је на нивоу од око 10% када бициклисти постају видљиви на мрежи. С друге стране, постоје и градови као што је Ваљево, који немају изграђену инфраструктуру (свега неколико стотина метара), а бициклисти се појављују у саобраћајном току у значајним процентима (10%) [1]. И на крају постоје и градови попут Ужица у којима нема реалних услова за значајнији развој инфраструктуре нити коришћење бицикла као превозног средства услед топографских и других услова.

Са урбанистичке и планске стране, секторски план развоја целокупне бицикличке мреже није толико честа појава. Један од разлога за то је и непрепознавање потребе за израдом оваквог плана. Бицикличка инфраструктура се разматра у оквиру планова генерални и детаљне регулације, парцијално, на деловима који представљају домен плана. Али свеобухватни приступ планирања целокупне мреже углавном изостаје. У том контексту и услед све већег притиска који ствара повећан степен моторизације и коришћења путничког аутомобила се и појавила потреба да се у градовима направе планови развоја бицикличке инфраструктуре. Овај рад ће се обрађивати тему комплетне методологије и посебно практичног утврђивања квалитета постојеће инфраструктуре коју користе бициклисти.

2 МЕТОДОЛОГИЈА ПЛАНИРАЊА БИЦИКЛИСТИЧКЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Планирање бицикличке мреже се у основи ослања на пет кључних принципа. Као и план развоја сваке саобраћајне мреже, било да се ради о уличној, путној, пешачкој или било којој другој основни критеријум су линије жеља путника, односно правци пружања транспортних захтева. У случају бицикличке мреже циљ је остваривање што директније трасе кретања бициклом од извора до циља. Критеријум минимизирања времена путовања од извора до циља је најбитнији параметар квалитета за корисника бицикличке инфраструктуре. [2]

Поред тога, бицикличка инфраструктура мора имати карактер мреже, односно да обезбеђује континуалне (непрекидне) трасе између извора и циљева на којима се јављају најзначајнији саобраћајни токови. Важна је могућност да се комплетно кретање може реализовати бициклом или у комбинацији са осталим видовима, пре свега јавним масовним превозом.

Остали принципи имају релативно мањи значај и односе се безбедност у саобраћају што је у директној вези са инфраструктуром која бицикличким стоји на располагању, односно да ли се кретања обављају заједно са моторним возилима, пешацима или одвојено од осталог саобраћаја. Потенцијално, овде је реч и о негативним утицајима на здравље бициклиста, изложеношћу загађујућим материјама и стресу. Додатно је реч и о комфору вожње у смислу минимизирања броја заустављања, квалитета подлоге, нагиба терена, конфликта са осталим учесницима и сл; као и атрактивности опредељених траса што је у великој мери под утицајем субјективних карактеристика бициклиста.

У литератури су приказане различите методологије које представљају фазе кроз које се планира развој бицикличке мреже, ипак разлике нису суштинског карактера. Основни делови свих методологија се односе анализу постојећих транспортних захтева и понуде система и након тога прогнозе будућих захтева и плана развоја мреже у будућности. [3..8]

Уопштено говорећи, кораци које обухвата израда плана се односе на:

Анализу система:

- Прикупљање података о постојећем стању бицикличке инфраструктуре (свих траса на којима је дозвољен бициклички саобраћај као и оних на којима се реализује, и оцена нивоа квалитета понуде, постојећих и потенцијалних паркинга за бицикле),

- Оцену приступачности бициклическе инфраструктуре примарним активностима, као и анализу могућности повезивања из стамбених зона на примарну бициклическу или уличну мрежу,
- Анализу проблема који могу утицати на имплементацију бициклическе трасе, нпр. локације и број саобраћајних незгода са учешћем бициклиста и друго,
- Анализу карактеристика транспортних захтева постојећих корисника бициклическе инфраструктуре са расподелом саобраћаја по мрежи.

Прогнозу захтева и планирање развоја мреже:

- Прогнозу транспортних захтева за кретањем бициклом у будућности као и потенцијалне промене у понуди средстава превоза,
- Контекст у коме се бициклическа мрежа развија у односу на остале видове саобраћаја (јавни превоз, пешачење итд.).
- Дефинисање приоритета развоја бициклическе мреже у смислу изградње нових траса или унапређења квалитета постојећих траса; и креирање акционог плана примене мера.

У литератури је препозната методологија израде плана развоја бициклическе мреже која се састоји из седам ставки [4] и веома је слична класичној методологији планирања која садржи анализу инфраструктуре и карактеристика бициклических кретања са расподелом по мрежи, прогнозу карактеристика кретања, анализу утицаја планова развоја осталих подсистема, и приоритизацију и акциони план. Квалитетна анализа инфраструктуре је од пресудне важности за квалитет унапређења или плана развоја [9] па ће се у овом раду већи акценат посветити том сегменту.

Методологија анализе бициклическог подсистема се може конкретизовати у пет корака и предвиђа типичне активности које се односе на [10]:

1. Сагледавање **постојеће понуде бициклическе инфраструктуре** тако што се обележавају саобраћајнице (категорисане нпр. на примарне и секундарне) као и елементи бициклическе инфраструктуре (ЕУРО вело, стаза кроз природу, стаза, трака) и пешачке инфраструктуре (пешачка стаза, пешачко-бициклическа стаза, тротоар). Детектују се прекиди у мрежи и повезаност кључних активности у простору.
2. Процену **густине бициклическе мреже** што се може радити на два начина: (1) подручје подељено на мрежу квадрата величине км x км у коме би требало да буде бар 400м бициклическе мреже, (2) мерењем површина које су оивичене постојећом бициклическом мрежом, тако да мање површине представљају подручја боље опслужености бициклом. У подручјима ниских густина детектовати потенцијалне трасе.
3. Дефинисање нивоа **приступачности** свих елемената саобраћајне мреже (која је класификована у првом кораку) у смислу потребног нивоа самопоуздања за управљање бициклом. Може се користити тростепена скала: први ниво су саобраћајнице без моторног саобраћаја, други ниво су саобраћајнице погодне за већину бициклиста и трећи ниво су саобраћајнице намењене само за бициклисте са високим нивоом самопоуздања. Потребно је детектовати прелазе преко саобраћајница трећег нивоа као и зоне у којима доминирају те трасе, а затим и дефинисати побољшања у смислу нових прелазних мера за промену приступачности најтежих траса.

4. Дефинисање **повезаности** зона које су ограничене саобраћајницама најниже приступачности, што се односи на број места на којима бициклисти могу да уђу, односно напусте зону. Потребно је направити мрежу подручја која је оивичена саобраћајницама најниже приступачности (или примарним саобраћајницама) и дефинисати погодне локације за улаз/излаз из зона, а затим препознати зоне са ограниченим приступом и одредити највероватније локације за унапређење.
5. Одређивање **нивоа квалитета за сваку деоницу** бицикличке мреже кроз свеобухватну методологију оцене. Овај део методологије је и најзанимљивији јер најдетаљније улази у карактеристике деоница и њиховог квалитета. Зато ће у наставку бити детаљније приказане ставке методологије.

Подаци о транспортним захтевима у нашим локалним самоуправама могу бити веома проблематични, с обзиром да не постоје континуална прикупљања. Иста је ситуација и са бројањима саобраћаја на раскрсницама. У том контексту, за потребе планирања мреже се могу организовати барем бројања саобраћаја на пресецима на којима се појављују значајни саобраћаји токови бициклиста. Из бројања се аналитички могу проценити саобраћаји токови бициклиста. У том контексту за локалне услове у Србији од највећег практичног значаја може бити анализа квалитета деоница бицикличке мреже с обзиром да се може користити у различитим фазама, како планирања, тако и унапређења услова постојеће мреже или одржавања.

3 МЕТОДОЛОГИЈА ПРОЦЕНЕ КВАЛИТЕТА БИЦИКЛИСТИЧКЕ МРЕЖЕ

Процена квалитета бицикличке мреже је развијена ради постављања јединственонг стандарда за оцену стања бицикличке инфраструктуре (траса и раскрсница). Методолошки се не прави разлика између категорија саобраћајница.

Процена квалитета се може користити у различитим фазама израде плана бицикличке мреже:

- У фази планирања, за идентификовање проблема, и квантификацију користи које произилазе из потенцијалних побољшања – што се посебно односи за процену/анализу траса и њихову приоритизацију,
- У фази поређења различитих варијанти траса,
- У фази која претходи пројектовању, за давање основне оцене за постојеће услове,
- Након изградње, за помоћ у дефинисању приоритета за одржавање трасе.

Процена квалитета је заснована на пет, у методологијама поменутих основних принципа: директност, кохерентности, безбедност, комфор и атрактивности којима се прикључује и оцена прилагодљивости. За сваки од принципа су дефинисани фактори који су описани специфичним индикаторима. Индикатори се користе за практично мерење перформанси. На основу индикатора се додељују вредности 0, 1 или 2, при чему верност 0 указује на потребу за интервенцијама ради побољшања стања. У фази планирања мало је вероватно да се сви фактори могу измерити преко индикатора, те се у том случају факторима који су од највеће важности даје приоритет. [10]

Структура фактора, критеријума и индикатора је приказана у табели са објашњењима (Табела 3).

Табела 1. Преглед фактора, критеријума и индикатора методологије оцене квалитета инфраструктуре

Фактор	Критеријум (* критичан инд.)	Основни ну (оцена 0)	Добар ну (оцена 1)	Висок ну (оцена 2)
Ризик од судара	Скретања која секу биц. ток (*јак саобраћај)	Велики број раскрсница. Конфликтни токови нису одвојени.	Мањи број раскрсница. Конфликтни токови одвојени.	Нема укрштања. Сви токови одвојени.
	Ризик од судара у правцу кретања (*траке од 3.2 до 4.0м)	Саобраћајна трака шири од 4м или бициклистичка трака ужа од 2м	Бициклистичка трака шири од 2м	Бициклистичка стаза
	Активност дуж трасе (паркинг) (*стаза уже од 1.5м) ,	Честе активности дуж трасе (ширина за бициклисте до 1.5м)	Ређе активности дуж трасе (ширина за бициклисте до 2м)	Добра прегледност, континуитет биц. трасе
Безбедност	Возила не пропуштају бициклисте (прегледност)	Лоша прегледност, нејасан приоритет	Биц. траса	Приоритет бициклиста на раскрсницама
	Одвојеност од теретних возила (ТВ)	Бициклисти у саобраћајној траци или биц. трака уже од 2м	Бициклистичка трака бар 2м	Бициклисти одвојени
	Брзина тока (*85% > 50км/х)	85% > 40км/х	85% > 30км/х	85% < 30км/х
	Проток са ТВ (*>1000 воз/ВС)	500-1000 воз/ВС (5% ТВ)	200-500 воз/ВС (2% ТВ)	<200 воз/ВС
	Контакт са ТВ (*чест и близак)	Честа интеракција	Повремена интеракција	Нема интеракције
Друштвена безбедност	Ризик (страх од криминала)	Висок: лоше одржавање и висок криминал	Низак: добро пројектовано и одржавано, низак криминал	Нема: одлично одржавано и интерактивно
	Осветљење	Дугачке неосветљене деонице	Кратке неосветљене деонице	Добро осветљено
	Издвојеност трасе	Траса далеко од активности	Траса близу активности	Траса увек видљива
Директност	Пројектовање саобраћајница	Подстиче агресивну вожњу	Контролише агресивну вожњу	Подстиче цивилизовану вожњу
	Могућност губици на раскрсницама	Као најспорије возило или бицикл	Обично могу да престигну	Увек могу да престигну
	Времени губици на раскрсницама	Време путовања дужи од моторних возила	Време путовања слично моторним возилима	Време путовања краће од моторних возила
	Однос вр. времена биц/ПА у нормалним временским условима	Вредност времена већа од возача ПА због специфичних локација	Вредност времена једнака: слична погодност траса	Вредност мања од ПА због атрактивности трасе
	Девиијација	Девиијација већа од 40%	Девиијација између 20% и 40%	Девиијација мањи од 20%
Повезаност	Једноставност уласка/изласка са трасе	Не могу да се прикључе на трасу без силаска са бицикла	Бициклисти се прикључују на трасу са моторним возилима	Ексклузиван прикључак на трасу за бициклисте
	Близина бициклистичких траса у зони	До суседне трасе: >400м	До суседне трасе: 250м - 400м	До суседне трасе: <250м
Оријентација	Сигнализација за бициклисте	Основна путоказна сигнализација	Додатна специфична путоказна сигнализација	Конзистентна путоказна сигнализација

Табела 1. Преглед фактора, критеријума и индикатора методологије оцене квалитета инфраструктуре (наставак)

Фактор	Критеријум (*критичан инд.)	Основни НУ (оцена 0)	Добар НУ (оцена 1)	Висок НУ (оцена 2)	
Комфор	Подлога	Проблеми: неадекватно окружење, шипке, шахтови	Много малих проблема	Неколицина малих проблема	Глатка, квалитетна подлога
	Материјал	Тип изградње	Ручно: асфалт или плоче	Машински: асфалт/бетон, блок	Машински: асфалт/бетон, трајни блок
	Ширина без препрека	Чист околни простор	Секундарно: 1.5м, Примарно: средњи протоци ПА	Секундарно: 1.5м - 2.0м, Примарно: ниски протоци ПА	Секундарно: >2.0м, Примарно: без престајања ПА
	Нагиб	Узбрдице дуже од 100м	Нагиб већи од 5%	Нагиб 3-5%	Нагиб мањи од 3%
	Промене профила	Сужења коловоза (нпр. шикане)	Преостала ширина траке (ШТ) мања од 3.2м	Преостала ШТ већа од 4м или мање од 3м за ниске протоке	Смирени саобраћај
	Мобилијар	Успоривачи саобраћаја	Округле лоптасте препреке	"лежећи полицајци"	Нема их
	Утицај на пешаке	Комфор за пешаке	Редукује НУ за пешаке	Без утицаја на пешаке	Унапређује НУ за пешаке
	Зеленило	Зеленило и одрживи материјали	Нема зеленила	Мало зеленила	У потпуности интегрисано зеленило
	Квалитет ваздуха				
	Бука	PM ₁₀ и NO _x нивои	Средњи до високи	Ниски до средњи	Ниски
Атрактивност	Бука	Ниво буке	веће од 78 dB	65-78 dB	мање од 65 dB
	Минимизирање опреме	Неопходност сигнализације за подршку бицилизму	Велике количине сигнализације ради обављања функције	Умерена сигнализација, посебно на раскрсницама	Само путоказна нпр, минимална количина
	Паркинг за бицикле	Лакоћа приступа уличном и вануличном паркирању	Нема додатних сигурних паркинга	Минимални број паркинга за бицикле (по нормативима)	Довољно за будуће потребе
	Интеграција јавног превоза	Лак прелазак између начина превоза или континуитет трасе кроз терминал или стајалиште	Не води се брига о бициклистима	Вођење бициклиста кроз терминал/стајалиште и паркинзи за бицикле	Додатно осигурани паркинзи, а могући и транспорт бицикала
Адаптивност	Флексибилност	Инфраструктура може бити унапређена у оквиру постојећег простора	Нису могућа унапређења услед просторних ограничења.	Могућа унапређења на деоницама, не и на раскрсницама	Могућа унапређења без икаквих ограничења
	Ширење	Има могућности и предвиђена је могућност будућег ширење	Инфраструктура не задовољава тренутне захтеве	Инфраструктура задовољава и будуће захтеве	Постоје и резерве у простору за значајнија повећања захтева

У изворној методологији предвиђени су тежински фактори за одређене критеријуме. Тако је свим критеријумима додељен фактор 1 осим:

- Три индикатора Ризика од судара, који се односе на **Број раскрсница** на деоници, **Ширину саобраћајне траке** и степеном **Активности дуж трасе** (прва три индикатора по критеријуму Ризик од судара, Табела 3)
- Три индикатора Осећаја безбедности што се у ствари односи на Саобраћај, односно **Брзину тока**, **Проток** и **Контакт са теретним возилима** (од другог до четвртог индикатора Осећаја безбедности, Табела 3)
- Два индикатора Комфора, који се односе на квалитет **Подлоге** и **Ширину без препрека** за кретање бициклиста (Табела 3).

За претходно наведене додељени тежински фактор износи 3.

4 ДИСКУСИЈА

Први део дискусије се односи на терминошки аспект методологије. У контексту саобраћајног инжењерства у Србији подвођење свих фактора под термине повезане са безбедношћу није адекватно, с обзиром да се фактор Ризик од судара у ствари односи на инфраструктуру (која је у истраживањима потврђена као кључни фактор који утиче на коришћење бицикла). Поред тога, фактор Осећај безбедности се односи на чисто саобраћајне индикаторе: брзину, проток и учешће теретних возила у току па је коректно тако и називати овај фактор: Карактеристике саобраћајног тока. Мање битна ставка се односи на фактор назван Друштвена безбедност која се у претходном контексту у ствари односи на сигурност.

У оквиру критеријума који се односе на карактеристике саобраћајних токова (оригинално Осећај безбедности) критеријуми **Одвојеност од теретних возила** и **Контакт са теретним возилима** могу звучати слично, ипак првим (Одвојеност) се третира позиција бициклиста у односу на инфраструктуру, док се други (Контакт) односи на број ТВ у току. Па у том контексту могу добро да се надопуњују. Ипак, сличност ова два критеријума може унети забуну при примени методологије. С друге стране, важно је постојање оба с обзиром да се утицају саобраћаја на тај начин даје адекватан значај, а утицај теретних возила сагледава и кроз присуство и кроз проток.

Код неких фактора се могу појавити недоумице у односу на њихово значење. Фактор **Вредности времена** није потпуно јасан и представља релативни однос вредности времена за бициклисте са вредношћу времена за путнике који користе путничке аутомобиле. Забуну уноси то што је методологија намењена оцени инфраструктуре, а овде је реч о параметру који није директно у вези са инфраструктуром (у смислу да квантификује њен квалитет). Потенцира се веза вредности времена са атрактивношћу трасе (у смислу да ако је траса атрактивна бициклистима неће сметати да путују дуже) али ипак делује као да се овај фактор у оцени може занемарити. Такође тешко је дефинисати овај фактор за појединачне деонице.

Слично је и са фактором **Девијације**, коју је тешко оценити за појединачне деонице па у том контексту значајно је и како се мрежа дели на сегменте на којима

се оцењује квалитет. То могу да буду сегменти са истим саобраћајним условима (што је познат приступ у саобраћајном инжењерству). У том контексту може помоћи и упутство да се девијација оцењује у односу на оближњу важнију саобраћајницу и њен правац пружања.

Код фактора у вези са Комфором: **Ширина без препрека** и **Промене профила**, приметна је велика сличност и у том контексту се један од може занемарити. Идеја аутора методологије је била да се први параметар оцењује у односу на протоке, а други у односу на мере смиривања саобраћаја, али с обзиром да су остали параметри комфора јасно издиференцирани (квалитет подлоге, врста подлоге, нагиб и мобилијар) два фактора која се односе на профил делује сувишно. Поред тога, у изворној методологији критеријум Ширина без препрека има тежински фактор који је три пута већи од осталих фактора па се намеће као важнији.

Код фактора у вези са Адаптибилношћу: **Флексибилност** и **Ширење**, у неким ситуацијама могу дати неадекватан резултат. Нпр. на деоници на којој је искоришћен сав простор (нема места за проширења, што је оцена флексибилности) али је инфраструктура таква да су узети у обзир и потенцијални захтеви (што је оцена ширења) то можемо сматрати деоницом која има најбоље карактеристике. Ипак, добиће само половину бодова, што не делује коректно.

5 ЗАКЉУЧАК

У раду је представљена методологија за оцену квалитета бицикличке инфраструктуре која се може користити за анализу стања, планирање и увод у процес пројектовања. Поред елемената методологије представљена су само нека запажања и ставови аутора о методологији. Најопштији закључак се односи на примену методологије испитивања квалитета бицикличке инфраструктуре и потврђује много пута изнесен став да се методологија не може примењивати без логичког прилагођавања локалним околностима.

Проблематична ставка у оцени може бити то што су неки од фактора/критеријума егзактни са прецизно дефинисаним граничним вредностима док су остали веома општи. Тако термини попут: велики или мали број раскрсница, лоша или добра прегледност, честа или повремена интеракција итд, могу представљати елемент који уноси недоумице у оцену. У складу са локалним услови није лоше дефинисати неку граничну вредност за сваку овако дефинисану оцену. Такође, подела на само три класе којима се додељују вредности 0, 1 или 2 је веома груба па се тако може тамо где постоје егзактни показатељи стања дефинисати и оцена која ће прецизно описивати стање на интервалу од 0 до 2. Евентуално се може применити и подека на више класа. Занимљивост методологије је и у дефинисању одређених граничних вредности критеријума (приступачност на 400 метара, девијација на 20 и 40%, протоци ПА на 200, 500 и 1000 воз/ВС...) које инжењерима могу послужити за стварање инжењерског осећаја као и за проверу смислености граничних вредности у локалним условима.

Методологија је веома комплексна и обухвата све релевантне критеријуме и параметре о којима се може водити рачуна када се анализира или планира

бициклическая инфраструктура. Ипак, неки од фактора или критеријума могу бити сувишни: (1) одвојености или контакта са ТВ (2) ширина без препрека или промене профила (3) флексибилност или ширење (као што је наведено у дискусији). У таквим случајевима можемо редуковати њихов број избацавањем неких или њиховим спајањем. Неки могу бити избачени и услед недостатка података, као што су подаци о квалитету ваздуха, буци итд. Тако је у ствари потребно дефинисати сопствени сет фактора и критеријума. Иста је ситуација и са тежинским факторима, где је потребно дефинисати сопствене, при чему је најбоље ослонити се на анкету ставова корисника бициклическе инфраструктуре. У случају да није могуће доћи до ових података могу се користити и стандардне вредности представљене у раду. У изворној методологији предвиђено 100 бодова из 34 критеријума што се наравно може индивидуално прилагођавати како корекцијом броја критеријума тако и тежинских фактора. Ипак задржавање укупног збира 100 делује практично.

ЗАХВАЛНИЦА

Рад је део истраживања које је финансирано од Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Model5. (2013). Саобраћајна студија техничког регулисања саобраћаја на територији града Ваљева која је обухваћена Генералним урбанистичким планом.
- [2] Ђорић, В., Петровић, Д., & Ивановић, И. (2024). Планирање саобраћаја Моделирање и прогнозе.
- [3] Mobile 2020. (2012). Priručnik o planiranju biciklističkog prometa u urbanim sredinama-MOBILE2020. <http://croatia.rec.org/wp-content/uploads/2014/05/Priručnik-za-planiranje-biciklističkog-prometa1.pdf>
- [4] NTA. (2011). National Cycle Manual.
- [5] Rasmussen, R. O., SANTOS CANALS, Marc PINAUD, A., & JANNEAU, T. (2006). COPENHAGEN : How bicycles can become an efficient means of public transportation. In Roskilde University (Issue December).
- [6] Sustrans. (2014). Network Planning for Cyclists.
- [7] Taylor, S., Giang, C., Chau, P., & Aumann, P. (2017). Cycling Aspects of Austroads Guides. <https://austroads.com.au/publications/traffic-management/ap-g88-17>
- [8] Vanderschuren, M., Phayane, S., Taute, A., Ribbens, H., Dingle, N., Pillay, K., Zuidgeest, M., Enicker, S., Baufeldt, J., & Jennings, G. (2014). NMT Facility Guidelines.
- [9] Ђорић, В., Петровић, Д., Ивановић, И., & Јовић, Ј. (2018). Планирање саобраћаја Анализа транспортних захтева. Саобраћајни факултет, Београд.
- [10] TfL. (2014). London Cycling Design Standards.

SUMMARY

Methodology for assessment of urban cycling network quality

Abstract: Current trends in traffic, such as the constant increase in motorization rates and the use of passenger vehicles, rising demands for parking, which leads to greater space consumption, the increase in travel distances that negatively impacts the competitiveness of non-motorized modes of transportation, and the general inability of public transport subsystems to adequately compete with private cars, have influenced modern urban traffic planning to focus more on non-motorized movements and infrastructure for active transportation. In this context, planning a cycling network is becoming increasingly complex and involves a growing number of influential factors. This paper will present the comprehensiveness of the methodology for planning a cycling network, which can be viewed as a separate planning procedure for this subsystem (similar to the planning of public mass transit subsystems). The emphasis is placed on the method of determining the quality of cycling infrastructure elements in all their complexity, considering that it can be used both in the analysis of the current situation and in assessing the effects of planned or implemented improvements. The complexity of quality assessment is presented through specific parameters in the areas of safety, directness, connectivity, comfort, attractiveness, and adaptability.

Key words: planning of the cycling network, assessment of cycling infrastructure quality

Registar ORCID brojeva autora

Prezime, Ime	ORCID broj
Batarilo, Svetlana	0000-0002-9753-9752
Blagojević, Mladenka	0000-0002-0507-6157
Bogdanović, Vuk	0000-0001-5492-264X
Čačić, Nataša	0000-0001-5257-1639
Čelar, Nikola	0000-0002-0261-6090
Čubranić-Dobrodolac, Marjana	0000-0002-7770-364X
Đorić, Vladimir	0000-0003-4482-0038
Ezgeta, Drago	0000-0001-7255-8861
Fric, Sanja	0000-0002-7848-1655
Gajić, Ranka	0000-0001-6316-4721
Garunović, Nemanja	0000-0002-3063-7593
Gavran, Dejan	0000-0002-3879-3435
Glavić, Draženko	0000-0002-0069-2153
Ilić, Vladan	0000-0001-6917-4824
Ivanović, Ivan	0000-0001-8079-6237
Jevremović, Sreten	0000-0001-5332-068X
Kajalić, Jelena	0009-0004-2221-9289
Kosovac, Amel	0000-0002-1192-4765
Lindov, Osman	0000-0002-2791-6276
Lukić, Miloš	0000-0002-0839-3107
Matović, Boško	0000-0002-8336-8809
Mehanović, Mustafa	0000-0003-3108-4414
Mihajlovic, Stefan	0000-0001-5811-5204
Milenković, Marina	0000-0001-7931-0586
Milovanović, Nikola	0009-0001-3398-2747
Mirović, Valentina	0000-0002-5609-1664
Omerhodžić, Adnan	0000-0001-8960-0894
Petrović, Dragana	0000-0002-5660-7763
Ranković - Plazinić, Biljana	0000-0003-4686-5141
Ruškić, Nenad	0000-0002-9001-0290
Šarac, Dragana	0000-0001-7054-6090
Simičević, Jelena	0000-0002-1781-441X
Stanković, Stamenka	0000-0002-0943-6412
Stepanović, Nemanja	0000-0002-7384-4218
Stević, Željko	0000-0003-4452-5768
Subotić, Marko	0000-0002-8873-3211

Trpčevski, Filip	0000-0002-0161-5803
Trpković, Ana	0000-0001-7277-6375
Tubić, Vladan	0000-0001-9915-412X
Vidas, Marijo	0000-0002-2543-0459
Vranjevac, Stefan	0000-0002-0333-8571
Vujadinović, Radoje	0000-0002-4356-0556



- Planiranje saobraćaja
- Izrada saobraćajnih studija
- Revizije i provere bezbednosti saobraćaja (RBS i PBS)
- Projekti tehničkog regulisanja saobraćaja
- Projekti privremene saobraćajne signalizacije i opreme u zoni radova
- Projekti turističke saobraćajne signalizacije
- Projekti opremanja raskrsnica svetlosnom signalizacijom
- Projekti kontrole i upravljanja saobraćajem (ITS)
- Ekonomska analiza i vrednovanje projekata u saobraćaju
- Projekti puteva svih kategorija
- Projekti rekonstrukcije i rehabilitacije puteva svih kategorija
- Projekti površinskih, denivelisanih i kružnih raskrsnica
- Projekti saobraćajnih priključaka na državne i druge puteve
- Projekti površina za stacionarni saobraćaj (parkirališta)
- Projekti pešačkih, biciklističkih površina i parterna uređenja
- Projekti internih saobraćajnica i saobraćajnog uređenja fabrika, poslovnih prostora i magacina
- Ozakonjenje saobraćajnih priključaka na državne puteve
- Elaborati i projekti za primenu standarda pristupačnosti
- Tehnička kontrola projektne dokumentacije iz oblasti saobraćaja i saobraćajnica
- Poslovi nadzora u oblasti saobraćaja i saobraćajnica

ADOMNE d.o.o.
projektovanje i inženjering Novi Sad
Antona Čehova 1, 21000 Novi Sad, Srbija
00 381 (0)21 425 021
office@adomne.rs www.adomne.rs





С ПРОЈЕКТ ДОО

**ПРЕДУЗЕЋЕ ЗА САОБРАЋАЈ И ЕКОНОМИЈУ,
ИНФОРМАТИКУ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ,
ИНЖЕЊЕРИНГ И КОНСАЛТИНГ**

Ул. Ђорђа Станојевића 11ђ, 11070 Београд

e-mail: office@s-projekt.rs

web: www.s-projekt.rs

Предузеће **С ПРОЈЕКТ** се бави израдом пројеката саобраћајне сигнализације и опреме, пословима из области безбедности саобраћаја, путне информатике, саобраћајних студија, студија оправданости изградње путева, студија процене вредности путне и уличне мреже, надзора радова, техничке контроле, као и многих других послова из области саобраћаја.



У склопу широке лепезе својих активности предузеће посебну пажњу посвећује развоју и унапређењу путне информатике као основе за послове планирања, одржавања и управљања путном и уличном мрежом. Снимање података на терену врши се мерном опремом развијеном у оквиру предузећа и са њом је могуће вршити истовремено динамичко мерење стационаже пута, GPS путање пута и формирање геореференцираног видео записа пута са 4 камере високе резолуције (4К камере).

Снимањем путева добијају се подаци потребни за израду **Референтног система** мреже путева и улица као и за потребе саобраћајног пројектовања и провере безбедности саобраћаја.

70 GODINA ISKUSTVA U PROJEKTOVANJU PUTEVA

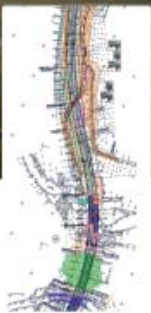


Hidroprojekat-saobraćaj

- Projektovanje
- Istraživanje
- Studije
- Nadzor
- Inženjering



**Glavni projekat
petlje Radnička**



**Projekat Autoputa
E-80, deonica
Staničenje - Pirov**



**Glavni projekat
autoputa E-75
Grabovnica-Grdelica**