

Analiza raskrižja s prijedlogom poboljšanja u Ulici Jordanovac i Harambašićevoj ulici u Gradu Zagrebu

Lukač, Branko

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:232019>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Branko Lukač

ANALIZA RASKRIŽJA S PRIJEDLOGOM
POBOLJŠANJA U ULICI JORDANOVAC I
HARAMBAŠIĆEVOJ ULICI U GRADU ZAGREBU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 25. ožujka 2019.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Cestovne prometnice II**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5054

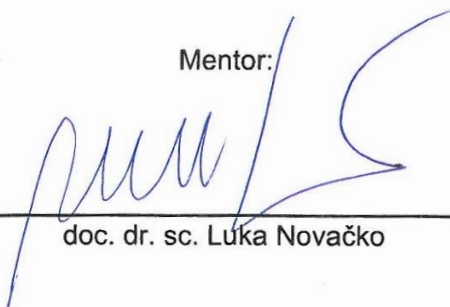
Pristupnik: **Branko Lukač (0135232727)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza raskrižja s prijedlogom poboljšanja u Ulici Jordanovac i Harambašićevoj ulici u Gradu Zagrebu**

Opis zadatka:

U diplomskom radu student će analizirati postojeću regulativu i ostalu literaturu za projektiranje prometnica i raskrižja u gradskim sredinama. U nastavku rada dat će se pregled prostornih i prometnih planova grada Zagreba. Na odabranom koridoru ulica primjenom simulacijskog alata evaluirat će se pomoću prometnih parametara postojeće stanje. Nadalje u svrhu poboljšanja postojećeg stanja na razini idejnog rješenja predložit će se nekoliko varijantnih rješenja. Primjenom simulacijskog alata PTV Vissim evaluirat će se predložena varijantna rješenja i predložiti optimalno.

Mentor:



doc. dr. sc. Luka Novačko

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA RASKRIŽJA S PRIJEDLOGOM
POBOLJŠANJA U ULICI JORDANOVAC I
HARAMBAŠIĆEVOJ ULICI U GRADU ZAGREBU**

**ANALYSIS WITH IMPROVEMENT PROPOSALS OF
INTERSECTIONS OF JORDANOVAC STREET AND
HARAMBAŠIĆEVA STREET IN THE CITY OF
ZAGREB**

Mentor: doc. dr. sc. Luka Novačko

Student: Branko Lukač

JMBAG: 0135232727

Zagreb, rujan 2019.

SAŽETAK

Na raskrižjima se spajaju ili križaju dvije ili više cesta te loše projektirana raskrižja mogu pogoršati sigurnost prometa. U diplomskom radu se napravila analiza postojećeg stanja raskrižja na promatranom koridoru u Ulici Jordanovac i Harambašićevoj ulici u Gradu Zagrebu. Za odabrana raskrižja istražili su se problemi na raskrižjima te su predložena rješenja poboljšanja postojećeg stanja. Izvršila su se brojanja prometa na odabranim raskrižjima kako bi dobili uvid u stvarno kretanje vozila. Na temelju analize postojećeg stanja i podataka o brojanju prometa izradilo se rješenje raskrižja u programskom alatu AutoCad te simulacijski model programskim alatima PTV Vissim i Sidra Intersection.

KLJUČNE RIJEČI: raskrižje; Grad Zagreb; analiza postojećeg stanja; simulacijski model.

SUMMARY

At intersections, two or more roads are connected or crossed, and poorly designed intersections can worsen traffic safety. The graduate thesis analyzes the current state of intersections on the observed corridor at Jordanovac Street and Harambašićeva Street in the City of Zagreb. For selected intersections, problems at intersections were investigated and solutions were proposed to improve the existing condition. Traffic counts were made at selected intersections to gain insight into the real movement of the vehicles. Based on the analysis of the current state of intersection and the traffic counts, solution was developed in AutoCad software tool and simulation model of the intersection in PTV Vissim and Sidra Intersection software tool.

KEYWORDS: intersection; City of Zagreb; analysis of current state; simulation model.

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	OPĆI PODACI O GRADU ZAGREBU	2
2.1.	Stanovništvo.....	3
2.2.	Gospodarstvo.....	4
2.3.	Zaposlenost.....	4
2.4.	Promet.....	5
2.4.1.	Zračni promet.....	6
2.4.2.	Javni putnički promet	6
2.4.3.	Cestovni promet.....	7
3.	ANALIZA PROSTORNO PROMETNE DOKUMENTACIJE GRADA ZAGREBA.....	9
3.1.	Ulična mreža i trgovi	11
3.2.	Parkirališta i garaže	13
3.3.	Mreža tramvajskog i željezničkog prometa.....	14
3.4.	Mreža biciklističkih staza i traka.....	15
3.5.	Pješačke zone, putovi i drugo.....	15
4.	ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA NA PROMATRANOM KORIDORU.....	16
4.1.	Osnovni podaci o četvrti Maksimir	17
4.2.	Analiza postojećeg stanja na raskrižju Petrova ulica – Ulica Jordanovac.....	18
4.3.	Analiza postojećeg stanja na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica.....	21
4.4.	Analiza postojećeg stanja na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica.....	26
4.5.	Analiza postojećeg stanja na raskrižju Škrličeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka.....	32
4.6.	Analiza postojećeg stanja na raskrižju Štoosova ulica – Harambašićeva ulica	35
4.7.	Analiza podataka o prometnim nesrećama	37
5.	ANALIZA PODATAKA O BROJANJU PROMETA	41

6.	PRIJEDLOZI RJEŠENJA POSTOJEĆEG STANJA.....	47
6.1.	Prijedlog rješenja 1	47
6.2.	Prijedlog rješenja 2	49
6.3.	Prijedlog rješenja 3	50
7.	IZRADA SIMULACIJSKOG MODELA VARIJANTNIH RJEŠENJA.....	52
8.	EVALUACIJA PREDLOŽENIH VARIJANTNIH RJEŠENJA.....	55
8.1.	Evaluacija postojećeg stanja.....	56
8.2.	Evaluacija prijedloga rješenja	62
9.	ZAKLJUČAK.....	67
	Literatura.....	68
	Popis slika.....	69
	Popis tablica.....	71
	Popis grafikona	72
	Popis priloga	72

1. UVOD

Cestovna raskrižja predstavljaju dijelove javnih cesta na kojima dolazi do povećanog broja konfliktnih situacija. Raskrižja moraju biti koncipirana na način da zadovoljavaju uvjete koji se odnose na odvijanje prometnog toka, odnosno propusnu moć i razinu usluge te sigurnost sudionika u cestovnom prometu.

Postupci planiranja i projektiranja raskrižja su vrlo složeni. Ukoliko se postupci planiranja i projektiranja odrade neadekvatno ili se prometnim prognozama dođe do nepravilnih podataka, dolazi do potreba za rekonstrukcijom postojećih raskrižja.

Zadatak ovog diplomskog rada je analizirati postojeće stanje raskrižja te predložiti rješenje raskrižja na koridoru koji se proteže Ulicom Jordanovac te Harambašićevom ulicom u gradu Zagrebu.

Nakon analize postojećeg stanja i analize podataka o brojanju prometa predložit će se rješenja. Tlocrt rješenja će se prikazati u programskom alatu AutoCAD, a simulacijski model u programskom alatu PTV Vissim. Evaluacijom simulacijskog modela doći će se do izlaznih podataka kao što su prosječna duljina repa čekanja, prosječno vrijeme kašnjenja i razina usluge. Usporedbom izlaznih podataka simulacijskog modela postojećeg stanja te simulacijskog modela prijedloga rješenja doći će se do zaključka može li se navedenim zahvatima poboljšati stanje raskrižja.

Diplomski rad se sastoji od devet poglavlja, a to su:

1. UVOD
2. OPĆI PODACI O GRADU ZAGREBU
3. ANALIZA PROSTORNO PROMETNE DOKUMENTACIJE GRADA ZAGREBA
4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA NA PROMATRANOM KORIDORU
5. ANALIZA PODATAKA O BROJANJU PROMETA
6. PRIJEDLOZI RJEŠENJA POSTOJEĆEG STANJA
7. IZRADA SIMULACIJSKOG MODELA VARIJANTNIH RJEŠENJA
8. EVALUACIJA PREDLOŽENIH VARIJANTNIH RJEŠENJA
9. ZAKLJUČAK

2. OPĆI PODACI O GRADU ZAGREBU

Grad Zagreb s površinom od 641,32 km² čini 1,13 % površine Republike Hrvatske, a u njegovih 70 naselja živi 790.017 stanovnika. Procijenjeno je da je u Gradu Zagrebu 2015. živjelo 798.500 stanovnika. Grad Zagreb je samostalna, jedinstvena teritorijalna i upravna jedinica sa statusom županije. Graniči sa Zagrebačkom i Krapinsko-zagorskom županijom. Položaj Zagreba u srednjoeuropskom prostoru obilježava međudnos tri najveća grada koja povezuje povijest i sadašnjost: Zagreba, Beča i Budimpešte. Potreba za povezivanjem srednjoeuropskog prostora s Jadranskim morem, činio je, a i danas čini jedan od najistaknutijih zajedničkih interesa [1].

Gradske četvrti osnovane su za područja unutar Grada Zagreba koja predstavljaju gradske, gospodarske i društvene cjeline, a koje su povezane zajedničkim interesima građana (Slika 1.) [2].



Slika 1. Gradske četvrti Grada Zagreba, [3]

2.1. Stanovništvo

Od 1948. do 2011. broj stanovnika u Gradu Zagrebu povećao se s 356.000 na oko 790.000. Procjenjuje se da je 2015. u Gradu Zagrebu živjelo 798.500 stanovnika. U prethodnih pedeset godina, broj stanovnika u Zagrebu povećao se za 2,2 puta. Grad je ubrzano rastao sve do 1991. Otada njegov središnji dio doživljava značajan pad broja stanovnika, širi središnji prostor doživljava stagnaciju odnosno minimalni rast, a sesvetsko područje i naselja oko obilaznice veći porast. U posljednjem međupopisnom razdoblju (od 2001. do 2011.) Zagreb bilježi nešto veći rast broja stanovnika (1,4 % ili 10.872) nego 90-ih godina. Razlog je daljnje produbljivanje regionalnih razlika u razvoju Hrvatske u odnosu na Zagreb, zbog čega je i u uvjetima gospodarske krize Zagreb još uvijek privlačan brojnim mlađim doseljenicima iz drugih regionalnih područja, što je u izravnoj vezi s njihovim doprinosom porastu nataliteta, odnosno s prirodnim prirastom [1].

Dok je u Gradu Zagrebu posljednjih godina još uvijek blago pozitivan saldo ukupne migracije, primjećuje se priljev stanovništva iz drugih županija, dok se istovremeno događa odljev stanovnika Grada u inozemstvo. Prema podacima DZS-a, saldo ukupne migracije u Gradu Zagrebu 2016. je pozitivan i iznosi 2.706. U Grad Zagreb je 2016. doselilo 13.765 osoba, od čega 10.435 osoba iz drugih županija, a 3.330 iz inozemstva, dok je istovremeno iselilo 11.059 stanovnika, od čega 6.183 u druge županije, a 4.876 u inozemstvo [1].

Podaci iz Popisa stanovništva 2011. pokazuju nastavak ranijih trendova ubrzanja procesa starenja stanovništva u Zagrebu, kao i u Hrvatskoj. Stanovništvo Zagreba znatno je starije nego 2001. (udio stanovništva starog 65 i više godina porastao sa 14,9 % 2001. na 17,3 % 2011.), a prosječna starost iznosi 41,6 godina, što je približno prosječnoj starosti hrvatskog stanovništva. Zabrinjavajuće je to što Zagreb bilježi vidljivo smanjivanje udjela mlađe populacije, uz porast udjela starije. Ako se taj trend u narednom razdoblju dodatno ubrza pojačanim procesom iseljavanja mladih u inozemstvo zbog otežanog zapošljavanja, Zagreb bi trebao poduzimati posebne mjere gospodarsko-populacijske politike koje se svojim pozitivnim primjerom za zaustavljanje iseljavanja mladih mogu razlikovati od nacionalnih. Zbog niskog se nataliteta smanjio broj i udio mladog stanovništva dobnih skupina od 0 do 14 godina na svega 14,7 %. Središnje gradsko područje naseljava starije stanovništvo, a širi

prostor zagrebačkih naselja i sesvetsko područje imaju znatno mlađe stanovništvo (uglavnom zbog doseljavanja novog stanovništva u ta područja) [1].

2.2. Gospodarstvo

Grad Zagreb najjače je gospodarsko središte Hrvatske u kojem se ostvaruje trećina nacionalnog BDP-a, pri čemu se udio BDP-a Grada Zagreba povećao s 30,8 % 2008. godine na 33,3 % 2014. BDP Grada Zagreba je 2014. iznosio 14.298 mil. eura, pri čemu BDP po glavi stanovnika Grada Zagreba iznosi 17.908 eura te je 1,7 puta veći od BDP-a po glavi stanovnika Republike Hrvatske (10.152 eura), što je u skladu s odnosom BDP-a po glavi stanovnika ostalih glavnih gradova Europske unije [1].

U strukturi stvaranja bruto dodane vrijednosti, u Gradu Zagrebu su 2014. godine na prvom mjestu bile djelatnosti trgovine na veliko i na malo, prijevoz i skladištenje, smještaj, priprema i usluživanje hrane s udjelom od 21,5 %, a slijede javna uprava i obrana, obrazovanje, djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi s udjelom od 14,9 %. Udio prerađivačke industrije u Gradu Zagrebu pao je u odnosu na 2008. godinu (13,9 %) pa 2014. iznosi 10,6 %, dok je njezin udio u Hrvatskoj također pao u odnosu na 2008. godinu (15,8 %), tako da u 2014. iznosi 15 %. U strukturi BDV-a gospodarskih djelatnosti na razini Hrvatske, Grad Zagreb ima izrazito visoki udio u sljedećim djelatnostima: informacije i komunikacije (67,1 %), financijski sektor (62,6 %), stručne, znanstvene, tehničke, administrativne i ostale uslužne djelatnostima (54,9 %) [1].

Od 2010. se ne raspolaže statističkim podacima o kretanju proizvodnje na razini županija, ali dostupni podaci pokazuju da industrijska proizvodnja Grada Zagreba kontinuirano pada. Naime, pad fizičkog obujma industrijske proizvodnje zabilježen za Grad Zagreb 2009. godine iznosi 5,6 % u odnosu na 2008. godinu, odnosno kumulativno više od 10 % za 2007. godinu. Ocjenjuje se da bi industrijska proizvodnja Grada Zagreba u 2013. godini mogla biti realno na razini od oko 75 % ostvarenja iz 1989. godine [1].

2.3. Zaposlenost

Na području Grada Zagreba kod pravnih je osoba 2016. godine bilo zaposleno 401.639 osoba. U obrtu i slobodnim zanimanjima u Gradu Zagrebu 2016. godine bilo

je zaposleno 29.502 osobe, što je 7,35 % od ukupne zaposlenosti. U razdoblju od 2005. do 2013. broj zaposlenih u obrtu i slobodnim profesijama Grada Zagreba smanjen je za 28,5 %, dok od 2015. godine broj zaposlenih u Gradu Zagrebu bilježi povećanje [1].

Od krizne 2008. godine, nezaposlenost je u znatnom porastu kako u državi tako i u Zagrebu. U Gradu Zagrebu nezaposlenost je od 2008. godine porasla za 42,1 %, što čini 19.332 osobe, dok porast na razini RH iznosi 31,4 %, tj. 108.370 osoba. Pod utjecajem povećanja broja nezaposlenih te istodobnoga smanjenja broja zaposlenih osoba u RH, povećana je prosječna godišnja stopa registrirane nezaposlenosti od 18,1 % u 2012. na 19,3 % u 2013. godini, a u Gradu Zagrebu sa 8,7 % na 9,5 %. U strukturi nezaposlenih po dobi u Gradu Zagrebu, krajem ožujka 2013. u HZZ-u bilo je prijavljeno 31,2 % nezaposlenih u dobi od 15 do 30 godina, 31,7 % u dobi od 30 do 45 godina te 37,1 % u dobi od 45 do 60 i više godina. Od 2015. godine do danas, nezaposlenost se smanjuje, tako da je 2015. godine udio zaposlenih u Gradu Zagrebu u ukupnom broju zaposlenih u Republici Hrvatskoj iznosio 39,4 %, i još uvijek je u porastu [1].

Prema razini obrazovanja među nezaposlenima, apsolutno i relativno je najviše onih sa završenom srednjom školom sa zanimanjima za koja obrazovanje traje 4 i više godina te s gimnazijama, kao i onih sa srednjim školama za zanimanja za koja obrazovanje traje 3 godine i školama za KV i VKV radnike [1].

2.4. Promet

Zagreb je čvorište europskih prometnih koridora. Kroz njega prolaze cestovni i željeznički koridori: X - (Salzburg – Ljubljana – Zagreb – Beograd – Solun) i Vb (Rijeka – Zagreb – Budimpešta). Kroz središte Zagreba prolazi željeznička pruga kojom se odvija putnički i cjelokupni teretni promet: prigradski, gradski i međunarodni željeznički promet nisu međusobno odvojeni. Autocestovni državni i međunarodni pravci imaju ishodište na Zagrebačkoj obilaznici: A1 Zagreb – Split, A2 Zagreb – Macelj, A3 Bregana – Zagreb – Lipovac, A4 Zagreb – Goričan, A6 Zagreb – Rijeka i A11 Zagreb – Sisak (u izgradnji). Osnovnu uličnu mrežu Grada karakterizira nedovoljna propusna moć u vremenima vršnog opterećenja, nedostatak mostova preko rijeke Save, kao i nepostojanje sustava cjelovite koordinacije semaforских uređaja. Javni prijevoz karakterizira proces modernizacije autobusnog i tramvajskog voznog parka, ali i male

putne brzine, dok je putna brzina u željezničkom gradskom i prigradskom prometu na prihvatljivoj razini, ali je stajališta premalo, neadekvatno su opremljena, a vozni park je nedostatan i zastario. Jedinstveni tarifni sustav u Gradu i okolnim županijama ne postoji. Proces prilagodbe cjelokupnog prometnog sustava za nesmetanu dostupnost osobama s teškoćama u kretanju je u tijeku. Sigurnost u prometu je nezadovoljavajuća zbog relativno velikog broja smrtno stradalih i teško ozlijeđenih u prometnim nesrećama [1].

Gospodarska kriza koja je posebno bila izražena u razdoblju od 2009. do 2014. odrazila se na mobilnost građana i modalnu raspodjelu. Na temelju dostupnih podataka, procjenjuje se da je u modalnoj raspodjeli udio biciklističkog prometa porastao na oko 3 %, da je udio javnog putničkog prometa u stagnaciji, a pješачkog i automobilskog u blagom padu [1].

2.4.1. Zračni promet

Međunarodna zračna luka Zagreb značajna je za razvoj na regionalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini. Smještena je izvan administrativnih granica Grada Zagreba, na području Zagrebačke županije (Grad Velika Gorica). Putnički promet kontinuirano je rastao od 2004. do 2008. godine, zatim je slijedio manji pad prometa 2009. i 2010. U razdoblju od 2011. do 2013. obujam prometa bio je u stagnaciji, nakon čega je rastao te je u ukupnom prometu (2.766.087 putnika 2016. godine) dominantan bio udio prometa s inozemstvom. Novi putnički terminal otvoren je u ožujku 2017. Zračna luka „Franjo Tuđman“ ima 65.000 m² površine, a projektirana je za 5 milijuna putnika godišnje s mogućnošću širenja do 8 milijuna putnika. Zračna luka Lučko nalazi se u zapadnom dijelu Grada Zagreba, između autoputa Zagreb – Ljubljana i Zagreb – Karlovac. Raspoložbe dvjema travnatim uzletno-sletnim stazama. Namijenjena je za operiranje manjih zrakoplovnih jedinica [1].

2.4.2. Javni putnički promet

Tramvajsku mrežu čini 58 km dvokolosiječnih pruga na kojima je organizirano 15 dnevnih i 4 noćne linije. Oko 40 % kolosijeka nije fizički odvojeno od automobilskog prometa pa brzina i točnost tramvajskog prometa u velikoj mjeri ovise o gustoći automobilskog prometa. Za brzinu i redovitost tramvajskog prometa značajna je i

činjenica da na semaforski reguliranim raskrižjima tramvaji nemaju prednost. U razdoblju od 2000. do 2015. povećan je broj tramvajskih motornih vozila s 254 na 274, s time što su 142 vozila suvremeni nisko-podni tramvaji [1].

Autobusni promet odvija se na 142 dnevne i 4 noćne linije. Broj autobusa je u razdoblju od 2006. do 2015. povećan s 337 na 411, od čega je suvremenih niskopodnih autobusa 361. U voznom parku ZET-a ima 60 autobusa na plinski pogon. U sklopu autobusne garaže Podsused, 2013. sagrađena je punionica stlačenog prirodnog plina. Međugradski i međunarodni autobusni promet odvija se preko Autobusnog kolodvora Zagreb koji posljednjih nekoliko godina bilježi rast broja putnika za oko 3 % na godišnjoj razini. Broj prevezenih putnika u tramvajskom i autobusnom prometu u razdoblju od 2007. do 2011. bio je u blagom padu, a od 2011. bilježi blagi rast. Elektronička naplata karata u tramvajskom i autobusnom prometu uvedena je 2012 [1].

Od 1992. počeo je intenzivniji prigradsko-gradski prijevoz željeznicom. Obujam prometa bio je u porastu do 2009. kada je iznosio oko 54.000.000 prevezenih putnika godišnje u gradskom i prigradskom prometu. Manji pad broja prevezenih putnika nastupio je 2010., a nakon modifikacije tarifnog modela smanjenja subvencije Grada Zagreba HŽ putničkom prijevozu i nakon potpunog ukidanja subvencije od 2012. nadalje, nastupio je drastični pad broja prevezenih putnika u razdoblju od 2011. do 2013. Na području Grada Zagreba, putnicima je dostupno 17 službenih kolodvora i stajališta u gradskom prometu. U zagrebačkoj okolini trenutno vozi 9 niskopodnih vlakova. Putna brzina u prigradskom i gradskom željezničkom prometu je oko 40 km/h, a problem predstavljaju i nedovoljan broj te neadekvatno opremljena stajališta, kao i nedostatan i zastarjeli vozni park. Grad Zagreb, Krapinsko-zagorska i Zagrebačka županija potpisali su 2012. sporazum o integriranom prijevozu putnika i tarifno-prijevozničkoj uniji [1].

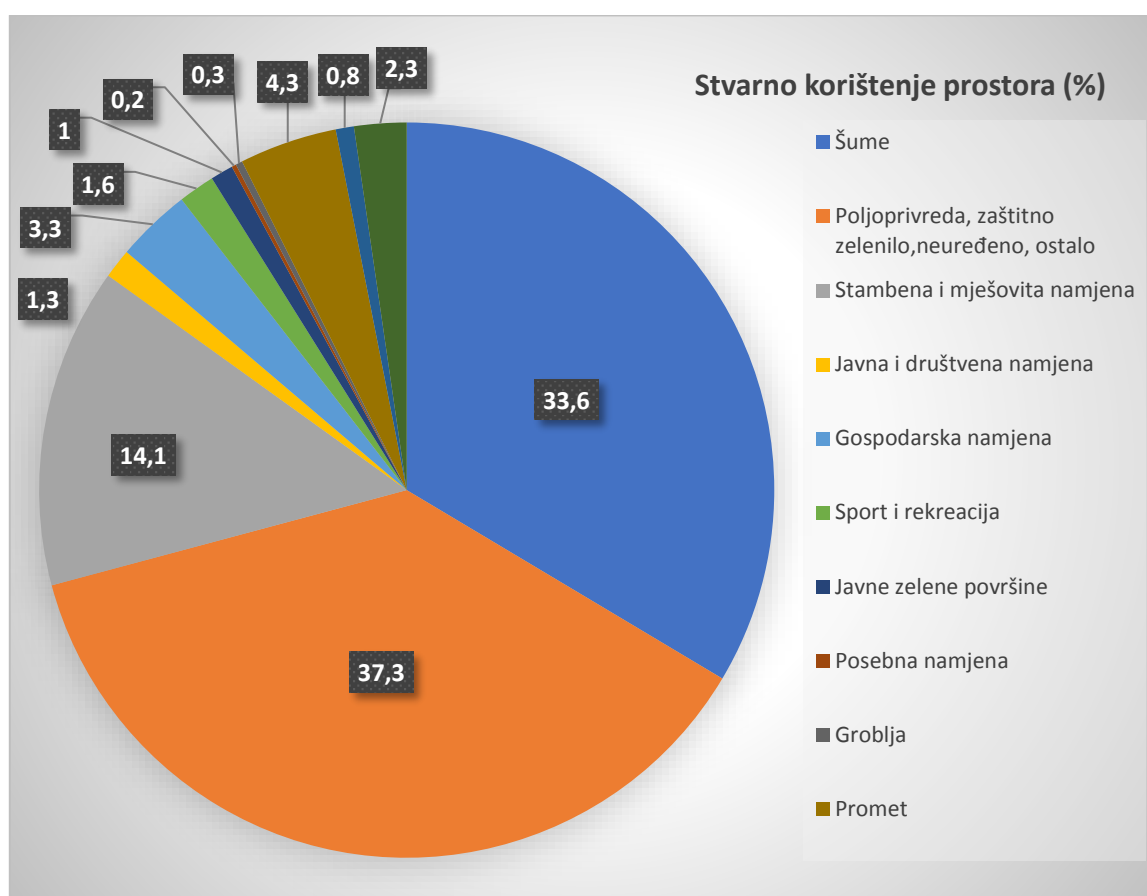
2.4.3. Cestovni promet

Međunarodni i regionalni cestovni pravci pokriveni su autocestama, osim u smjeru Siska, gdje je autocesta u izgradnji. Zagrebačka obilaznica dio je autoceste A3. Na administrativnom području Grada Zagreba ukupna duljina autoceste iznosi 33 km, a prometno je najopterećenija dionica zagrebačke obilaznice Jankomir – Lučko [1].

Ulična mreža na području Grada Zagreba ne zadovoljava prometnu potražnju, posebno u vršnim vremenima opterećenja. Prometnice nemaju dovoljnu propusnu moć i neredovito su održavane, a u cijeloj mreži nedostaju spojevi (uključujući i mostove preko rijeke Save) koji bi omogućili brži protok vozila. Propusna moć obilaznice Grada Zagreba (osobito dionice Jankomir – Lučko) u vrijeme vršnih sezonskih prometnih opterećenja je nedovoljna, ali sve više i u ostalim razdobljima tijekom godine. Ne postoji centralni sustav automatskog upravljanja prometom kojim bi se nadziralo i koordiniralo odvijanje prometa na svim semaforiziranim raskrižjima u Gradu [1].

3. ANALIZA PROSTORNO PROMETNE DOKUMENTACIJE GRADA ZAGREBA

Na prostoru Grada Zagreba, prema udjelima u ukupnoj površini, 2011. godine najzastupljenije su bile razne kategorije poljoprivrednih namjena i zaštitnog zelenila (uz prisutnost neuređenih površina, odnosno površina neprivedenih planiranoj namjeni), zatim šume te prostori stambene i mješovite namjene. Ostatak površine Grada čine gospodarstvo, promet, infrastruktura, javna i društvena namjena, sport i rekreacija, javne zelene površine, groblja i posebna namjena (Grafikon 1.) [1].



Grafikon 1. Stvarno korištenje prostora Grada Zagreba 2011., [1]

Prostorni razvoj Grada Zagreba reguliran je sljedećim prostornim planovima:

- prostorni plan državne razine: Prostorni plan Park prirode Medvednica kojim se regulira prostorno uređenje područja posebnih obilježja, ukupne površine 17.938 ha;
- prostorni plan područne (regionalne) razine: Prostorni plan Grada Zagreba kojim se regulira prostorno uređenje cjelokupnog prostora Grada Zagreba sa 70 naselja, ukupne površine 64.132 ha;
- prostorni plan lokalne razine: Generalni urbanistički plan grada Zagreba kojim se regulira prostorno uređenje naselja grad Zagreb, ukupne površine 22.000 ha;
- prostorni plan lokalne razine: Generalni urbanistički plan Sesveta kojim se regulira prostorno uređenje naselja Sesvete, ukupne površine 1.790 ha [1].

Približno je trećina površine Grada Zagreba planirana za gradnju, a dvije su trećine planirane za šumarstvo, poljoprivredu, javne i zaštitne zelene površine, prometne površine, vode, vodno dobro i sl. Za neuređene dijelove prostora na kojima se planira nova regulacija ili potpuna transformacija postojeće izgrađene strukture, predviđena je izrada urbanističkih planova uređenja područne (regionalne) i lokalne razine – ukupno 221 plan. U razdoblju od 1998. do lipnja 2017. izrađeno je i doneseno ukupno 88 urbanističkih planova uređenja područne (regionalne) i lokalne razine. Od navedenog broja, u cijelosti je realizirano samo 5 planova, većim je dijelom realizirano 10 planova, a 73 plana su realizirana manjim dijelom ili nisu realizirana [1].

Generalnim urbanističkim planom, u skladu sa Strategijom i Programom prostornog uređenja Republike Hrvatske i Prostornim planom Grada Zagreba, utvrđuje se temeljna organizacija prostora, zaštita prirodnih, kulturnih i povijesnih vrijednosti, korištenje i namjena površina, s prijedlogom uvjeta i mjera njihova uređenja. Generalni urbanistički plan sadrži način i oblike zaštite i korištenja, uvjete i smjernice za uređenje i zaštitu prostora, mjere za unapređivanje i zaštitu okoliša, područja s posebnim i drugim obilježjima, te druge elemente važne za grad Zagreb. Dugoročni cilj je da se najmanje dvije trećine svih dnevnih putovanja odvija javnim prijevozom i nemotoriziranim oblicima putovanja [4].

Na površinama infrastrukturnih sustava namijenjenih prometu mogu se graditi i uređivati:

- ulična mreža i trgovi s mogućnošću denivelacije;
- parkirališta i garaže s mogućnošću deniveliranog pristupa;
- tramvajska mreža;
- tramvajske i autobusne stanice i terminali s pratećim sadržajima;
- željeznička mreža, građevine i prateći sadržaji uključivo lokoteretni i kontejnerski kolodvor;
- mreža biciklističkih staza i traka;
- pješačke zone, rampe, stubišta, liftovi, putovi i sl.;
- benzinske postaje s pratećim sadržajima;
- autobusni kolodvori s pratećim sadržajima;
- spremišta autobusa i tramvaja;
- stanice žičare s pratećim sadržajima;
- javne gradske površine tematske zone [4].

3.1. Ulična mreža i trgovi

Generalnim urbanističkim planom predviđa se:

- gradnja i uređenje osnovne ulične mreže, trgova i drugih nekategoriziranih ulica, tako da se osigura usklađen razvoj javnoga, pješačkog i biciklističkog prometa, te osiguraju uvjeti za afirmaciju postojeće i formiranje nove mreže javnih urbanih prostora. U planiranju, projektiranju, gradnji i uređenju trgova i ulične mreže osigurat će se propisane mjere zaštite okoliša;
- gradnja i uređenje trgova kao važnih fokusa prometnih tokova, te žarišta otvorenoga javnog urbanog prostora;
- gradnja mostova kao prometnih građevina i kao građevina iznimnog značenja za formiranje identiteta grada na rijeci;
- Uz zadržavanje i rekonstrukciju postojećih, gradnja deset novih mostova, od kojih šest kolno-pješačko-biciklističkih, dva kolno-pješačka i dva pješačko-biciklistička mosta. Pored navedenih, pješačko-biciklističke mostove moguće je graditi i na drugim lokacijama u skladu s lokalnim uvjetima [4].

Osnovna ulična mreža sastoji se od gradske autoceste (gradska obilaznica), gradskih avenija, glavnih gradskih ulica i gradskih ulica. Za navedenu klasifikaciju ulične mreže treba osigurati koridor ili rezervirati proširenje postojeće ulice najmanje širine:

- Gradska autocesta: 80,0 m;
- Gradska avenija: 40,0 m;
- Nova glavna gradska ulica: 26,0 m;
- Gradska ulica: 18,0 m [4].

Iznimno, planirana Bliznečka ulica, od Mandlove do Ulice grada Vukovara, širine koridora ili rezervacije proširenja od 35,0 m, Ulica grada Vukovara od Savske do Tratinske, produžena Vrapčanska i Škorpikova ulica uvrštene su u kategoriju gradske avenije. U podsljemenskom području (sjeverno od linije Aleja grada Bolonje, Ilica, Vlaška, Maksimirska, Avenija G. Šuška, Oporovečka) koridori novih ili rezervacije za proširenje postojećih glavnih gradskih i gradskih ulica mogu biti, ovisno o lokalnim uvjetima, i uži od 26,0 m, odnosno 18,0 m, kao i koridori već postojećih glavnih gradskih ulica i gradskih ulica i u drugim dijelovima grada [4].

U pravilu, širina prometne trake iznosi:

- za gradske avenije i glavne gradske ulice: 3,25 m;
- za gradske ulice: 3,0 m;
- za nekategorizirane ulice 2,75 m [4].

Sva su raskrižja na gradskoj autocesti denivelirana. Raskrižja na drugim dijelovima osnovne ulične mreže mogu biti denivelirana ako to zahtijevaju prometne potrebe, a dopuštaju prostorne mogućnosti. Prigodom gradnje gradskih avenija moraju se predvidjeti drvoredi, a drvoredi se mogu planirati i prigodom gradnje glavnih gradskih i gradskih ulica [4].

3.2. Parkirališta i garaže

Potreban broj parkirališnih ili garažnih mjesta (broj PGM), kada to nije određeno urbanim pravilima kojima se određuju propozicije za uređenje prostora i lokacijski uvjeti za gradnju, se na 1.000 m² građevinske (bruto) površine, ovisno o namjeni prostora u građevini (Tablica 1.) [4].

Tablica 1. Broj PGM-a ovisno o namjeni prostora u građevini

Namjena prostora	Prosječna vrijednost	Lokalni uvjeti
Stanovanje	15	13-17
Proizvodnja, skladišta i sl.	8	6-10
Trgovine	40	30-50
Drugi poslovni sadržaji	20	15-25
Restorani i kavne	50	40-60
Fakulteti i znanstvene ustanove	15	10-20

Izvor: [4]

Kada se potreban broj PGM-a, s obzirom na posebnost djelatnosti, ne može odrediti prema normativu iz Tablice 1., odredit će se po jedan PGM za:

- hotele, hostele i pansione na svake dvije sobe;
- motele na svaku sobu;
- kazališta, koncertne dvorane, kina i sl. na 18 sjedala
- sportske dvorane i igrališta s gledalištima na 18 sjedala i za jedan autobus na 400 mjesta;
- ugostiteljsku namjenu na četiri do 12 sjedećih mjesta;
- škole i predškolske ustanove, na jednu učionicu, odnosno za jednu grupu djece;
- bolnice, na tri kreveta ili dva zaposlena u smjeni; ambulante, poliklinike, domove zdravlja, socijalne ustanove i sl., na dva zaposlena u smjeni;
- vjerske građevine, na pet do 20 sjedala, ovisno o lokalnim uvjetima [4].

Pri određivanju broja potrebnih PGM iznimno se mogu smanjiti normativi kod gradnje, dogradnje i nadogradnje objekata, i to:

- u središnjem dijelu grada i u već sagrađenim dijelovima grada, vodeći pri tom računa o vrijednostima i ograničenim mogućnostima prostora, pod uvjetom da se pri određivanju broja PGM može predvidjeti isti PGM za različite vrste i namjene objekata i različito vrijeme njihova korištenja;
- u gradskim prostorima na kojima postoji ili se planira javni gradski promet ili gradnja javnih garaža;
- u prostorima grada s objektima različitih namjena, vodeći pri tome računa o potrebnom broju PGM za objekte koji po namjeni trebaju veći broj PGM [4].

Postojeće se garaže ne mogu prenamijeniti u druge sadržaje, a parkirališta samo iznimno, uz osiguravanje alternativnog smještaja vozila. Parkiranje je moguće na svim ulicama osim gradskim avenijama, ovisno o lokalnim uvjetima (o potrebi za parkiranjem, raspoloživom prostoru, horizontalnoj i vertikalnoj preglednosti, prolazima za pješake i bicikliste, pristupu vatrogasnih vozila, hitne pomoći i sl.). Ako se parkirališta grade uz glavni kolnik glavne gradske ulice, tada moraju biti kosa (30° ili 45°), a uz servisne kolnike i gradske ulice mogu biti uzdužna, kosa i okomita. Ako se parkirališta grade uz kolnik glavne gradske ulice ili gradske ulice, dopuštena brzina kretanja za motorna vozila ne smije biti veća od 50 km/h [4].

3.3. Mreža tramvajskog i željezničkog prometa

U Generalnome urbanističkom planu određeno je da se omogućuje gradnja tramvajskih pruga, u pravilu, u prostoru odvojenom od kolnika. Kada se omogućuje gradnja tramvajskih pruga uz pločnik, za tramvajsku prugu je potrebno osigurati prostor širine 3,0 m. Kad se omogućuje gradnja tramvajskih pruga na prostoru odvojenom od ulice, potrebno je osigurati prostor širine 15,0 m, a najmanje 9,0 m [4].

Okretništa javnog prijevoza i javna parkirališta uz stajališta i terminale javnog prijevoza mogu se graditi u svim namjenama ovisno o lokalnim uvjetima. Lokacije postojećih stajališta javnog prijevoza mogu se mijenjati ako se poboljšava javni prijevoz. Za novoplanirane trase tramvaja i lakošinske željeznice lokacije stajališta odredit će se detaljnijim prometnim rješenjima. Površine za gradnju novih spremišta

autobusa i tračničkih vozila javnog prijevoza predviđene su u Jakuševcu, Jankomiru i Blatu [4].

Planira se modernizacija zagrebačkoga željezničkog čvora i dogradnja dijelova željezničke mreže te osposobljavanje željeznice za daljnje uključivanje u sustav javnoga gradskog i prigradskog prijevoza putnika. Planirani koridori omogućuju zadržavanje postojećih niveleta pruga ili podizanje na plus prvu razinu. Podizanje željezničkih pruga na plus prvu razinu, zamjena nasipa vijaduktima i smještaj primjerenih sadržaja unutar infrastrukturnog pojasa željezničke pruge definirat će se detaljnijom prostorno planskom dokumentacijom. Stajališta u funkciji javnoga gradskog prijevoza putnika mogu se, prema potrebi, graditi i na drugim lokacijama, ako to pridonosi poboljšanju javnog prijevoza [4].

3.4. Mreža biciklističkih staza i traka

Biciklističke staze i trake mogu se graditi i uređivati odvojeno od ulica kao zasebna površina unutar profila ulice te kao dio kolnika ili pješačke staze obilježen prometnom signalizacijom. Najmanja širina biciklističke staze ili trake za jedan smjer vožnje je 1,0 m, a za dvosmjerni promet 1,60 m. Ako je biciklistička staza ili traka neposredno uz kolnik, dodaje se zaštitna širina od 0,75 m. Iznimno, zaštitna širina nije obvezna ako je u ulici trajno ograničena brzina kretanja motornih vozila na 50 km/h [4].

3.5. Pješačke zone, putovi i drugo

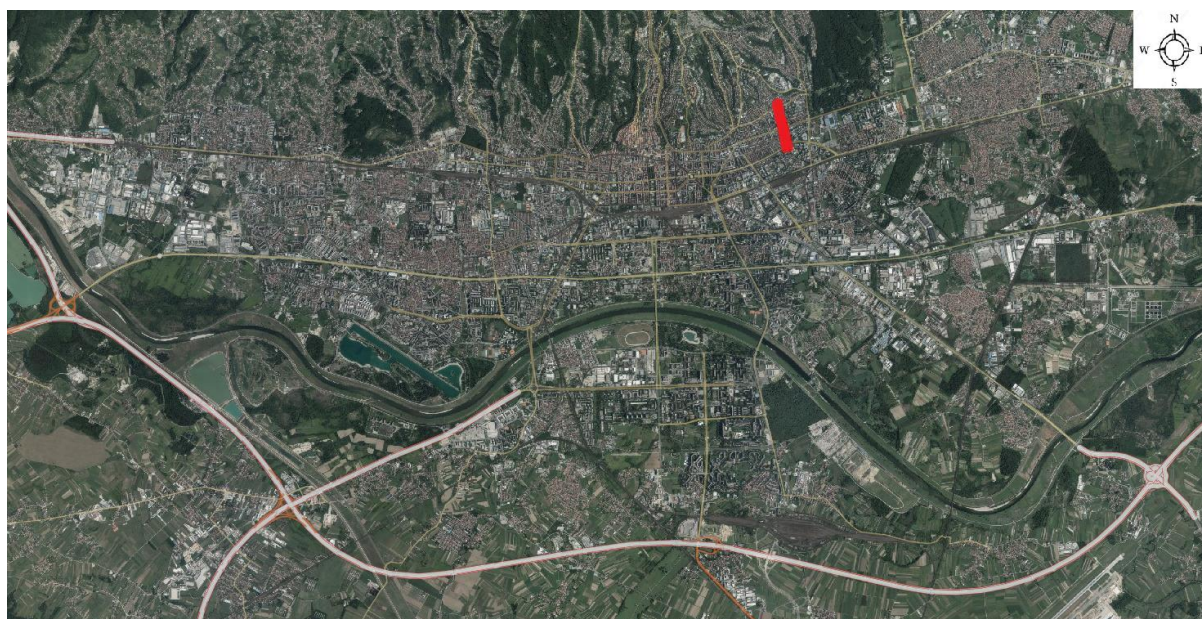
Za kretanje pješaka mogu se graditi i uređivati, osim pločnika, trgova i ulica, pješački putovi, pothodnici, nathodnici, stube i prečaci, te prolazi i šetališta. Osim pješačke zone u gradskom središtu uređivat će se i manje pješačke zone u drugim gradskim dijelovima. U podsljemenskom predjelu mogu se graditi i uređivati prečaci (pješački putovi, stube, staze, šetnice) kao veze između usporednih ulica, s tim da su prečaci međusobno udaljeni najviše 600 m. Površine za kretanje pješaka moraju biti kontinuirane i dovoljne širine, u pravilu, ne uže od 1,5 m. Iznimno, a ovisno o prostornim ograničenjima, mogu biti i uže, ali ne manje od 1,2 m. Na raskrižjima i drugim mjestima gdje je predviđen prijelaz preko kolnika za pješake, bicikliste i osobe s teškoćama u kretanju, moraju se ugraditi spušteni rubnjaci [4].

4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA NA PROMATRANOM KORIDORU

Predmetna raskrižja su izabrana zbog velikih zagušenja koja se događaju na raskrižjima. Na raskrižju s kružnim tokom prometa Petrova – Jordanovac je veliko prometno opterećenje u smjeru zapad-istok u jutarnjem vršnom satu pa se stvaraju repovi čekanja na navedenom privozu. Teško se uključuje u kružni tok jer dok jedan prometni tok počne ulaziti u raskrižje zatvara ostale, to se događa kad je veliko prometno opterećenje, a središnji otok navedenog raskrižja je samo 9m. Na raskrižju Rendićeva – Jordanovac – Crnčićeva je problem što se u vršnom satu ne može napustiti raskrižje u smjeru sjever-jug zbog nedovoljnog razmaka do sljedećeg raskrižja, Maksimirska – Jordanovac – Harambašićeva, koje iznosi 77 m. Tada se stvaraju repovi čekanja na raskrižju Rendićeva – Jordanovac – Crnčićeva te vozila stoje na zelenom svjetlosnom pojmu.

Analiza postojeće situacije nekog zatvorenog prometnog sustava bitna je kako bi se dobio uvid u stvarno trenutno stanje na prometnicama, neovisno o tome obavlja li se samo korekcija postojećeg sustava ili se planiraju neki veći investicijski zahvati [5].

Promatrani koridor ceste proteže se Ulicom Jordanovac i Harambašićevom ulicom. Koridor se nalazi u gradskoj četvrti Maksimir. U analizi je obuhvaćeno pet raskrižja. Makrolokacija koridora u gradu Zagrebu prikazan je na Slici 2., dok je mikrolokacija prikazana na Slici 3.



Slika 2. Makrolokacija koridora, [6]

Analizirana raskrižja u diplomskom radu, vidljiva na slici 3, su:

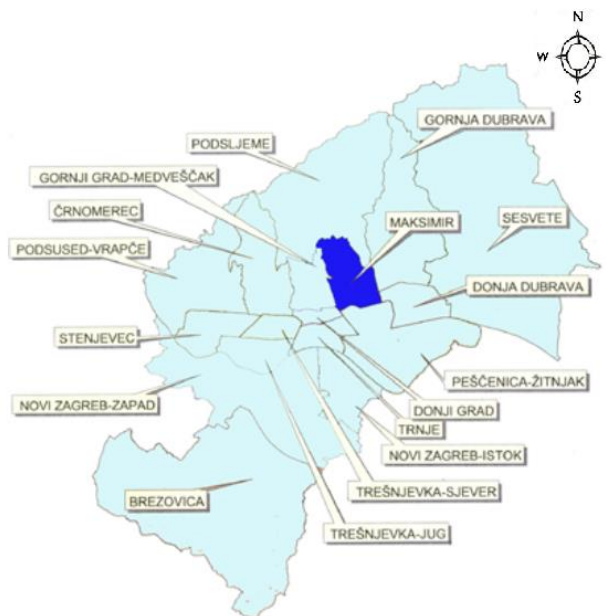
1. Petrova ulica – Ulica Jordanovac,
2. Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica,
3. Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica,
4. Škrleževa ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka,
5. Štoosova ulica – Harambašićeva ulica.



Slika 3. Mikrolokacija koridora, [6]

4.1. Osnovni podaci o četvrti Maksimir

Gradska četvrt Maksimir se prostire na 14,973 km² te zauzima sjeveroistočni dio središnjega gradskog prostora Grada Zagreba (Slika 4.). Graniči s gradskim četvrtima Donji grad i Gornji grad – Medveščak na zapadu, Podsljeme na sjeveru, Gornja i Donja Dubrava na istoku te Peščenica – Žitnjak na jugu [2].



Slika 4. Smještaj gradske četvrti Maksimir na prostoru Grada Zagreba, [2]

Prema popisu stanovništva iz 2011. ukupan broj stanovnika u četvrti Maksimir je 48.902 stalnih stanovnika. U četvrti postoji 19.908 kućanstava te 24.525 stanova [2].

Južni, pretežito nizinski dio prostora Četvrti, što se pruža do Zvonimirove ulice na jugozapadu i Nove Branimirove, odnosno željezničke pruge na jugoistoku, visoko je urbaniziran i premrežen prometnicama koje sjeveroistočna gradska i prigradska područja povezuju s gradskim središtem. Prometne su okosnice toga prostora Maksimirska cesta, Zvonimirova i Petrova ulica u smjeru istok-zapad te Mandlova ulica, Avenija Gojka Šuška, Svetošimunska i Bukovačka cesta u smjeru sjever-jug. Relativno široki i zasad neizgrađeni nizinski prostor što se pruža od obronaka Medvednice istočnom stranom maksimirske šume do predjela Ravnice otvara iznimno čist pogled na Medvednicu iz sama njezina podnožja i istodobno omogućuje stalno pritjecanje svježega gorskog zraka u gusto napučeni ravničarski dio grada. Sjeverni dio Četvrti prostire se medvedničkim pobrđem na kojem se naseljeni dijelovi prostora isprepliću s ostacima nekada nepregledne šume [2].

Neke od glavnih ulica četvrti Maksimir čine upravo one obrađene u ovom diplomskom radu, a to su Maksimirska cesta i Petrova ulica u smjeru istok – zapad te Harambašićeva ulica i Ulica Jordanovac u smjeru sjever – jug.

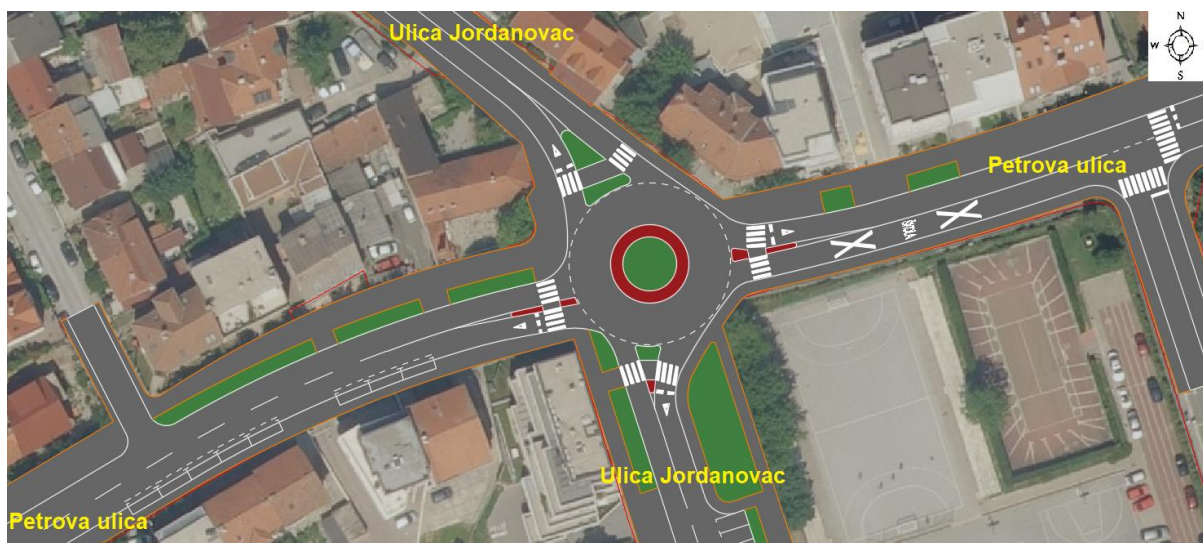
4.2. Analiza postojećeg stanja na raskrižju Petrova ulica – Ulica Jordanovac

Raskrižje Petrove ulice i Ulice Jordanovac je izvedeno kao četverokrako raskrižje s kružnim tokom prometa. Promet se odvija na jednostručnom kružnom kolniku te ima jednu prometnu traku za ulaz i izlaz na svakom privozu.

Petrova ulica se prostire u smjeru istok – zapad te je zajedno s Maksimirskom cestom dosta opterećena iz razloga što sjeverno od Petrove nema druge prometnice koja bi mogla povezati istok i zapad.

Uzdignuti središnji otok raskrižja je polumjera 4,50 m. Širina kružnog kolnika je 7,00 m, a prijelazni prsten između središnjeg otoka i kružnog kolnika je širine 2,00 m. Vanjski polumjer raskrižja je 13,50 m.

Postojeće stanje raskrižja izrađeno u AutoCAD-u je prikazano na Slici 5.



Slika 5. Postojeće stanje raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac

Na sjevernom privozu (Slika 6.), prometna traka je širine 3,50 m, a prometna traka za suprotni smjer je širine 3,50 m te se postupno povećava do širine 4,00 m pri samom raskrižju. Ulazne i izlazne trake su odvojene razdjelnim otokom.



Slika 6. Sjeverni privoz raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac

Na zapadnom privozu (Slika 7.), prometna traka je širine 3,00 m te se postupno povećava do ulaska u raskrižje na širinu 3,50 m, a prometna traka za suprotni smjer je širine 4,00 m. Ulazne i izlazne trake su odvojene razdjelnim otokom.



Slika 7. Zapadni privoz raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac

Na južnom privozu (Slika 8.), prometna traka je širine 3,50 m, a prometna traka za suprotni smjer je širine 3,50 m. Ulazne i izlazne trake su odvojene razdjelnim otokom.



Slika 8. Južni privoz raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac

Na istočnom privozu (Slika 9.), prometna traka je širine 4,00 m, a prometna traka za suprotni smjer je širine 4,00 m te se postupno smanjuje do širine 3,75 m pri samom raskrižju. Ulazne i izlazne trake su odvojen razdjelnim otokom.



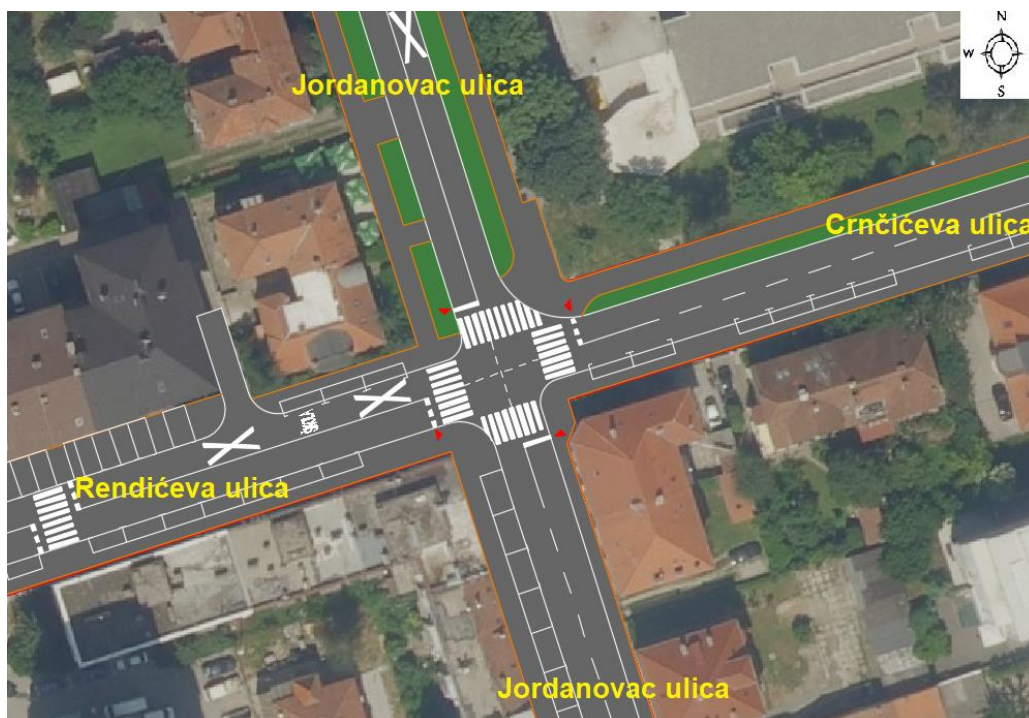
Slika 9. Istočni privoz raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac

Problem na raskrižju je veliko zagušenje u smjeru istok-zapad te zapad-istok što će se vidjeti iz podataka o brojanju prometa. Lijevi skretači kojih je 40 % iz smjera zapada ometaju promet zbog duljih putovanja te zbog otežavajućih presijecanja i preplitanja. Sjeverni privoz vodi prema Klinici za plućne bolesti Jordanovac i KBC Rebru pa je to jedan od mogućih razloga zašto ima toliko lijevih skretača. Na zapadnom privozu je još 46 % vozila koja voze ravno. Na istočnom privozu 68 % vozila voze ravno.

4.3. Analiza postojećeg stanja na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica

Raskrižje je izvedeno kao klasično četverokrako semaforizirano raskrižje s vremenski ustaljenim upravljanjem. Ulica Jordanovac je transverzalni pravac te se u istoj nalaze XV. gimnazija i Osnovna škola Vladimira Nazora te je zbog toga povećani broj pješaka na pješačkim prijelazima.

Postojeće stanje raskrižja izrađeno u AutoCAD-u je prikazano na Slici 10.



Slika 10. Postojeće stanje raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčičeva ulica

Signalni plan navedenog raskrižja prikazan je na Slici 11. Signalni plan semafora ima ciklus duljine $C=50$ s te sadrži 6 signalnih grupa:

S.G.1 - omogućava vozilima na zapadnom privozu Rendićeve prolazak ravno te desno i lijevo skretanje;

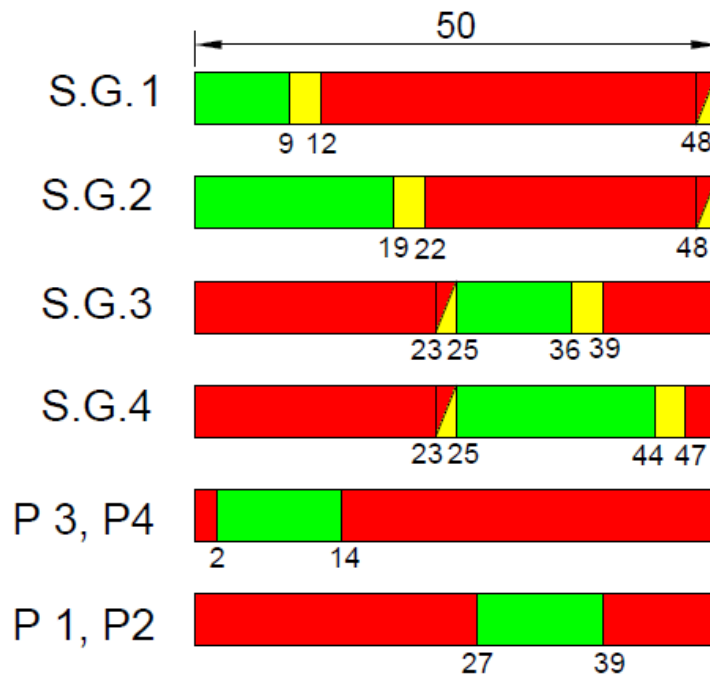
S.G.2 - omogućava vozilima na istočnom privozu Crnčičeve prolazak ravno te desno i lijevo skretanje;

S.G.3 - omogućava vozilima na sjevernom privozu Jordanovca prolazak ravno te desno i lijevo skretanje;

S.G.4 - omogućava vozilima na južnom privozu Jordanovca prolazak ravno te desno i lijevo skretanje;

P3, P4 - omogućava pješacima prelazak preko sjevernog i južnog privoza Jordanovca (sjeverni i južni pješački prijelaz);

P1, P2 - omogućava pješacima prelazak preko zapadnog privoza Rendićeve i istočnog privoza Crnčičeve (zapadni i istočni pješački prijelaz).



Slika 11. Signalni plan raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica

Ulica Jordanovac je na sjevernom privozu (Slika 12.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za lijevo, ravno i desno širine 3,50 m, te jedna traka za suprotni smjer širine 3,50 m. Ukupna širina kolnika na sjevernom privozu je 7,00 m.



Slika 12. Sjeverni privoz raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica

Ulica Jordanovac je na južnom privozu (Slika 13.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za lijevo, ravno i desno širine 3,75 m, te jedna traka za suprotni smjer širine 3,75 m. Ukupna širina kolnika na sjevernom privozu je 7,50 m.



Slika 13. Južni privoz raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica

Rendićeva ulica je na zapadnom privozu (Slika 14.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za lijevo, ravno i desno širine 4,00 m, te jedna traka za suprotni smjer širine 4,00 m. Ukupna širina kolnika na zapadnom privozu je 8,00 m.



Slika 14. Zapadni privoz raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica

Crnčićeve ulica je na istočnom privozu (Slika 15.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za lijevo, ravno i desno širine 3,50 m, te jedna traka za suprotni smjer 3,50 m. Ukupna širina kolnika na istočnom privozu je 7,00 m.



Slika 15. Istočni privoz raskrižja Rendićeve ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeve ulica

Problem raskrižja je što se između ovog raskrižja te južnog raskrižja ne može zadržati više od 12 vozila, te se događa da vozila ne mogu napustiti ovo raskrižje iako je zeleno signalno svjetlo na semaforu (Slika 16.).



Slika 16. Zagušenje raskrižja Rendićeve ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeve ulica

4.4. Analiza postojećeg stanja na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

Raskrižje je izvedeno kao četverokrako semaforizirano raskrižje. Maksimirska cesta je adaptivno upravljana. Maksimirska cesta je glavni longitudinalni pravac, a Ulica Jordanovac dalje prema Harambašićevoj kao jedina transverzala poslužuje sav promet sjever – jug. Najduža prometnica u zoni obuhvata je Maksimirska cesta koja se proteže u smjeru zapad – istok. Dvosmjernog je prometa, a u koridoru kolnika sa svake strane ima i tramvajsku prugu.

Na smjeru sjever – jug postoji dovoljan broj ulica koje se protežu od jednog do drugog ruba zone, ali tu postoji drugi problem. Naime, sjeverno od Petrove ulice praktično nema niti jedna ulica koja bi svojim cjelokupnim koridorom mogla povezati istok i zapad zone, pa se na taj način opterećuju raskrižja na Petrovoj i Maksimirskoj, na samom jugu zone, npr. kako bi se došlo sa sjeverozapadnog dijela zone u sjeveroistočni dio. Jedno od tih je navedeno raskrižje.

Postojeće stanje raskrižja izrađeno u AutoCAD-u je prikazano na Slici 17.



Slika 17. Postojeće stanje raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

Tramvajska stanica u smjeru zapad je postavljena prije raskrižja, a tramvajska stanica u smjeru istoka je postavljena poslije raskrižja. Stanica postavljena prije raskrižja može dovoditi do problema na semaforiziranom raskrižju u vidu smanjenja propusne moći raskrižja te povećanog repa čekanja.

Navedenim tramvajskim stanicama Jordanovac, prolazi 5 dnevnih linija te u vršnom satu u prosjeku svakih 2 minute prođe 1 tramvaj, u svakom smjeru.

Signalni plan navedenog raskrižja prikazan je na Slici 18. Signalni plan semafora ima ciklus duljine $C=120$ s te sadrži 14 signalnih grupa:

V1 - omogućava vozilima na istočnom privozu Maksimirske prolazak ravno te desno i lijevo skretanje, omogućava i tramvajima prolazak ravno;

V1L - omogućava vozilima na istočnom privozu Maksimirske lijevo skretanje (dopunska strelica za lijevo);

V2 - omogućava vozilima na južnom privozu Harambašićeve prolazak ravno te desno i lijevo skretanje;

V2L - omogućava vozilima na južnom privozu Harambašićeve lijevo skretanje (dopunska strelica za lijevo);

V2D - omogućava vozilima na južnom privozu Harambašićeve desno skretanje, pali se prije signalne grupe V2 (dopunska strelica za desno);

V3 - omogućava vozilima na zapadnom privozu Maksimirske prolazak ravno te desno i lijevo skretanje, omogućava i tramvajima prolazak ravno;

V3L - omogućava vozilima na zapadnom privozu Maksimirske lijevo skretanje (dopunska strelica za lijevo);

V3D - omogućava vozilima na zapadnom privozu Maksimirske desno skretanje, pali se prije signalne grupe V3 (dopunska strelica za desno);

V4 - omogućava vozilima na sjevernom privozu Jordanovca prolazak ravno te desno i lijevo skretanje;

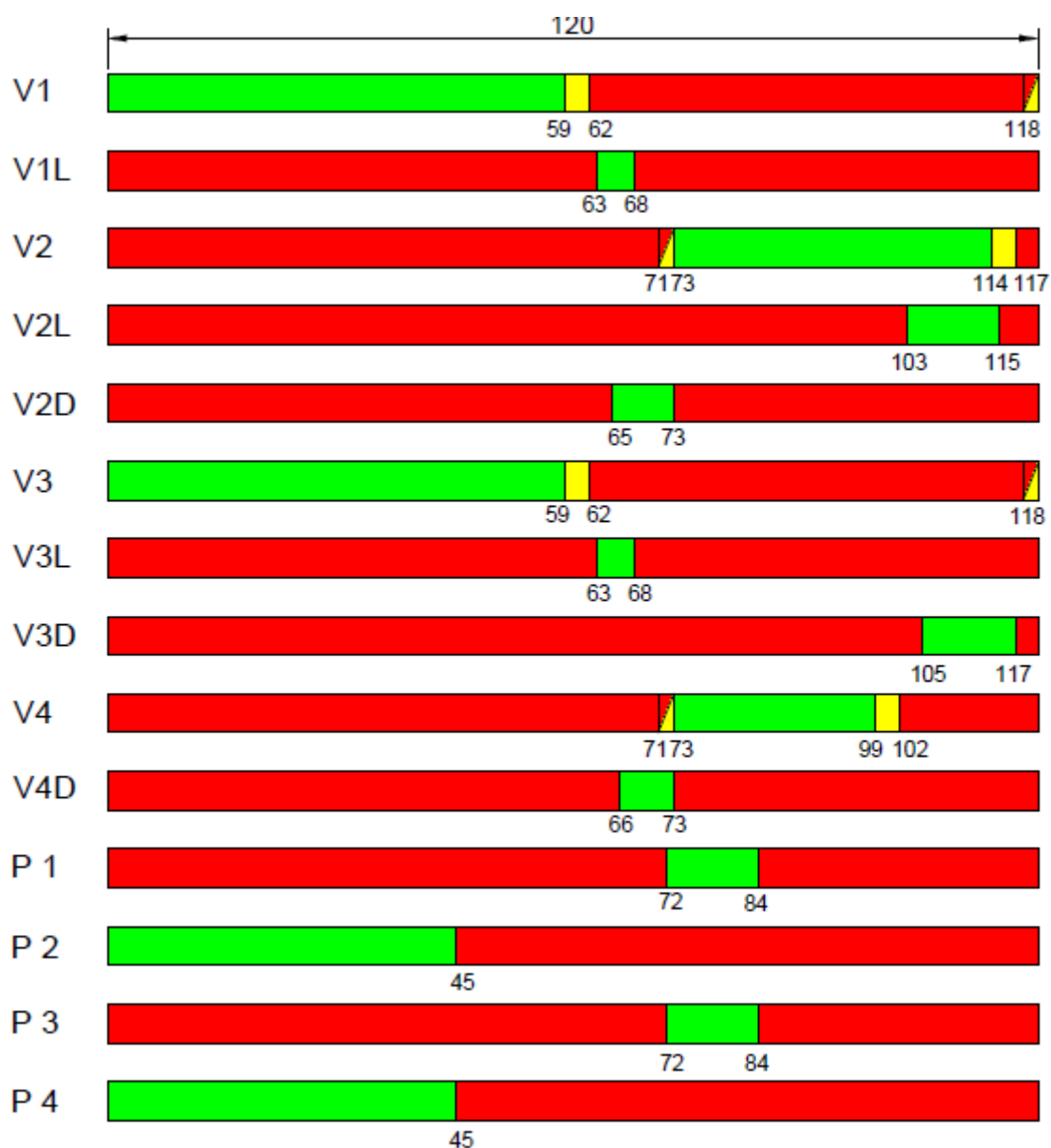
V4D - omogućava vozilima na sjevernom privozu Jordanovca desno skretanje, pali se prije signalne grupe V4 (dopunska strelica za desno);

P1 - omogućava pješacima prelazak preko istočnog privoza Maksimirske (istočni pješački prijelaz);

P2 - omogućava pješacima prelazak preko južnog privoza Harambašićeve (južni pješački prijelaz);

P3 - omogućava pješacima prelazak preko zapadnog privoza Maksimirske (zapadni pješački prijelaz);

P4 - omogućava pješacima prelazak preko sjevernog privoza Jordanovca (sjeverni pješački prijelaz).



Slika 18. Signalni plan raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica, Elipsa – S.Z. d.o.o.

Ulica Jordanovac je na sjevernom privozu (Slika 19.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za lijevo, ravno i desno širine 3,50 m, te jedna traka za suprotni smjer širine 3,50 m. Ukupna širina kolnika na sjevernom privozu je 7,00 m. Na sjevernom privozu je problem rep čekanja koji se proteže do sjevernog raskrižja.



Slika 19. Sjeverni privoz raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

Maksimirska cesta je na zapadnom privozu (Slika 20.) u zoni raskrižja izvedena s 5 prometnih traka od kojih je jedna traka za desno i tramvajska traka širine 3,00 m, jedna traka za ravno širine 2,65 m, jedna traka za lijevo širine 2,65 m, jedna traka za suprotni smjer širine 2,70 m te jedna tramvajska traka za suprotni smjer širine 3,00 m. Ukupna širina kolnika na zapadnom privozu je 14,00 m.



Slika 20. Zapadni privoz raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

Maksimirska cesta je na istočnom privozu (Slika 21.) izvedena s 5 prometnih traka od kojih je jedna traka za desno i tramvajska traka širine 3,00 m, jedna traka za ravno širine 2,70 m, jedna traka za lijevo širine 2,65 m, jedna traka za suprotni smjer širine 2,65 m te jedna tramvajska traka za suprotni smjer 3,00 m. Ukupna širina kolnika na istočnom privozu je 14,00 m.



Slika 21. Istočni privoz raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

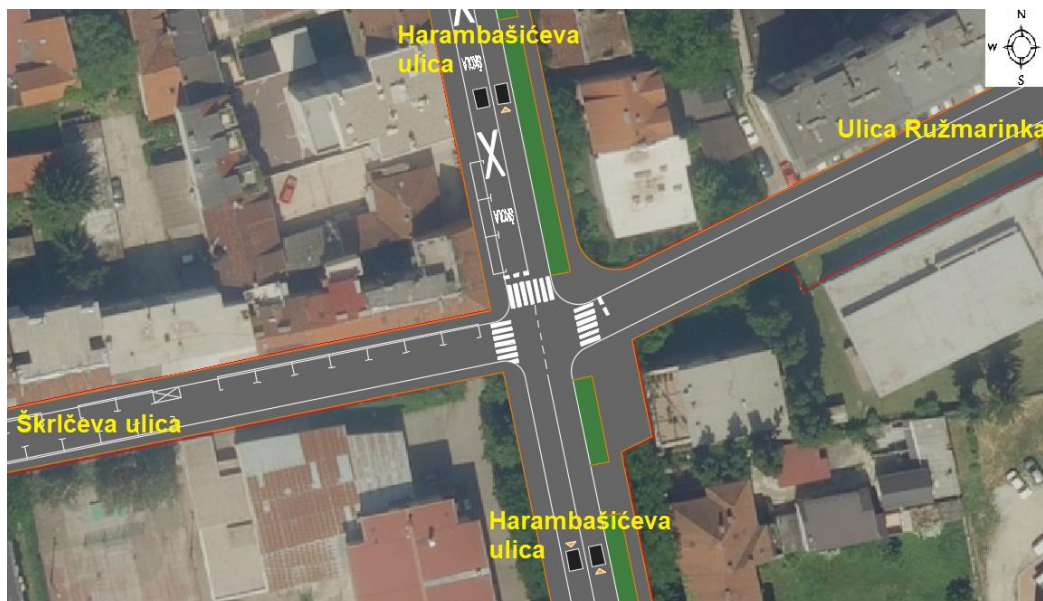
Harambašićeva ulica je na južnom privozu (Slika 22.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za lijevo, ravno i desno širine 3,25 m, te jedna traka za suprotni smjer širine 3,75 m. Ukupna širina kolnika na južnom privozu je 7 m.



Slika 22. Južni privoz raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

4.5. Analiza postojećeg stanja na raskrižju Škrlčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka

Raskrižje je izvedeno kao klasično četverokrako raskrižje. Harambašićeva ulica je transverzalni pravac te čin dominantni prometni pravac u oba smjera. Dok su Škrlčeva ulica (zapadni privoz) te Ulica Ružmarinka (istočni privoz) sporedni priključci. Škrlčeva ulica je ulica s jednosmjernim prometom. Postojeće stanje raskrižja izrađeno u AutoCAD-u je prikazano na Slici 23.



Slika 23. Postojeće stanje raskrižja Škrlčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka

Harambašićeva ulica je na sjevernom privozu (Slika 24.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za lijevo, ravno i desno širine 3,75 m, te jedna traka za suprotni smjer širine 3,25 m. Ukupna širina kolnika na sjevernom privozu je 7,00 m.



Slika 24. Sjeverni privoz raskrižja Škrličeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka

Harambašićeva ulica je na južnom privozu (Slika 25.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za lijevo, ravno i desno širine 3,50 m, te jedna traka za suprotni smjer širine 3,50 m. Ukupna širina kolnika na južnom privozu je 7,00 m.



Slika 25. Južni privoz raskrižja Škrličeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka

Ulica Ružmarinka je na istočnom privozu (Slika 26.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za lijevo, ravno i desno širine 3,00 m, te jedna traka za suprotni smjer širine 3,00 m. Ukupna širina kolnika na istočnom privozu je 6,00 m.



Slika 26. Istočni privoz raskrižja Škrlčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka

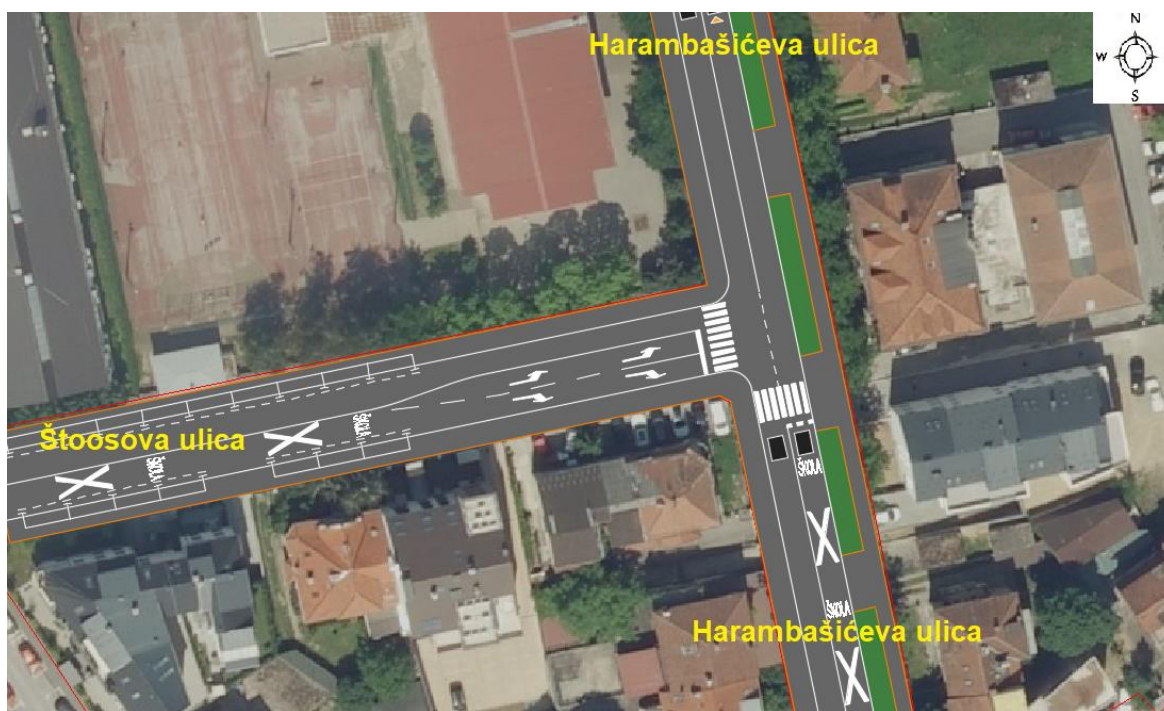
Škrlčeva ulica je jednosmjerna ulica te je na zapadnom privozu (Slika 27.) izvedena s jednom prometnom trakom za suprotan smjer širine 4,00 m. Ukupna širina kolnika na zapadnom privozu je 6,00 m.



Slika 27. Zapadni privoz raskrižja Škrlčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka

4.6. Analiza postojećeg stanja na raskrižju Štoosova ulica – Harambašićeva ulica

Raskrižje je izvedeno kao klasično trokrako raskrižje. Harambašićeva ulica čini dominantan prometni pravac, a Štoosova ulica je sporedni priključak. Postojeće stanje raskrižja izrađeno u AutoCAD-u je prikazano na Slici 28.



Slika 28. Postojeće stanje raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica

Harambašićeva ulica je na sjevernom privozu (Slika 29.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za ravno i desno širine 3,50 m, te jedna traka za suprotni smjer širine 3,50 m. Ukupna širina kolnika na sjevernom privozu je 7,00 m.



Slika 29. Sjeverni privoz raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica

Harambašićeva ulica je na južnom privozu (Slika 30.) izvedena s 2 prometne trake od kojih je jedna traka za lijevo i ravno širine 3,50 m, te jedna traka za suprotni smjer širine 3,50 m. Ukupna širina kolnika na južnom privozu je 7,00 m.



Slika 30. Južni privoz raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica

Štoosova ulica je na zapadnom privozu (Slika 31.) izvedena s 3 prometne trake od kojih je jedna traka za desno širine 3,00 m, jedna traka za lijevo širine 3,00 m te jedna traka za suprotni smjer širine 3,00 m. Ukupna širina kolnika na zapadnom privozu je 9,00 m.



Slika 31. Zapadni privoz raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica

4.7. Analiza podataka o prometnim nesrećama

Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. Nije prometna nesreća kada je radno vozilo, radni stroj, motokultivator, traktor ili zaprežno vozilo, krećući se po nerazvrstanoj cesti ili pri obavljanju radova u pokretu, sletjelo s nerazvrstane ceste ili se prevrnuo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom ne sudjeluje drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem drugoj osobi nije prouzročena šteta. Materijalna šteta u prometnoj nesreći je šteta nastala na vozilima koja su sudjelovala u prometnoj nesreći ili na objektima, prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. Sudionik u prometnoj nesreći je svaki sudionik u prometu na cesti koji je na bilo koji način sudjelovao u prometnoj nesreći [7].

Podatke o prometnim nesrećama na navedenim raskrižjima ustupila je Policijska uprava zagrebačka. Podaci koji će se prikazati su iz razdoblja od 2016. do 2018. godine.

Prometne nesreće razvrstane prema posljedicama:

- S poginulim osobama,
- S ozlijeđenim osobama,
- S materijalnom štetom.

Nastradali sudionici razvrstani prema posljedicama:

- Poginuli,
- Teško ozlijeđeni,
- Lako ozlijeđeni.

Podaci o prometnim nesrećama i posljedicama na raskrižju Petrova ulica – Ulica Jordanovac prikazani su u Tablici 2. Raskrižje je izvedeno kao raskrižje s kružnim tokom prometa te zbog manjih brzina kod prilaska raskrižju te unutar samog raskrižja, od ukupno 9 prometnih nesreća u promatranom razdoblju, 4 ih je s materijalnom štetom, a 5 s ozlijeđenim sudionicima (od toga 6 lako ozlijeđenih).

Tablica 2. Evidencija prometnih nesreća na raskrižju Petrova ulica - Ulica Jordanovac

POSLJEDICE PROMETNIH NESREĆA	2016.	2017.	2018.	Ukupno
Broj nesreća s poginulima	0	0	0	0
Broj nesreća s ozlijeđenima	3	2	0	5
Broj nesreća s materijalnom štetom	0	1	3	4
Ukupno	3	3	3	9
POSLJEDICE SUDIONIKA				
Broj poginulih	0	0	0	0
Broj teško ozlijeđenih	0	0	0	0
Broj lako ozlijeđenih	4	2	0	6
Ukupno	4	2	0	6

Izvor: [8]

Podaci o prometnim nesrećama i posljedicama na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica prikazani su u Tablici 3. Na raskrižju se u promatranom razdoblju dogodile samo 2 prometne nesreće s lako ozlijeđenim sudionicima.

Tablica 3. Evidencija prometnih nesreća na raskrižju Rendićeva ulica - Ulica Jordanovac - Crnčićeva ulica

POSLJEDICE PROMETNIH NESREĆA	2016.	2017.	2018.	Ukupno
Broj nesreća s poginulima	0	0	0	0
Broj nesreća s ozlijeđenima	0	2	0	2
Broj nesreća s materijalnom štetom	0	0	0	0
Ukupno	0	2	0	2
POSLJEDICE SUDIONIKA				
Broj poginulih	0	0	0	0
Broj teško ozlijeđenih	0	0	0	0
Broj lako ozlijeđenih	0	2	0	2
Ukupno	0	2	0	2

Izvor: [8]

Podaci o prometnim nesrećama i posljedicama na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica prikazani su u Tablici 4. Raskrižje je izvedeno s 5 prometnih traka pri istočnom i zapadnom privozu, raskrižjem prometuju i tramvaji te raskrižjem prolazi i najveći broj vozila unutar jednog sata, sve navedeno smanjuje sigurnost raskrižja. Na ovom raskrižju je najviše prometnih nesreća (14) u promatranom razdoblju te je jedino raskrižje na kojem su se dogodile prometne nesreće s teško ozlijeđenim sudionicima. Dogodilo se 7 prometnih nesreća s materijalnom štetom, a 7 s ozlijeđenima. Od 10 ozlijeđenih sudionika, 4 su teško ozlijeđena.

Tablica 4. Evidencija prometnih nesreća na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

POSLJEDICE PROMETNIH NESREĆA	2016.	2017.	2018.	Ukupno
Broj nesreća s poginulima	0	0	0	0
Broj nesreća s ozlijeđenima	3	2	2	7
Broj nesreća s materijalnom štetom	2	3	2	7
Ukupno	5	5	4	14
POSLJEDICE SUDIONIKA				
Broj poginulih	0	0	0	0
Broj teško ozlijeđenih	2	1	1	4
Broj lako ozlijeđenih	1	3	2	6
Ukupno	3	4	3	10

Izvor: [8]

Podaci o prometnim nesrećama i posljedicama na raskrižju Škrlečeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka prikazani su u Tablici 5. Na raskrižju su se dogodile samo 2 prometne nesreće s materijalnom štetom.

Tablica 5. Evidencija prometnih nesreća na raskrižju Škrlečeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka

POSLJEDICE PROMETNIH NESREĆA	2016.	2017.	2018.	Ukupno
Broj nesreća s poginulima	0	0	0	0
Broj nesreća s ozlijeđenima	0	0	0	0
Broj nesreća s materijalnom štetom	1	1	0	2
Ukupno	1	1	0	2
POSLJEDICE SUDIONIKA				
Broj poginulih	0	0	0	0
Broj teško ozlijeđenih	0	0	0	0
Broj lako ozlijeđenih	0	0	0	0
Ukupno	0	0	0	0

Izvor: [8]

Podaci o prometnim nesrećama i posljedicama na raskrižju Štoosova ulica – Harambašićeva ulica prikazani su u Tablici 6. Na ovom T raskrižju su se dogodile 2 prometne nesreće s lako ozlijeđenima.

Tablica 6. Evidencija prometnih nesreća na raskrižju Štoosova ulica – Harambašićeva ulica

POSLJEDICE PROMETNIH NESREĆA	2016.	2017.	2018.	Ukupno
Broj nesreća s poginulima	0	0	0	0
Broj nesreća s ozlijeđenima	1	0	1	2
Broj nesreća s materijalnom štetom	0	0	0	0
Ukupno	1	0	1	2
POSLJEDICE SUDIONIKA				
Broj poginulih	0	0	0	0
Broj teško ozlijeđenih	0	0	0	0
Broj lako ozlijeđenih	1	0	1	2
Ukupno	1	0	1	2

Izvor: [8]

5. ANALIZA PODATAKA O BROJANJU PROMETA

Brojanje prometa predstavlja jedan od glavnih ulaznih podataka pri prometnom planiranju i projektiranju. Podaci dobiveni brojanjem prometa predstavljaju stvarnu trenutačnu sliku dinamike prometnih tokova. Ti podaci se mogu sastojati od informacija kao što su: prometna opterećenja na cestovnim prometnicama, struktura prometnog toka, brzina kretanja vozila u prometnom toku, razmak između vozila u prometnom toku, smjerovi kretanja vozila u cestovnoj mreži, vršna opterećenja u određenim vremenskim rasponima i sl. [5].

Iz takvih podataka dobiva se točna slika o prometnim zahtjevima unutar neke zone obrade. Na temelju toga mogu se odrediti budući prometni pravci, rekonstrukcija postojeće prometne infrastrukture i napraviti reorganizacija prometnih tokova. Pri korištenju podataka dobivenih iz brojanja prometa uputno je koristiti podatke iz prethodnih brojanja prometa, ako postoje. Na taj način vidljiv je razvoj neke sredine, s prometnog stajališta, u razdoblju nekoliko godina, desetljeća ili dulje [5].

Brojanje prometa se treba izvršiti tokom radnih dana, utorkom, srijedom i četvrtkom u jutarnjem vršnom satu. Brojanje prometa će se izvršiti ručnim brojanjem odnosno bilježenjem na brojački listić (Tablica 7.), na listiću se bilježi idu li vozila ravno ili mijenjaju smjer lijevo ili desno.

Tablica 7. Brojački listić

Brojačko mjesto:		npr. 1						
Lokacija:		npr. Petrova - Jordanovac						
Privoz:		npr. Zapadni privoz						
Vrijeme brojanja:		npr. 07.11.2018. srijeda						
sat	smjer	intervali	OA	LT	TT	BUS	MOT	BIC
npr. 7:30 - 8:30	npr. lijevo	15'						
		30'						
		45'						
		60'						
		Ukupno						
		EJA						
	Sveukupno vozila							
Sveukupno EJA								

Izvor: [9]

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada brojanje prometa je izvršeno na 5 raskrižja promatranog koridora. Brojanje prometa je izvršeno u jutarnjem vršnom satu između 7:30 i 8:30.

Brojana vozila podijeljena su u sedam kategorija:

- osobna vozila,
- laka teretna vozila (TV < 5t),
- teška teretna vozila (TV > 5t),
- autobusi,
- motocikli,
- bicikli,
- tramvaji (ako raskrižjem prolazi tramvajska linija).

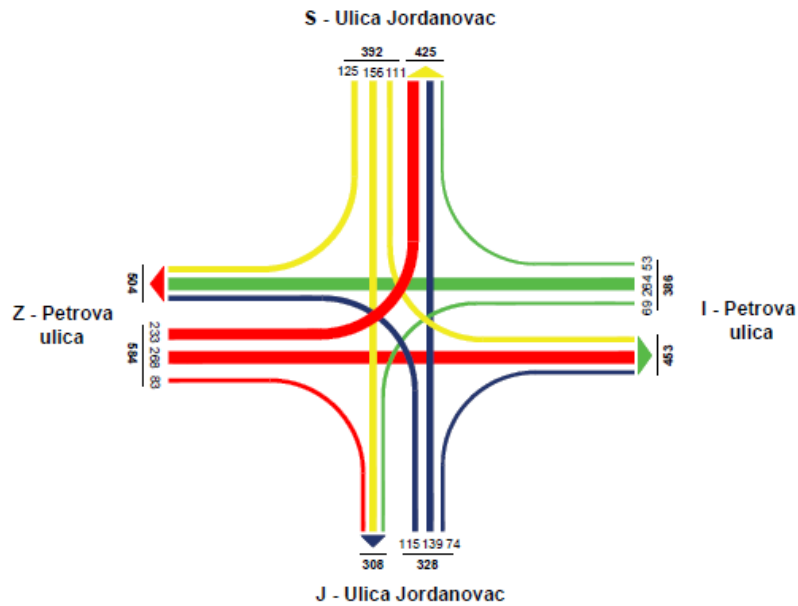
Da bi se dobili jedinstveni podaci pri određivanju strukture prometa uvedeni su koeficijenti kojima se množi svaka vrsta vozila. Svaku skupinu vozila ponderiramo te je svedena na jedinstvenu jedinicu „EJA“ (ekvivalentna jedinica automobila).

Koeficijenti iznose:

- 0,3 za bicikle,
- 0,7 za motocikle,
- 1 za osobna vozila,
- 1,5 za laka teretna vozila,
- 2 za teška teretna vozila i autobuse,
- 3 za tramvaje.

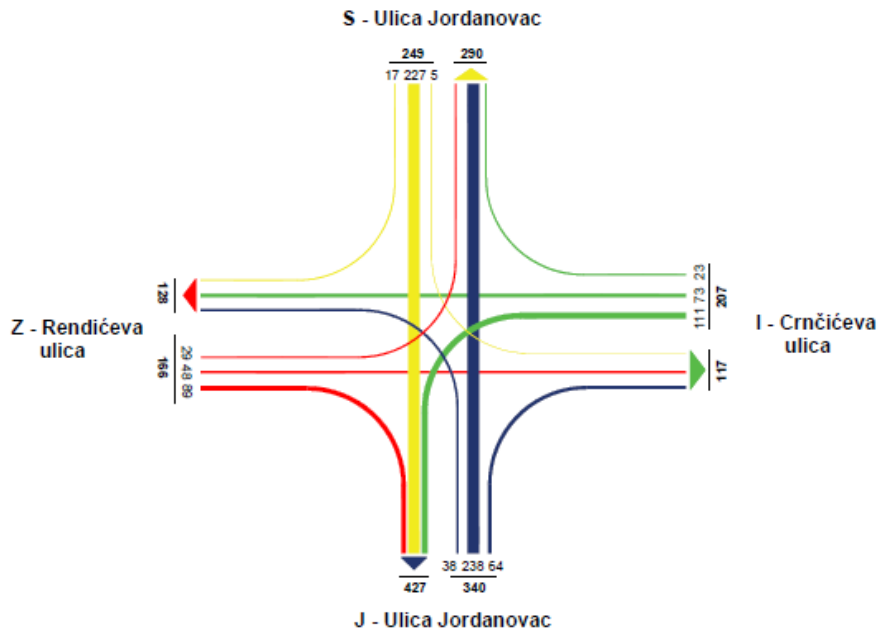
Kako bi se prometno opterećenje vjerno prikazalo, izradit će se grafički prikazi u programskom alatu AutoCAD. Grafički prikaz će prikazati svaki prometni tok s pripadajućim brojem EJA/h te će se iz tih podataka zaključiti koji su dominantni tokovi na raskrižju te ukazati na moguće probleme samog raskrižja.

Raskrižje Petrova ulica – Ulica Jordanovac je izvedeno kao raskrižje s kružnim tokom prometa te je iz podataka sa Slike 32. vidljivo da su dominantni tokovi ZS s 233 EJA/h, ZI s 268 EJA/h, te IZ s 264 EJA/h. Jedan od problema ovog raskrižja je što na zapadnom privozu 233 od 584 EJA/h čine lijevi skretači.



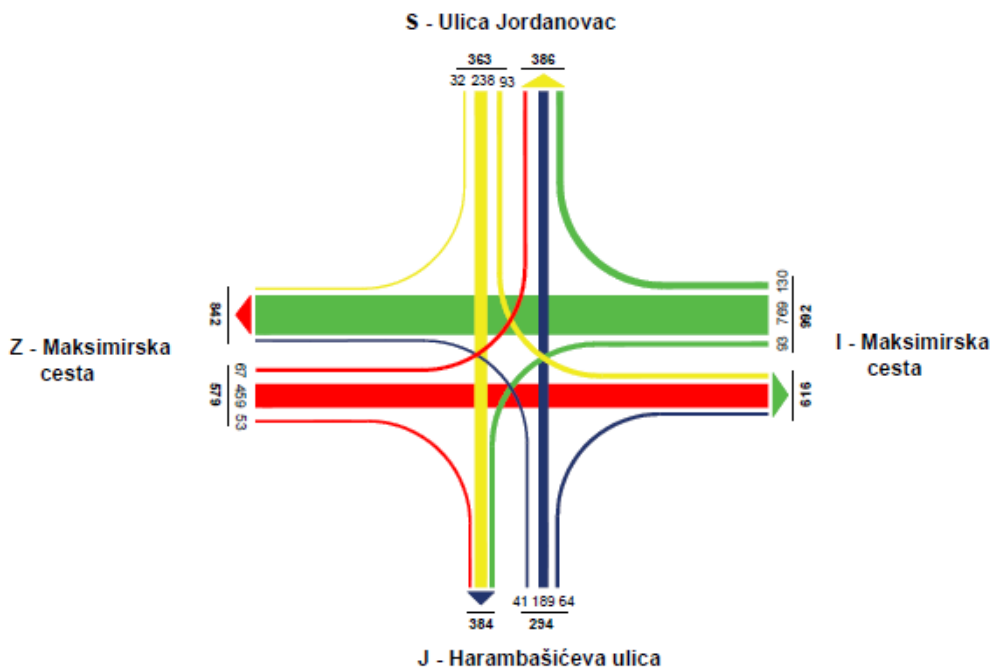
Slika 32. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac

Raskrižje Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica je semaforizirano. Iz podataka sa Slike 33. vidljivo je da su na raskrižju dominantni tokovi S-J s 227 EJA/h te J-S s 238 EJA/h. Može se zaključiti da bi glavni pravac trebao biti sjever – jug zbog dominantnog prometnog toka, no vozila koja napuštaju raskrižje prema jugu se nemaju gdje zadržavati zbog premale duljine do sljedećeg raskrižja. Upravo je problem raskrižja što se vozila u pravcu S-J te J-S ne stignu isprazniti pod zelenim svjetlom.



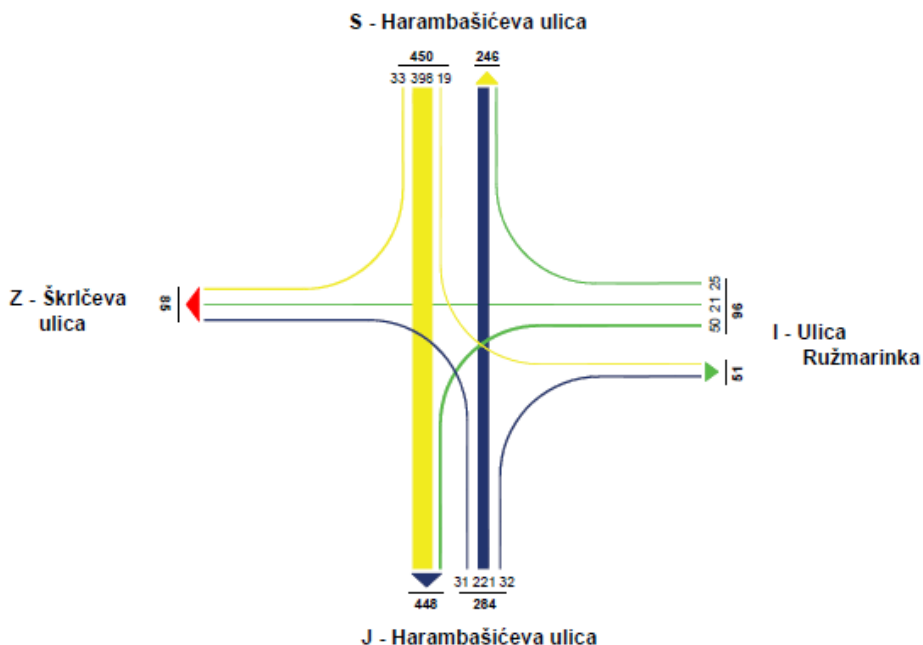
Slika 33. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica

Raskrižje Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica je semaforizirano te u koridoru ceste na Maksimirskoj postoji tramvajska pruga u oba smjera. Iz podataka sa Slike 34. je vidljivo da su dominantni tokovi su ZI 459 EJA/h te IZ sa 769 EJA/h na Maksimirskoj, a razlog većeg broja EJA/h je što se tim tokovima kreću i tramvaji.



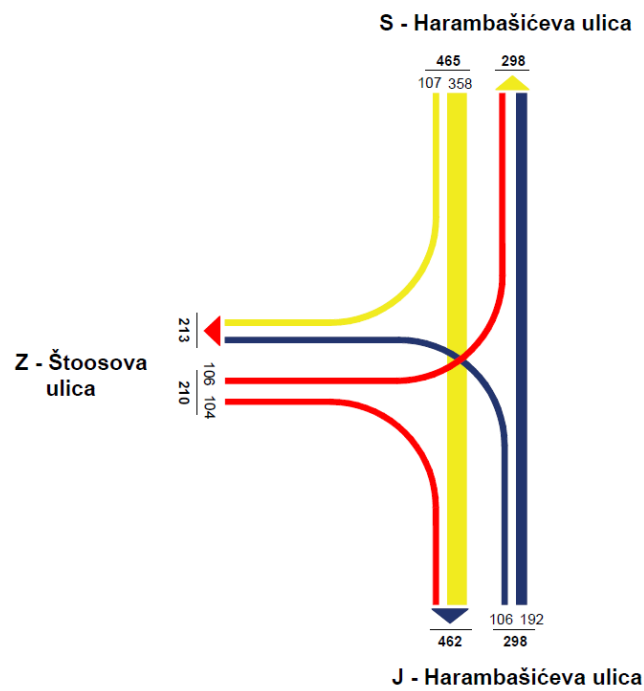
Slika 34. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

Sa Slike 35. je vidljivo da su na raskrižju Škrličeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka dominantni tokovi S-J s 398 EJA/h i J-S s 221 EJA/h.



Slika 35. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja Škrličeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka

Sa Slike 36. je vidljivo da su na raskrižju Štoosova ulica – Harambašićeva ulica dominantni tokovi SJ s 358 EJA/h i JS s 192 EJA/h.



Slika 36. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica

6. PRIJEDLOZI RJEŠENJA POSTOJEĆEG STANJA

U ovom poglavlju iznijet će se prijedlozi poboljšanja postojećeg stanja na promatranom koridoru. Varijante će se prikazati grafički pomoću programskog alata „AutoCAD“. Rješenja moraju omogućiti:

- Povećanje sigurnosti cestovnog i pješačkog prometa,
- Smanjenje repova čekanja na privozima,
- Smanjenje vremena kašnjenja na privozima,
- Smanjenje utjecaja javnog linijskog gradskog prijevoza (izmještanje stajališta tramvaja na Maksimirskoj cesti u smjeru I-Z),
- Odgovarajuću propusnu moć i razinu usluge.

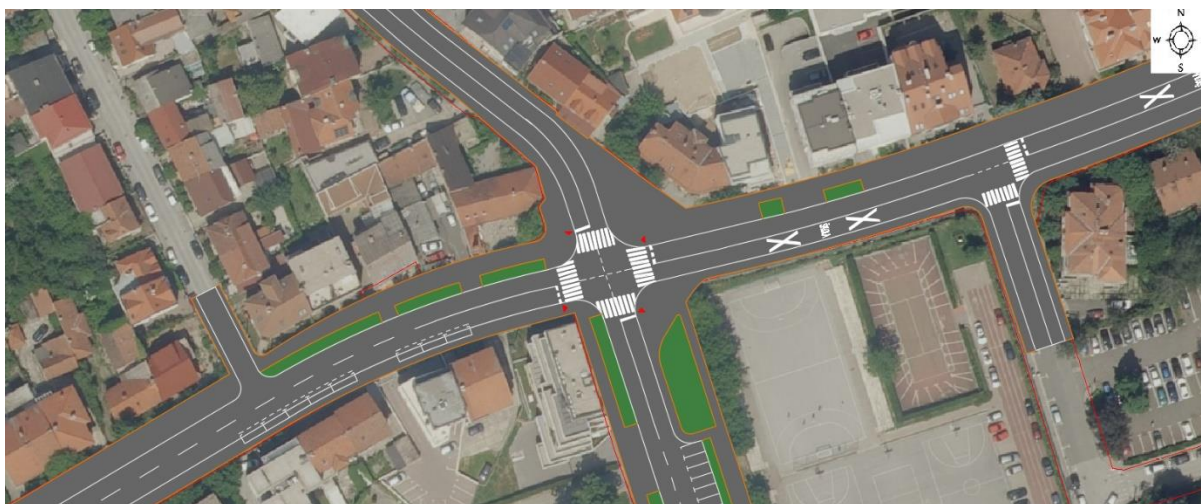
6.1. Prijedlog rješenja 1

Analizom postojećeg stanja na Petrova ulica – Ulica Jordanovac uočen je povećani rep čekanja te vrijeme kašnjenja u smjeru Z-I, iz programskog alata PTV Vissim su se dobili izlazni rezultati duljine repa čekanja i vremena kašnjenja, a iznose 222,5 m odnosno 192,45 s/voz. Kao što se već navelo, na raskrižju s kružnim tokom prometa, veliki broj lijevih skretača iz smjera zapada ometaju promet zbog duljih putovanja te zbog otežavajućih presjecanja i preplitanja. Analizom brojanja prometa utvrđena je preraspodjela prometnih tokova.

Najintenzivniji prometni tok proteže se Petrovom ulicom od zapada prema istoku u iznosu od 35 % od ukupnog broja vozila koja prolaze raskrižjem u jutarnjem vršnom satu. Čak 40 % vozila na zapadnom privozu čine lijevi skretači koji voze prema sjevernom privozu, a 46 % čine vozila koja prolaze ravno.

Petrovom ulicom od istoka prema zapadu u iznosu od 23 % od ukupnog broja vozila koja prolaze raskrižjem u jutarnjem vršnom satu, a 68 % vozila na istočnom privozu čine vozila koja voze ravno prema zapadnom privozu.

Zbog povećanog broja lijevih skretača te vozila koja prolaze raskrižjem ravno predlaže se veća građevinska rekonstrukcija na raskrižju, odnosno rušenje raskrižja s kružnim tokom prometa te izgradnja semaforiziranog četverokrakog raskrižja (Slika 37.). Širine prometnih traka se nisu mijenjale, no napravila se okomizacija sjevernog privoza zbog lakšeg prilaza vozila raskrižju.



Slika 37. Prijedlog rješenja 1

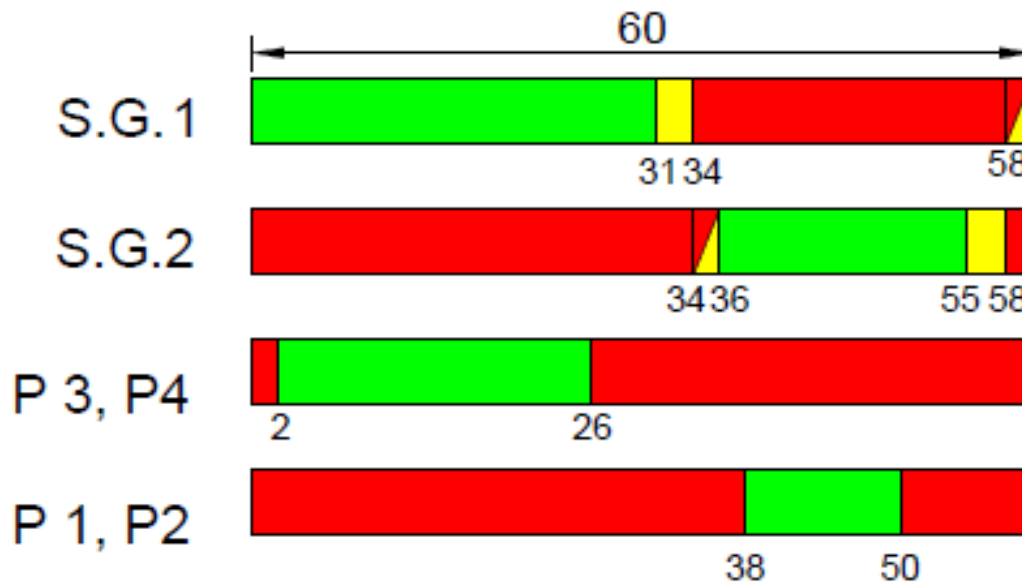
Signalni plan navedenog raskrižja prikazan je na Slici 38. U signalnom planu je produljena faza zelenog svijetla vozilima sa zapada jer je dominantni prometni tok te ima 40 % lijevih skretača. Signalni plan semafora ima ciklus duljine $C=60$ s te sadrži 4 signalne grupe:

S.G.1 - omogućava vozilima na zapadnom i istočnom privozu Petrove prolazak ravno te desno i lijevo skretanje;

S.G.2 - omogućava vozilima na sjevernom i južnom privozu Jordanovca prolazak ravno te desno i lijevo skretanje;

P3, P4 - omogućava pješacima prelazak preko sjevernog i južnog privoza Jordanovca (sjeverni i južni pješački prijelaz);

P1, P2 - omogućava pješacima prelazak preko zapadnog i istočnog privoza Petrove (zapadni i istočni pješački prijelaz).



Slika 38. Signalni plan na rekonstruiranom raskrižju Petrova ulica – Jordanovac ulica

6.2. Prijedlog rješenja 2

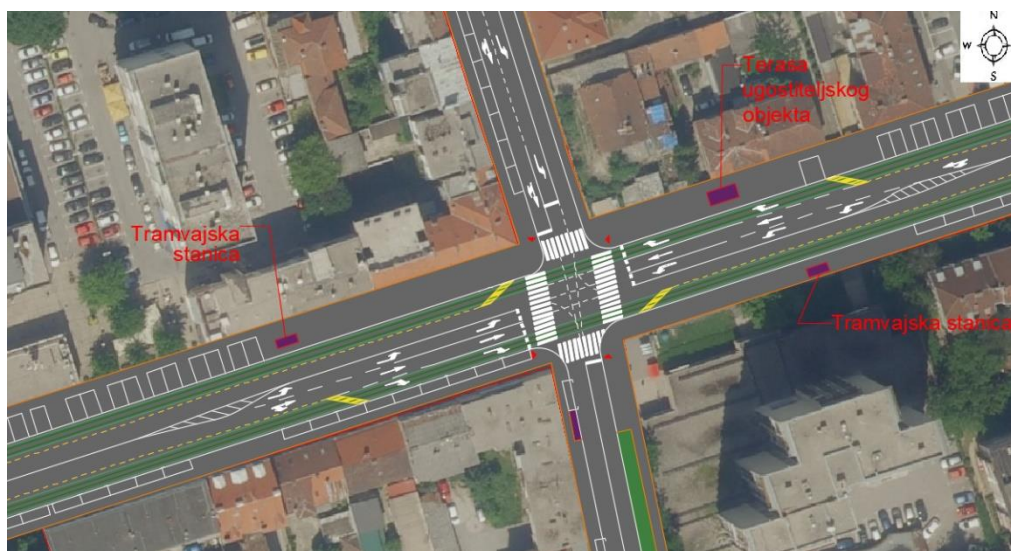
Na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica tramvajska stanica je postavljena prije raskrižja.

Autobusna i tramvajska stajališta u pravilu se projektiraju i smještaju iza raskrižja. Takvim položajem dobiva se veća propusna moć raskrižja kako vozila javnog gradskog prijevoza tako i ostalih vozila. Takvim smještajem osigurano je i lakše uključivanje autobusa i tramvaja u prometni tok. Autobusna stajališta se projektiraju i izvode sukladno važećem Pravilniku o autobusnim stajalištima (NN 119/2007) koji obvezuje postavljanje autobusnih stajališta iza raskrižja.

Položaj stajališta tramvajskog prometa nije propisan, a budući da tramvajska mreža prolazi većinom urbanim područjem, njihov smještaj određuje se sukladno prostornim mogućnostima i veličini pješačkih tokova.

Kao rješenje se predlaže premještanje tramvajske stanice iza raskrižja, te bi ta mjera trebala dovesti do povećanja propusne moći i smanjenje repa čekanja raskrižja.

Na Slici 39. je prijedlog rješenja s tramvajskom stanicom iza raskrižja. Parkirališna mjesta će se premjestiti na prostor stare tramvajske stanice tako da se u tom segmentu ne gubi parkirališni prostor. Na prostoru nove tramvajske stanice će se morati maknuti dvije terase ugostiteljskog objekta kako bi se ista postavila. Simulacijom će se vidjeti dovodi li ovo rješenje do smanjenja razine usluge raskrižja.

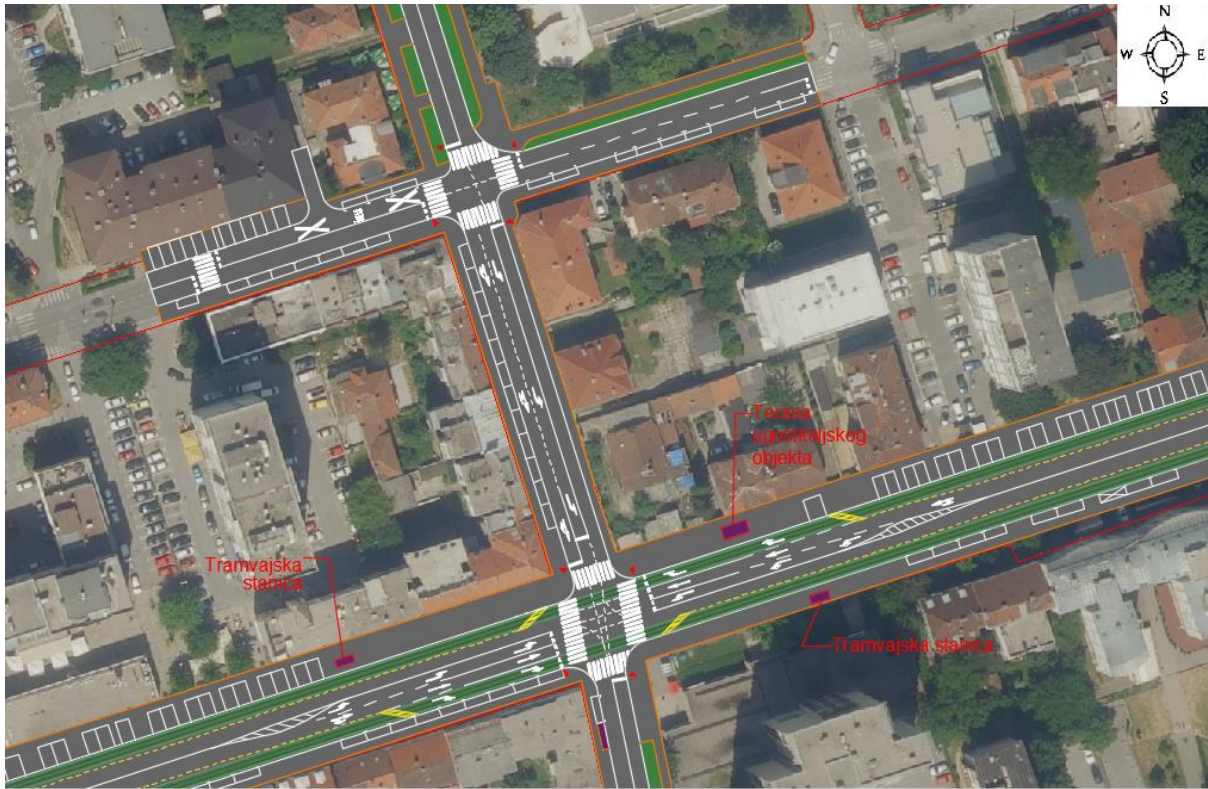


Slika 39. Prijedlog rješenja 2

6.3. Prijedlog rješenja 3

Analizom postojećeg stanja na raskrižjima Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica i Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica uočen je velik rep čekanja na sjevernom privozu raskrižja Rendićeva – Jordanovac – Crnčićeva. Naime, raskrižje Rendićeva – Jordanovac – Crnčićeva može propustiti puno više vozila u smjeru juga nego što ih može stajati (12 vozila) u prometnoj traci između navedena dva raskrižja te se dešava, kao što se već navelo, da se vozila ne stignu isprazniti na zeleno svjetlo u smjeru juga, odnosno moraju stajati na upaljenom zelenom svjetlu. Duljina prometne trake je 77 m. Širina kolnika u postojećem stanju je 7,00 m, širina uzdužnih parkirališnih mjesta je 3,00 m te 3,00 m nogostup.

Kao rješenje (Slika 40.) se predlaže dodavanje prometne trake cijelom duljinom između navedena dva raskrižja te bi ta mjera trebala dovesti do povećanja propusne moći raskrižja i smanjenjem navedenih problema raskrižja. Nakon rekonstrukcije, između navedenih raskrižja će biti 3 prometne trake, od kojih 1 za prolazak ravno i desno skretanje širine 3,00 m, 1 za lijevo skretanje širine 3,00 m te jedna za suprotni smjer širine 3,00 m. Broj parkirališnih mjesta se neće izgubiti ovom rekonstrukcijom pošto će se širina parkirališnog mjesta smanjiti na standardnih 2,00 m. Prostor za kretanje pješaka će se smanjiti s 3,00 m na 2,00 m.



Slika 40. Prijedlog rješenja 3

7. IZRADA SIMULACIJSKOG MODELA VARIJANTNIH RJEŠENJA

U početku su se mikrosimulacijski modeli razvijali zbog potrebe za testiranjem pojedinih prometnih rješenja, s namjerom povećanja propusne moći raskrižja, prije svega u urbanom okruženju. Većina modela je adaptivna i omogućava unos i promjene nekih parametara koji imaju ključno značenje za reprezentativno odvijanje simulacija. Kao rezultat mikrosimulacija većina modela obrađuje prometnu učinkovitost prema parametrima koji se najčešće upotrebljavaju u analizi propusne moći: brzina, vrijeme putovanja, stupanj zasićenja, duljina repa čekanja itd. Praktički, komercijalni programi omogućuju vizualno promatranje simulacije, to jest animaciju, dok nekomercijalni modeli (razvijeni u specijalne studijske svrhe) nemaju takve mogućnosti i rezultate prikazuju u alfanumeričkom obliku. Rezultati mikrosimulacija mogu se podijeliti prema pokazateljima za prometnu učinkovitost: sigurnost, okoliš, udobnost i tehničke karakteristike [10].

Vodeća uloga u području mikrosimulacija pripada programskom alatu VISSIM (njemačkog poduzeća PTV). VISSIM je mikroskopski simulacijski računalni program koji se temelji na višenamjenskoj simulaciji prometnih tokova, s naglaskom na analizi i optimizaciji prometnih tokova. VISSIM nudi mnoštvo različitih mogućnosti simulacija urbanog i izvanurbanog prometa, te povezivanje simulacija javnog i pojedinačnog prometa. Pomoću modeliranja realnih prometnih uvjeta može se vrlo dobro, s relativno visokim stupnjem sličnosti između realnih i modeliranih prometnih tokova, obuhvatiti kompleksnost uvjeta u prometu [10].

Dakle, mikrosimulacijski programski alat VISSIM predstavlja stohastički (slučajni), diskretan (simulacija diskretnih događaja: izdvajanje samo onih vremenskih intervala u kojima su zabilježene promjene stanja te njihov prikaz u vrlo kratkom vremenu) vremenski prilagođen model. Model rabi psihofizičke karakteristike slijeda vozila (eng.: Car Following Model) u njihovom uzdužnom kretanju i algoritme koji se temelje na pravilima vožnje za vozila koja se uključuju iz sporednih pravaca. Koncipiran je na ideji koja proizlazi iz Wiedemannove teorije prometnog toka gdje je vrijeme reakcije "vozača" (kao i osnovni kinematički parametri: vrijeme, brzina, ubrzanje) prilagođeno pojedinom vozaču odnosno vozilu [10].

VISSIM-ovi mikrosimulacijski modeli najčešće su sastavljeni od pet osnovnih elemenata, a to su:

1. cestovne poveznice ("linkovi" i "connectori"),
2. prometna signalizacija (semaforizirana, nesemaforizirana raskrižja),
3. strukture vozila,
4. prometna opterećenja,
5. smjerovi kretanja vozila [10].

Pomoću mikrosimulacijskih modela VISSIM-a mogu se simulirati sve vrste prometnih površina (autoceste, lokalne ceste, biciklističke staze itd.), sve vrste prometa (motorizirani, nemotorizirani) i javni promet (autobusi, tramvaji, podzemne željeznice i sl.). Matematički modeli su osnovni sastavni elementi svakog prometnog simulatora i predstavljaju osnovu za definiranje prometne mreže koja simulira tehničke i organizacijske aspekte realnog stanja. Simulator je podijeljen na 3 glavna dijela, te jedan dodatni dio koji generira rezultate svake simulacije [10].

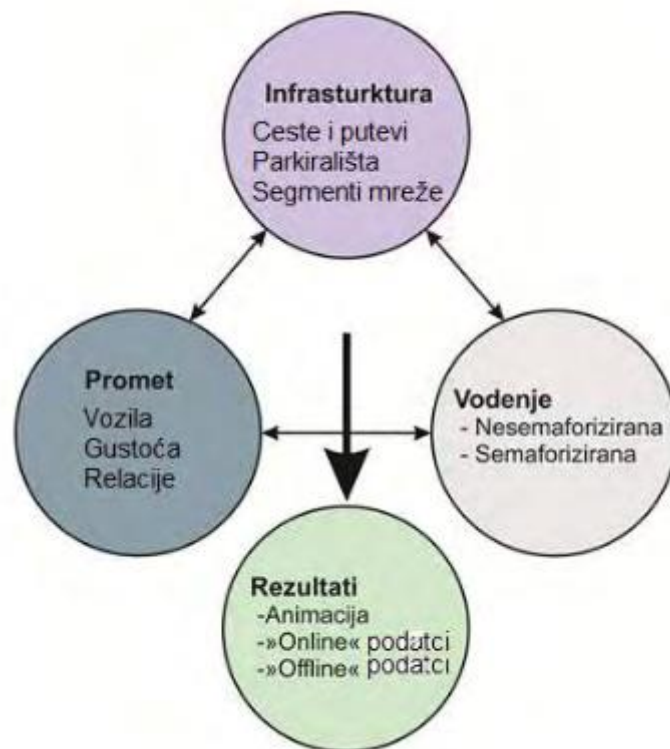
Prvi dio - infrastrukturni dio - sastavljen je od cestovne i željezničke infrastrukture. U programskoj opremi taj je dio važan za modeliranje cestovnog i željezničkog prometa. Stajališta javnog prijevoza i parkirališta su potrebna za određivanje izvornih i odredišnih mjesta putovanja. U taj se dio ubrajaju još pojedini fizički i stacionarni elementi mreže (znakovi, detektori i sl.) [10].

Drugi dio predstavljaju tehničke karakteristike vozila i specifikacije prometnih tokova. Prometni tokovi definirani su pomoću izvorno-odredišnih matrica ili s generiranim prometom na ulaznim vezama (putovima). U drugi se dio ubrajaju opisi infrastrukturne mreže te model dodjeljivanja karakteristika. Linije javnog prijevoza su u spomenutom dijelu definirane kao redoslijed veza i stajališta [10].

Treći dio predstavlja sve elemente koji su povezani s kontrolom, odnosno nadzorom prometa. Sastavni elementi toga dijela su: pravila vožnje u raskrižjima izvan razine, pravila vožnje u raskrižjima u istoj razini, pravila prednosti u vezi s prihvaćanjem praznina (vremenskih, prostornih) i postavke signala (semafori, prometni znakovi s promjenjivim sadržajem i sl.) [10].

Sva tri dijela su u programskoj opremi međusobno smisljeno povezana (Slika 41.). Naprimjer, tekući promet (2. dio) aktivira detektore (1. dio) koji promjene sadržaj na portalu (3. dio). Četvrti dio je namijenjen svim vrstama izlaznih podataka, bez povratnih petlji. Izlazni podaci mogu se dobiti tijekom same simulacije ili u obliku animacija,

stanja nadzora prometa ili statističkih podataka o stanju vozila i detektora. Većina mjerenja nastane tijekom simulacije i pohranjuje se, čineći dodatak simulaciji [10].



Slika 41. Shematski prikaz strukture VISSIM-ovih simulatora, [10]

U radu će se još koristiti SIDRA Intersection. Program služi za detaljnu analizu semaforiziranih, nesemaforiziranih i kružnih raskrižja. Osim raskrižja u razini omogućuje analizu dionica autocesta i pješačkih prijelaza. Analizom izlaznih rezultata (propusna moć, razina usluge, vrijeme čekanja, duljine repova čekanja itd.) omogućuje vrednovanje varijantnih rješenja raskrižja. Proračuni su temeljeni na HCM 2010 metodologiji [11].

8. EVALUACIJA PREDLOŽENIH VARIJANTNIH RJEŠENJA

Ovo poglavlje prikazat će rezultate koji su dobiveni pomoću mikorsimulacijskog alata PTV Vissim, odnosno biti će prikazani rezultati simulacije za postojeće stanje te simulacija predloženih rješenja. Rezultati postojećeg stanja će se usporediti s podacima budućeg stanja.

U ovom diplomskom radu u obzir će se uzeti određeni izlazi podaci koji su dobiveni simulacijskim alatima, a to su:

- Prosječna duljina repa čekanja [m]
- Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]
- Razina usluge (LOS)

Razina usluge (Level of service – LOS) procjenjuje se kroz šest stupnjeva (A-najbolje; F-najlošije), prema američkoj metodologiji (HCM) i njemačkoj (HBS). Opis razina usluga pokazuje da se za njihovu procjenu na raskrižjima koristi veličina prosječnog vremena kašnjenja vozila na raskrižju, razine usluge su (Tablica 8.):

LOS A: uvjeti slobodnog toka s najviše 10 % međusobnih utjecaja između vozila u prometnom toku, a prosječna vremena kašnjenja na raskrižjima su minimalna;

LOS B: oko 70 % vozila nalazi se u uvjetima slobodnog toka, a prosječna vremena kašnjenja na raskrižjima nisu značajna;

LOS C: stabilni uvjeti prometa s oko 50 % vozila u uvjetima slobodnog toka, pri čemu mogući manji povećani repovi čekanja na raskrižjima izazivaju veća prosječna vremena kašnjenja;

LOS D: oko 40 % vozila se nalazi u uvjetima slobodnog toka, a malo povećanje prometnog toka izaziva povećane repove čekanja na raskrižjima s većim prosječnim vremenom kašnjenja;

LOS E: manje od trećine vozila su u slobodnom toku; to je stanje u kojem je dosegnuta propusna moć ili se postiže malim povećanjem prometnog toka; prosječna vremena kašnjenja na raskrižjima su znakovito velika;

LOS F: prometna potražnja je iznad propusne moći, a na privozima raskrižju dolazi do zagušenja koja uzrokuju velika vremena kašnjenja i znatno utječu na okolnu prometnu mrežu [12].

Tablica 8. Razina usluge (LOS) za slučaj nesemaforiziranog i semaforiziranog raskrižja

Nesemaforizirano raskrižje		Semaforizirano raskrižje	
Razina usluge (LOS)	Prosječno vrijeme kašnjenja (s/voz)	Razina usluge (LOS)	Prosječno vrijeme kašnjenja (s/voz)
A	0-10	A	0-10
B	> 10 - 15	B	> 10 - 20
C	> 15 – 25	C	> 20 – 35
D	> 25 - 35	D	> 35 - 55
E	> 35 - 50	E	> 55 - 80
F	> 50	F	> 80

Izvor: [12]

8.1. Evaluacija postojećeg stanja

Simulacijski model cijelog koridora je napravljen u alatu PTV Vissim. U tablicama će biti prikazani izlazni podaci simulacije za svako raskrižje posebno. Podaci koji će se prikazivati u tablicama su: Prosječna duljina repa čekanja [m], Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz] te Razina usluge (LOS).

Na Slici 42. je prikazan simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Petrova ulica - Ulica Jordanovac.



Slika 42. Simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Petrova ulica - Ulica Jordanovac

U Tablici 9. su prikazani izlazni podaci simulacije postojećeg stanja raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac prema zahtjevu. Najveći rep čekanja te najveće vrijeme kašnjenja je zabilježeno na zapadnom privozu te iznosi 222,52 m, odnosno 192,45 s/voz. Loši rezultati su povezani s već spomenutim problemom na istoku i zapadu gdje prometni tokovi za ravno čine 68 % i 46 % te prometni tok lijevih skretača

na zapadu kojih je 40 %. Razina usluge cijelog raskrižja je F što znači da je prometna potražnja veća od propusne moći i dolazi do zagušenja na privozima.

Tablica 9. Izlazni podaci simulacije postojećeg stanja na raskrižju Petrova ulica – Jordanovac ulica

Smjer kretanja	Prosječna duljina repa čekanja [m]	Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Zapad - lijevo	222.516613	192.445915	LOS_F
Zapad - ravno	222.516613	191.466854	LOS_F
Zapad - desno	222.516613	189.420811	LOS_F
Jug - lijevo	49.043435	69.841578	LOS_F
Jug - ravno	49.043435	68.624654	LOS_F
Jug - desno	49.043435	78.256312	LOS_F
Istok - lijevo	22.483684	36.443865	LOS_E
Istok - ravno	22.483684	37.078888	LOS_E
Istok - desno	22.483684	26.903334	LOS_D
Sjever - lijevo	25.546199	35.294042	LOS_E
Sjever - ravno	25.546199	37.191034	LOS_E
Sjever - desno	25.546199	37.2457	LOS_E
Raskrižje	79.897483	87.915208	LOS_F

Na Slici 43. je prikazan simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica.



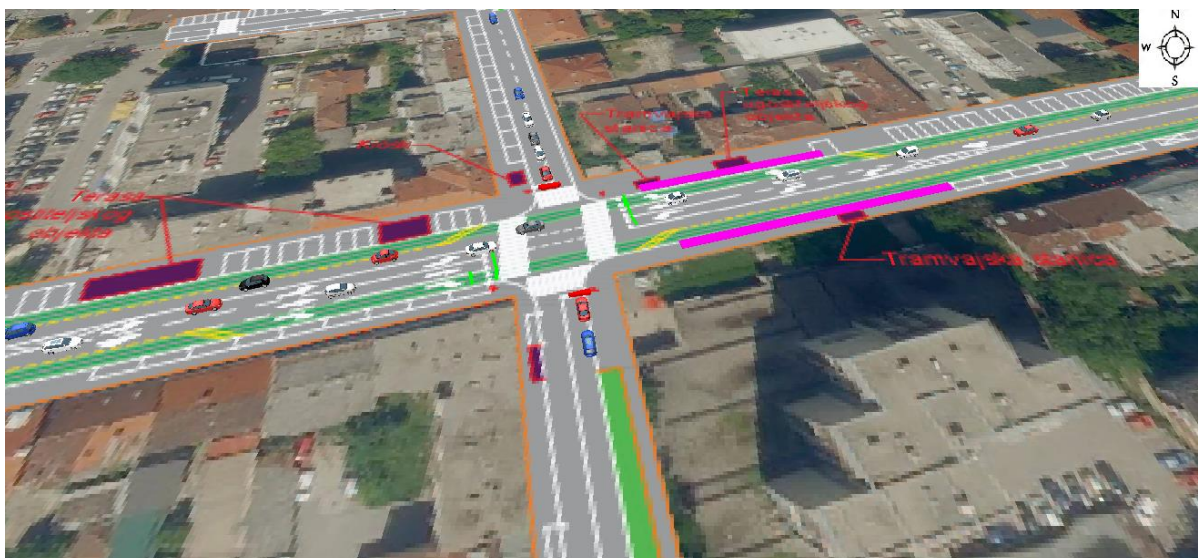
Slika 43. Simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica

U Tablici 10. su prikazani izlazni podaci simulacije postojećeg stanja raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica prema zahtjevu. Najveći rep čekanja i prosječno vrijeme kašnjenja zabilježeno je na sjevernom privozu te iznosi 80,27 m, odnosno 145 s/voz. Razina usluge sjevernog privoza je F kao što se i očekivalo zbog već navedenog problema koji je premali razmak između dva raskrižja, stane samo 12 vozila te pri zelenom svjetlosnom pojmu na semaforu vozila stoje. Razina usluge cijelog raskrižja je E, a znači da se prometna potražnja približava propusnoj moći raskrižja.

Tablica 10. Izlazni podaci simulacije postojećeg stanja na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica

Smjer kretanja	Prosječna duljina repa čekanja [m]	Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Zapad - lijevo	10.546901	47.870142	LOS_D
Zapad - ravno	10.546901	25.476887	LOS_C
Zapad - desno	10.546901	53.99533	LOS_D
Jug - lijevo	12.097854	17.781504	LOS_B
Jug - ravno	12.097854	13.639567	LOS_B
Jug - desno	12.097854	14.00528	LOS_B
Istok - lijevo	6.703584	41.419274	LOS_D
Istok - ravno	6.703584	17.881203	LOS_B
Istok - desno	6.703584	25.574286	LOS_C
Sjever - lijevo	80.266739	91.849973	LOS_F
Sjever - ravno	80.266739	145.908486	LOS_F
Sjever - desno	80.266739	131.149243	LOS_F
Raskrižje	27.40377	59.037128	LOS_E

Na Slici 44. je prikazan simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica.



Slika 44. Simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

U Tablici 11. su prikazani izlazni podaci simulacije postojećeg stanja raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica prema zahtjevu. Veći repovi čekanja zabilježeni su istoku i sjeveru, 83,5 m i 53,8 m. Prosječno vrijeme kašnjenja najveće je na južnom privozu pri vožnji ravno i lijevo, a iznosi 84,63 m i 82,58 m. Razina usluge cijelog raskrižja je D što znači da malo povećanje prometne potražnje može izazvati repove čekanja

Tablica 11. Izlazni podaci simulacije postojećeg stanja na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

Smjer kretanja	Prosječna duljina repa čekanja [m]	Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Zapad - lijevo	6.890712	52.336748	LOS_D
Zapad - ravno	8.471075	19.347364	LOS_B
Zapad - desno	6.7481	21.168097	LOS_C
Jug - lijevo	30.592196	82.57812	LOS_F
Jug - ravno	30.461216	84.628515	LOS_F
Jug - desno	31.050799	45.277554	LOS_D
Istok - lijevo	69.696994	48.626009	LOS_D
Istok - ravno	83.488316	51.287123	LOS_D
Istok - desno	75.17549	71.826367	LOS_E
Sjever - lijevo	53.84272	51.142875	LOS_D
Sjever - ravno	53.465275	51.445734	LOS_D
Sjever - desno	53.795069	44.974607	LOS_D
Raskrižje	46.599919	48.762124	LOS_D

Na Slici 45. je prikazan simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka.



Slika 45. Simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka

U Tablici 12. su prikazani izlazni podaci simulacije postojećeg stanja raskrižja Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka prema zahtjevu. Razina usluge raskrižja je A što znači da su na raskrižju uvjeti slobodnog toka. Na jugu i sjeveru pri vožnji ravno i desno nema repova čekanja jer je to cesta s prednošću prolaska pa vozila voze bez zaustavljanja. Na istoku postoji mali rep čekanja i vrijeme kašnjenja jer je to sporedni privoz obilježen s prometnim znakom obavezno zaustavljanje.

Tablica 12. Izlazni podaci simulacije postojećeg stanja na raskrižju Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka

Smjer kretanja	Prosječna duljina repa čekanja [m]	Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Jug - lijevo	0.044385	1.719068	LOS_A
Jug - ravno	0	4.096342	LOS_A
Jug - desno	0	0.571173	LOS_A
Istok - lijevo	1.086627	9.953608	LOS_A
Istok - ravno	1.023693	10.486699	LOS_B
Istok - desno	1.423272	11.615278	LOS_B
Sjever - lijevo	0.157306	2.669053	LOS_A
Sjever - ravno	0	0.938691	LOS_A
Sjever - desno	0	1.269688	LOS_A
Raskrižje	0.533612	2.941075	LOS_A

Na Slici 46. je prikazan simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica.



Slika 46. Simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica

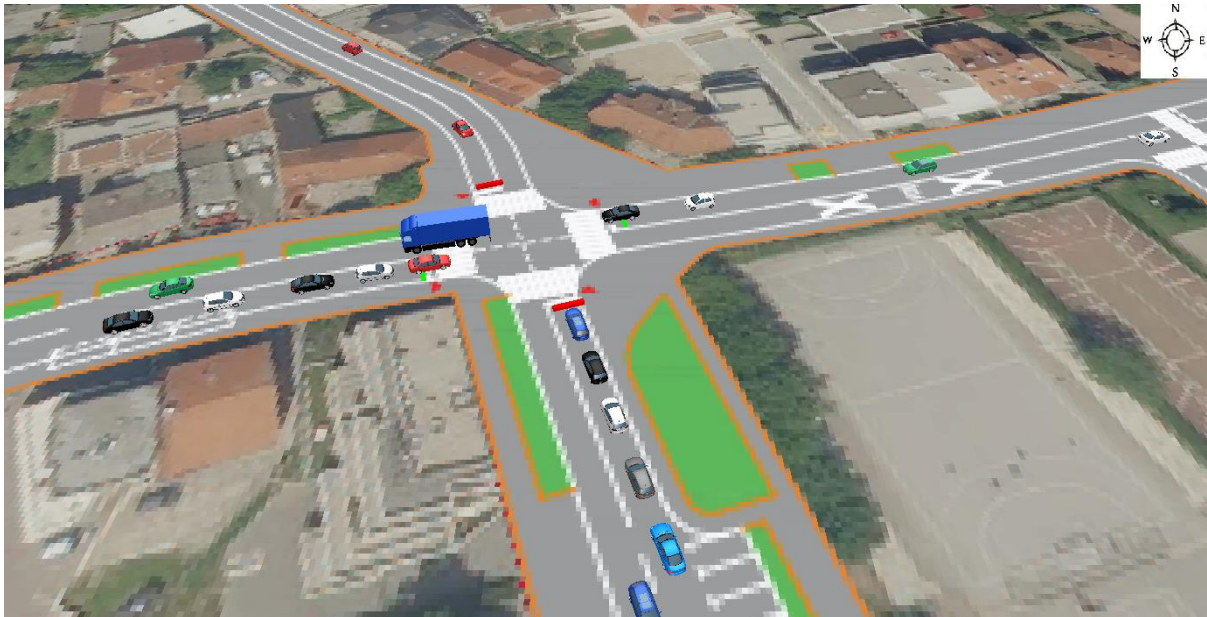
U Tablici 13. su prikazani izlazni podaci simulacije postojećeg stanja raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica prema zahtjevu. Isto kao i kod prethodnog raskrižja, razina usluge raskrižja je A. Na zapadu su zabilježeni mali repovi čekanja te prosječno vrijeme kašnjenja jer je to sporedni privoz obilježen s prometnim znakom obavezno zaustavljanje.

Tablica 13. Izlazni podaci simulacije postojećeg stanja na raskrižju Štoosova ulica – Harambašićeva ulica

Smjer kretanja	Prosječna duljina repa čekanja [m]	Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Zapad - lijevo	2.793822	10.357962	LOS_B
Zapad - desno	2.844006	7.715911	LOS_A
Jug - lijevo	1.247607	7.065976	LOS_A
Jug - ravno	0	2.118597	LOS_A
Sjever - ravno	0	0.820876	LOS_A
Sjever - desno	0	1.027405	LOS_A
Raskrižje	1.377087	3.724292	LOS_A

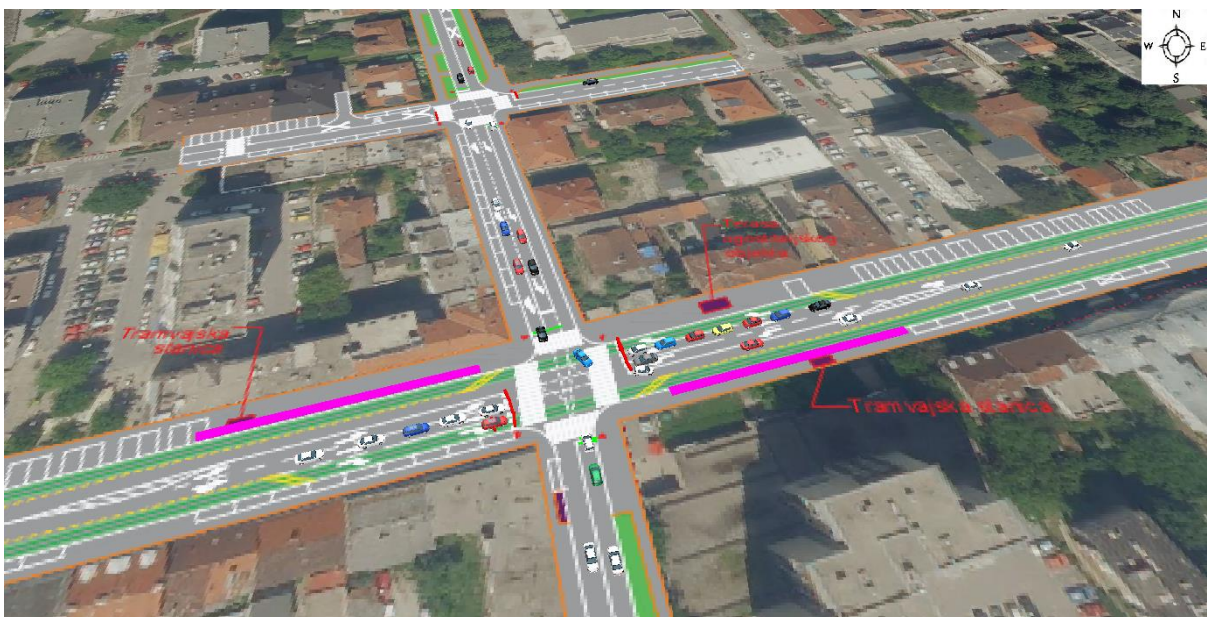
8.2. Evaluacija prijedloga rješenja

Na Slici 47. je prikazan simulacijski model prijedloga rješenja raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac.



Slika 47. Simulacijski model prijedloga rješenja raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac

Na Slici 48. je prikazan simulacijski model prijedloga rješenja na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica te raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica



Slika 48. Simulacijski model prijedloga rješenja na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica te raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

U Tablici 14. su prikazani izlazni podaci simulacije nakon prijedloga rješenja na raskrižju Petrova ulica – Ulica Jordanovac prema zahtjevu. Nakon rekonstrukcije raskrižja iz raskrižja s kružnim tokom prometa u četverokrako semaforizirano raskrižje stanje na raskrižju se poboljšalo. Najveće smanjenje repa čekanja je na zapadnom privozu za 89 %. Na istom privozu se vrijeme kašnjenja smanjilo za 86 %. Na južnom privozu nije došlo do poboljšanja. Na istočnom i sjevernom privozu je također došlo do poboljšanja. Na istočnom privozu se rep čekanja smanjio za 59 %, a vrijeme kašnjenja 40 %. Razina usluge cijelog raskrižja je D, što je veliko poboljšanje u odnosu na razinu usluge F u postojećem stanju.

Tablica 14. Izlazni podaci simulacije nakon prijedloga rješenja na raskrižju Petrova ulica – Jordanovac ulica

Smjer kretanja	Prosječna duljina repa čekanja [m]	Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Zapad - lijevo	23.629807	26.753946	LOS_C
Zapad - ravno	23.629807	24.663882	LOS_C
Zapad - desno	23.629807	26.193927	LOS_C
Jug - lijevo	48.165744	85.257514	LOS_F
Jug - ravno	48.165744	83.881323	LOS_F
Jug - desno	48.165744	79.430347	LOS_E
Istok - lijevo	9.158003	22.738021	LOS_C
Istok - ravno	9.158003	17.001988	LOS_B
Istok - desno	9.158003	18.820736	LOS_B
Sjever - lijevo	17.766028	30.133885	LOS_C
Sjever - ravno	17.766028	28.456455	LOS_C
Sjever - desno	17.766028	29.19725	LOS_C
Raskrižje	24.679896	35.963356	LOS_D

U Tablici 15. su prikazani izlazni podaci simulacije nakon prijedloga rješenja na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica prema zahtjevu. Na ovom raskrižju je također došlo do poboljšanja. Na problematičnom sjevernom privozu se duljina repa čekanja smanjila za 78 %, a vrijeme kašnjenja za 80 %. Prije rekonstrukcije razina usluge na sjevernom privozu je iznosila F, a sada iznosi C. Na svim privozima je došlo do poboljšanja tako da je sada razina usluge cijelog raskrižja B, a prije je bila E.

Tablica 15. Izlazni podaci simulacije nakon prijedloga rješenja na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica

Smjer kretanja	Prosječna duljina repa čekanja [m]	Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Zapad - lijevo	5.43156	24.201562	LOS_C
Zapad - ravno	5.43156	16.407931	LOS_B
Zapad - desno	5.43156	23.201667	LOS_C
Jug - lijevo	6.828046	11.189143	LOS_B
Jug - ravno	6.828046	9.134608	LOS_A
Jug - desno	6.828046	10.858632	LOS_B
Istok - lijevo	2.735119	12.345852	LOS_B
Istok - desno	2.735119	10.572594	LOS_B
Istok - ravno	2.735119	11.620298	LOS_B
Sjever - lijevo	8.554495	33.468083	LOS_C
Sjever - ravno	8.554495	20.604599	LOS_C
Sjever - desno	8.554495	25.053658	LOS_C
Raskrižje	5.887305	15.402665	LOS_B

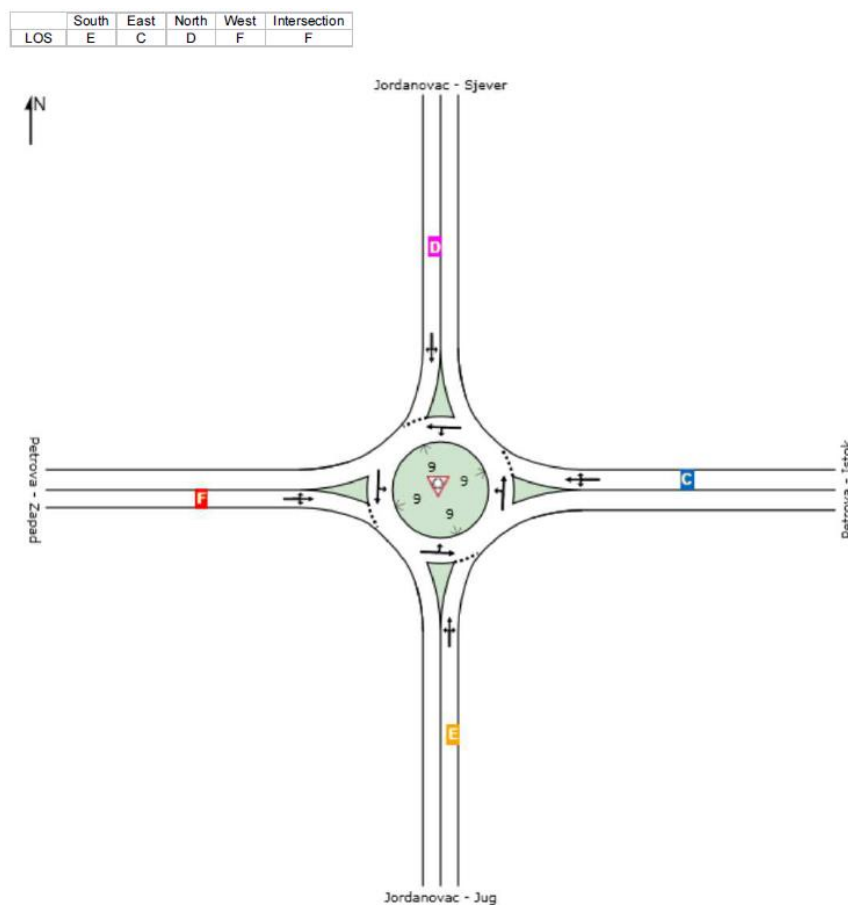
U Tablici 16. su prikazani izlazni podaci simulacije nakon prijedloga rješenja na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica prema zahtjevu. Iako je došlo do poboljšanja na istočnom i sjevernom privozu u smanjenju repa čekanja i vremena kašnjenja, razina usluge se nije promijenila.

Tablica 16. Izlazni podaci simulacije nakon prijedloga rješenja na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica

Smjer kretanja	Prosječna duljina repa čekanja [m]	Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Zapad - lijevo	6.7296	46.770012	LOS_D
Zapad - ravno	8.233805	19.306562	LOS_B
Zapad - desno	6.575709	21.222076	LOS_C
Jug - lijevo	42.28842	108.261962	LOS_F
Jug - ravno	42.148553	102.534678	LOS_F
Jug - desno	42.78371	70.902396	LOS_E
Istok - lijevo	38.715939	35.842779	LOS_D
Istok - ravno	44.736371	32.624864	LOS_C
Istok - desno	38.912779	35.70961	LOS_D
Sjever - lijevo	18.376727	48.815598	LOS_D
Sjever - ravno	18.353146	27.662542	LOS_C
Sjever - desno	18.578957	35.595156	LOS_D
Raskrižje	30.012714	38.820257	LOS_D

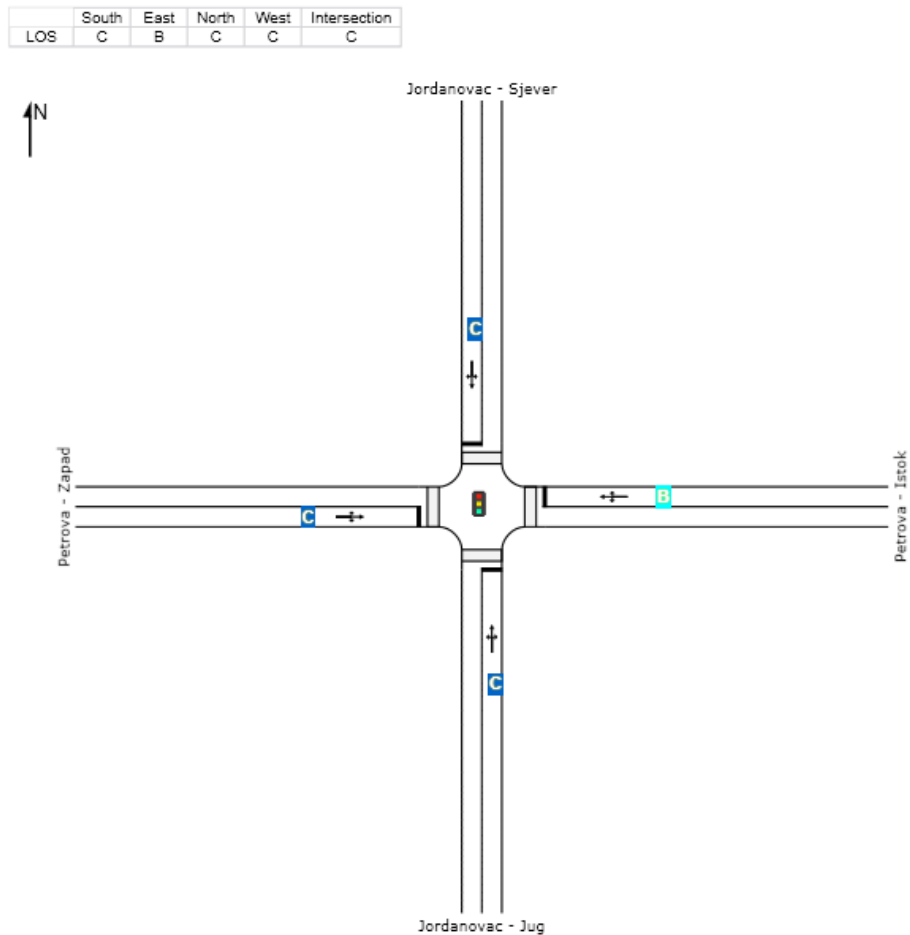
Signalni plan koji se koristio u prijedlogu rješenja na raskrižju Petrova ulica – Ulica Jordanovac pri rekonstrukciji raskrižja s kružnim tokom prometa dobio se iz mikroanalitičkog programskog alata SIDRA Intersection koji je temeljem unesenih parametara dao optimalan signalni plan prema HCM metodologiji.

Na Slici 49. je postojeće stanje raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac s pripadajućim razinama usluga u programskom alatu SIDRA Intersection. Razina usluge raskrižja je također F kao i u PTV Vissimu.



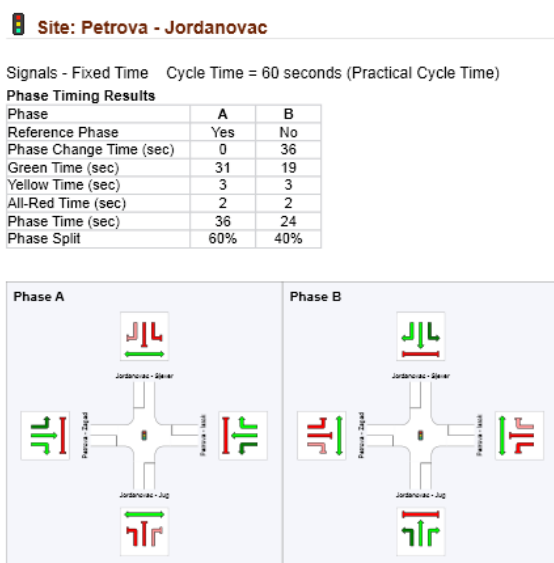
Slika 49. Razina usluge postojećeg stanja raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac u programskom alatu SIDRA Intersection

Na Slici 50. je prikaz raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac nakon rekonstrukcije, odnosno nakon uvođenja semaforizacije. Razina usluge raskrižja prema programskom alatu SIDRA Intersection je C, dok je prema PTV Vissimu D.



Slika 50. Razina usluge prijedloga rješenja raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac u programskom alatu SIDRA Intersection

Na Slici 51. je prikazano vrijeme trajanje pojedinih faza signalnog plana prema programskom alatu Sidra Intersection.



Slika 51. Prikaz faza signalnog plana raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac u programskom alatu Sidra Intersection

9. ZAKLJUČAK

Cestovna raskrižja određuju stupanj sigurnosti i propusne moći cjelovitog prometnog sustava, zato se rješavanjem problema na jednom raskrižju može u nekim slučajevima samo premjestiti problem na susjedno raskrižje. Kako bi se taj utjecaj smanjio više povezanih raskrižja se moraju analizirati kao cjelina.

Analizom postojećeg stanja je utvrđeno stvaranje zagušenja na predmetnom kordioru. Nakon obavljene analize postojećeg stanja te analizom podataka o brojanju prometa predložilo se rješenje. Izradom simulacijskog modela postojećeg stanja raskrižja u programskom alatu PTV Vissim se vjerno prikazao problem na promatranim raskrižjima. Dati su prijedlozi rješenja za ključna raskrižja, tim rješenjima bi se eliminirali postojeći problemi, dugi repovi čekanja, povećanje propusne moći te povećanje sigurnosti cestovnog prometa.

Grad Zagreb ima vrlo kompleksan sustav cestovne mreže. Prometna potražnja, u vršnom satu, je često jednaka ili veća od propusne moći te se zbog toga dešavaju zagušenja na cestovnoj mreži.

Prijedlozi rješenja su rekonstrukcija raskrižja s kružnim tokom prometa Petrova – Jordanovac u četverokrako semaforizirano raskrižje, dodavanje prometne trake za lijeve skretače između raskrižja Rendićeva – Jordanovac – Crnčićeva i Maksimirska – Jordanovac – Harambašićeva u smjeru sjever – jug te izmještanje tramvajske stanice Jordanovac poslije raskrižja u smjeru istok – zapad na raskrižju Maksimirska – Jordanovac – Harambšićeva.

Izradom simulacijskog modela predloženih rješenja došlo se do poboljšanja. Smanjili su se repovi čekanja i vremena kašnjenja, najznačajniji pomak je bio na raskrižju Petrova – Jordanovac gdje se razina usluge promijenila s F na D i na raskrižju Rendićeva – Jordanovac – Crnčićeva gdje se razina usluga promijenila s E na B.

Literatura

- [1] Razvojna strategija Grada Zagreba za razdoblje do 2020. godine, Gradski ured za strategijsko planiranje i razvoj Grada Zagreba; 2017.
- [2] URL: <https://www.zagreb.hr/> (pristupljeno: kolovoz 2019.)
- [3] URL: <https://geoportal.zagreb.hr/Karta> (pristupljeno: kolovoz 2019.)
- [4] Odluka o donošenju Generalnoga urbanističkog plana grada Zagreba, Gradska skupština Grada Zagreba; 2016.
- [5] Brlek P, Dadić I, Šoštarić M. Prometno tehnološko projektiranje (autorizirana predavanja). Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2011.
- [6] URL: <https://www.google.com/maps> (pristupljeno: kolovoz 2019.)
- [7] Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19)
- [8] Policijska uprava zagrebačka
- [9] http://e-student.fpz.hr/Predmeti/S/Sigurnost_cestovnog_i_gradskog_prometa_I/Materijali/bp_08_03_2010.pdf (pristupljeno: kolovoz 2019.)
- [10] Šrami M, Jovanović G. Praktikum iz mikrosimulacij v prometu (z uporabo VISSIMa). Maribor: Fakulteta za gradbeništvo; 2014.
- [11] <http://static.fpz.hr/FPZWeb/files/katalog-laboratorijske-opreme/Laboratorij-za-planiranje-i-modeliranje-u-cestovnom-i-gradskom-prometu.pdf> (pristupljeno: kolovoz 2019.)
- [12] Legac I. Raskrižja javnih cesta / Cestovne prometnice II. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2008.

Popis slika

Slika 1. Gradske četvrti Grada Zagreba	2
Slika 2. Makrolokacija koridora.....	16
Slika 3. Mikrolokacija koridora.....	17
Slika 4. Smještaj gradske četvrti Maksimir na prostoru Grada Zagreba	17
Slika 5. Postojeće stanje raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac.....	19
Slika 6. Sjeverni privoz raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac.....	19
Slika 7. Zapadni privoz raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac.....	20
Slika 8. Južni privoz raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac	20
Slika 9. Istočni privoz raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac	21
Slika 10. Postojeće stanje raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica.....	22
Slika 11. Signalni plan raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica	23
Slika 12. Sjeverni privoz raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica.....	23
Slika 13. Južni privoz raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica	24
Slika 14. Zapadni privoz raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica.....	24
Slika 15. Istočni privoz raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica	25
Slika 16. Zagušenje raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica	25
Slika 17. Postojeće stanje raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica.....	26
Slika 18. Signalni plan raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica.....	28
Slika 19. Sjeverni privoz raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica.....	29
Slika 20. Zapadni privoz raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica.....	30

Slika 21. Istočni privoz raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica.....	31
Slika 22. Južni raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica	31
Slika 23. Postojeće stanje raskrižja Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka	32
Slika 24. Sjeverni privoz raskrižja Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka	33
Slika 25. Južni privoz raskrižja Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka	33
Slika 26. Istočni privoz raskrižja Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka	34
Slika 27. Zapadni privoz raskrižja Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka	34
Slika 28. Postojeće stanje raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica.....	35
Slika 29. Sjeverni privoz raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica	36
Slika 30. Južni privoz raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica	36
Slika 31. Zapadni privoz raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica	37
Slika 32. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac	43
Slika 33. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica	44
Slika 34. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica	45
Slika 35. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka	45
Slika 36. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica.....	46
Slika 37. Prijedlog rješenja 1	48
Slika 38. Signalni plan na rekonstruiranom raskrižju Petrova ulica – Jordanovac ulica	49
Slika 39. Prijedlog rješenja 2	50
Slika 40. Prijedlog rješenja 3	51
Slika 41. Shematski prikaz strukture VISSIM-ovih simulatora	54

Slika 42. Simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Petrova ulica - Ulica Jordanovac.....	56
Slika 43. Simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica	57
Slika 44. Simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica	59
Slika 45. Simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka.....	60
Slika 46. Simulacijski model postojećeg stanja raskrižja Štoosova ulica – Harambašićeva ulica.....	61
Slika 47. Simulacijski model prijedloga rješenja raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac.....	62
Slika 48. Simulacijski model prijedloga rješenja na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica te raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica.....	62
Slika 49. Razina usluge postojećeg stanja raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac u programskom alatu SIDRA Intersection	65
Slika 50. Razina usluge prijedloga rješenja raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac u programskom alatu SIDRA Intersection	66
Slika 51. Prikaz faza signalnog plana raskrižja Petrova ulica – Ulica Jordanovac u programskom alatu SIDRA Intersection	66

Popis tablica

Tablica 1. Broj PGM-a ovisno o namjeni prostora u građevini.....	13
Tablica 2. Evidencija prometnih nesreća na raskrižju Petrova ulica - Ulica Jordanovac	38
Tablica 3. Evidencija prometnih nesreća na raskrižju Rendićeva ulica - Ulica Jordanovac - Crnčićeva ulica	39
Tablica 4. Evidencija prometnih nesreća na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica	39
Tablica 5. Evidencija prometnih nesreća na raskrižju Škrčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka.....	40
Tablica 6. Evidencija prometnih nesreća na raskrižju Štoosova ulica – Harambašićeva ulica.....	40

Tablica 7. Brojački listić.....	41
Tablica 8. Razina usluge (LOS) za slučaj nesemaforiziranog i semaforiziranog raskrižja.....	56
Tablica 9. Izlazni podaci simulacije postojećeg stanja na raskrižju Petrova ulica – Jordanovac ulica	57
Tablica 10. Izlazni podaci simulacije postojećeg stanja na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica	58
Tablica 11. Izlazni podaci simulacije postojećeg stanja na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica.....	59
Tablica 12. Izlazni podaci simulacije postojećeg stanja na raskrižju Škrlčeva ulica – Harambašićeva ulica – Ulica Ružmarinka	60
Tablica 13. Izlazni podaci simulacije postojećeg stanja na raskrižju Štoosova ulica – Harambašićeva ulica	61
Tablica 14. Izlazni podaci simulacije nakon prijedloga rješenja na raskrižju Petrova ulica – Jordanovac ulica	63
Tablica 15. Izlazni podaci simulacije nakon prijedloga rješenja na raskrižju Rendićeva ulica – Ulica Jordanovac – Crnčićeva ulica	64
Tablica 16. Izlazni podaci simulacije nakon prijedloga rješenja na raskrižju Maksimirska cesta – Ulica Jordanovac – Harambašićeva ulica	64

Popis grafikona

Grafikon 1. Stvarno korištenje prostora Grada Zagreba 2011.....	9
---	---

Popis priloga

Prilog 1. Postojeće stanje raskrižja u Ulici Jordanovac i Harambašićevj ulici u Gradu Zagrebu.....	73
Prilog 2. Buduće stanje raskrižja u Ulici Jordanovac i Harambašićevj ulici u Gradu Zagrebu.....	74

Prilog 1. Postojeće stanje raskrižja u Ulici Jordanovac i
Harambašićevoj ulici u Gradu Zagrebu

Prilog 2. Buduće stanje raskrižja u Ulici Jordanovac i
Harambašićevoj ulici u Gradu Zagrebu



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Analiza raskrižja s prijedlogom poboljšanja u Ulici Jordanovac i
Harambašićevoj ulici u Gradu Zagrebu**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, _____ 9/18/2019 _____

Student/ica:


(potpis)