

Analiza s prijedlogom poboljšanja projektnih elemenata raskrižja na području grada Dubrovnika

Storelli, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:119:167109>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-07**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILISTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Tomislav Storelli

**ANALIZA S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA PROJEKTNIH
ELEMENATA RASKRIŽJA NA PODRUČJU GRADA
DUBROVNIKA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA PROJEKTNIH
ELEMENATA RASKRIŽJA NA PODRUČJU GRADA
DUBROVNIKA**

**ANALYSIS WITH IMPROVEMENT PROPOSALS OF DESIGN
ELEMENTS ON INTERSECTIONS IN THE CITY OF
DUBROVNIK**

Mentor: dr. sc. Luka Novačko

Student: Tomislav Storelli, 0135219422

Zagreb, 2017.

ANALIZA S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA PROJEKTNIH ELEMENATA RASKRIŽJA NA PODRUČJU GRADA DUBROVNIKA

SAŽETAK

Raskrižja kao najsloženiji dijelovi cestovne mreže moraju omogućiti smisleno i sigurno odvijanje prometa. U ovom diplomskom radu analizirana su četiri raskrižja na području grada Dubrovnika. Predložene su mjere poboljšanja u cilju povećanja sigurnosti odvijanja prometa i propusne moći raskrižja, a za svako raskrižje predloženo je poboljšanje projektnih elemenata u programskom alatu „AutoCad“. Najprije je provedena analiza postojećeg stanja koja sadrži analizu prometne infrastrukture, sigurnosti i prometnih tokova. Također, provedeno je brojanje prometa u vršnim popodnevnim satima i izrada simulacije postojećeg stanja i prijedloga poboljšanja. Simulacija je izvršena u programskim alatima „PTV Vissim“ i „Sidra Intersection“ te su evaluacijom dobiveni rezultati za poboljšanje projektno-sigurnosnih elemenata raskrižja.

KLJUČNE RIJEČI: raskrižje, analiza postojećeg stanja, simulacija, Dubrovnik,

SUMMARY

The intersections, as the most complex parts of the road network, must provide meaningful and safe traffic. In this thesis it will be examined the current state of four intersections in city of Dubrovnik. Improvement measures have been proposed in order to increase the safety of traffic flow and the capacity of intersection, and for each intersection it is proposed to improve the design elements in the AutoCad program. The analysis of current situation was made contains analysis of infrastructure, safety and traffic flow. Also, counting the traffic in the peak afternoon hours and making simulation of the current situation and propositions for improvement. The simulation were performed in software tools "PTV Vissim" and "Sidra Intersection" and the results were obtained by evaluation to improve the design and safety elements of the intersection.

KEYWORDS: intersection, analysis of current situation, simulation, Dubrovnik

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pregled zakonske regulative iz područja projektiranja raskrižja u Republici Hrvatskoj	3
2.1 Zakon o cestama	4
2.2 Zakon o sigurnosti prometa na cestama	4
2.3. Pravila projektiranja iz stručne literature.....	5
2.3.1. Projektiranje četverokrakog raskrižja u razini	7
2.3.2. Projektiranje raskrižja s kružnim tokom prometa	10
3. Analiza prostorno-prometne dokumentacije grada Dubrovnika	13
4. Analiza i kritički osvrt na postojeće stanje vođenja prometnih tokova na odabranim raskrižjima u gradu Dubrovniku	20
4.1. Raskrižje Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša	21
4.2. Raskrižje Riječka ulica i Ulica Vatroslava Lisinskog	22
4.3. Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića.....	24
4.4. Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse	26
5. Analiza podataka o brojanju prometa na odabranim raskrižjima	28
5.1. Analiza podataka brojanja prometa na raskrižju „1“	31
5.2. Analiza podataka brojanja prometa na raskrižju „2“	32
5.3. Analiza podataka brojanja prometa na raskrižju „3“	33
5.4. Analiza podataka brojanja prometa na raskrižju „4“	35
6. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata odabranih raskrižja	36
6.1. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na raskrižju „1“	36
6.2. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na raskrižju „2“	41
6.3. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na raskrižju „3“	45
6.4. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na raskrižju „4“	48
7. Simulacija i evaluacija predloženih rješenja odabranih raskrižja	51

7.1. Simulacija i evaluacija postojećeg stanja Raskrižja „1“	52
7.2 Simulacija i evaluacija postojećeg stanja Raskrižja „3“	56
8. Zaključak.....	59
Literatura	60
Popis slika	61
Popis tablica	63
Popis grafikona.....	64
Popis priloga.....	65

1. Uvod

Raskrižja su mjesta u cestovnoj mreži gdje se povezuju dvije ili više prometnica pri čemu dolazi do spajanja, razdvajanja i preplitanja prometnih tokova. Način izvedbe raskrižja direktno utječe prije svega na sigurnost, a zatim i na udobnost odvijanja prometnog toka. Raskrižja su mjesta u prometnoj mreži s najviše konfliktnih točaka zbog čega se upravo na njima događa najviše prometnih nesreća, i zastoja.

Tema diplomskog rada je Analiza s prijedlogom poboljšanja projektnih elemenata raskrižja na području grada Dubrovnika. Cilj diplomskog rada je proučiti prometne tokove i raskrižja na području grada Dubrovnika, uočiti potencijalne nedostatke i kvalitetnom analizom i obradom podataka predložiti moguća rješenja kojima bi se poboljšalo postojeće stanje, povećala propusna moć raskrižja i povećala sigurnost odvijanja motoriziranog i nemotoriziranog prometa. Da su predložena rješenja kvalitetna i u praksi primjenjiva, pokazat će i simulacija predloženih rješenja rekonstrukcije raskrižja.

Sadržaj rada podijeljen je u 8 poglavlja:

1. Uvod
2. Pregled zakonske regulative iz područja projektiranja raskrižja u Republici Hrvatskoj
3. Analiza prostorno-prometne dokumentacije grada Dubrovnika
4. Analiza i kritički osvrt na postojeće stanje vođenja prometnih tokova na odabranim raskrižjima u gradu Dubrovniku
5. Analiza podataka o brojanju prometa na odabranim raskrižjima
6. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata odabranih raskrižja
7. Simulacija i evaluacija predloženih rješenja odabranih raskrižja
8. Zaključak

U prvom dijelu rada dat će se pregled zakonske regulative kod projektiranja raskrižja koja kao službena u Hrvatskoj ne postoje, već se koriste strani pravilnici, ponajviše njemački. Nakon toga u poglavlju Analiza prostorno – prometne dokumentacije grada Dubrovnika prikazana je prometna studija grada te neki važniji projekti. U središnjem dijelu daje se osvrt na analizu

postojećeg stanja vođenja prometnih tokova, te kritički osvrt na istu. Analizira se postojeće stanje svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnog procesa. U poglavlju analiza podataka o brojanju prometa na odabranim raskrižjima prikazani su tablični podaci koji su dobiveni brojanjem prometa, te su grafički prikazani.

Završni dio donosi prijedloge poboljšanja odabranih raskrižja nakon detaljne analize u prethodnim poglavljima, predložene su rekonstrukcije detaljno su opisane te izrađene pomoću programskog alata „AutoCad“. U sedmom poglavlju će se prikazati podaci dobiveni simulacijom i evaluacijom predloženih rješenja u simulacijskom alatu Vissim.

2. Pregled zakonske regulative iz područja projektiranja raskrižja u Republici Hrvatskoj

Projektiranje raskrižja i cesta predstavlja složen posao. Odgovorna osoba za projektiranje, prije i tijekom projektiranja, mora biti upoznata i postupati u skladu s važećim zakonima, pravilnicima i normama države u kojoj se projekt provodi.

Raskrižja se mogu opisati kao točke u cestovnoj mreži u kojima se povezuju dvije ili više cesta, a prometni tokovi se spajaju, razdvajaju, križaju ili prepliću. Zbog prometnih radnji i mogućih konflikata, koji se ne pojavljuju na otvorenim potezima ceste, na raskrižjima su izrazito naglašeni problemi propusnosti i sigurnosti prometa. Raskrižja u mreži javnih cesta pojavljuju se u više oblikovnih modaliteta, a općenito se mogu razvrstati na raskrižja u jednoj ili više razina, raskrižja s kružnim tokom prometa i kombinirana raskrižja.

Prilikom projektiranja raskrižja u našim prilikama predmetna problematika neposredno se oslanja na samo dva bitna akta prometno – tehničke regulative:

1. Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa (NN 110/01)
2. Smjernice za projektiranje raskrižja u naseljima sa stajališta sigurnosti prometa, FPZ i HC/PGZ, Zagreb, 2004 (interno izdanje) [6].

Od ostalih zakona i pravilnika potrebno je spomenuti sljedeće:

1. Pravilnik o uvjetima za projektiranje i izgradnju priključaka i prilaza na javnu cestu,
2. Pravilnik o prometnim znakovima i signalizaciji na cestama,
3. Zakon o sigurnosti prometa na cestama,
4. Zakon o javnim cestama,
5. Pravilnik o održavanju cesta,
6. Zakon o prostornom uređenju,
7. Zakon o gradnji.

2.1 Zakon o cestama

Ovim se Zakonom uređuje pravni status javnih cesta i nerazvrstanih cesta, način korištenja javnih cesta i nerazvrstanih cesta, razvrstavanje javnih cesta, planiranje građenja i održavanja javnih cesta, upravljanje javnim cestama, mjere za zaštitu javnih i nerazvrstanih cesta i prometa na njima, koncesije, financiranje i nadzor javnih cesta. Javne ceste mogu se koristiti samo za cestovni promet, a u druge svrhe samo u slučajevima, na način i pod uvjetima određenim ovim Zakonom, propisima donesenim na temelju ovoga Zakona i propisima koji uređuju sigurnost prometa na cestama [6].

Za održavanje raskrižja javnih cesta u istoj razini nadležni su:

- Hrvatske ceste d.o.o. za raskrižje državne i županijske, odnosno za raskrižje državne i lokalne ceste,
- županijska uprava za ceste koja upravlja županijskom cestom za raskrižje županijske i lokalne ceste.

Za održavanje raskrižja javne ceste i nerazvrstane ceste u istoj razini nadležna je pravna osoba koja upravlja javnom cestom. Pravne osobe iz stavka 1. i 2. ovoga članka obvezne su održavati prometnu površinu raskrižja sa svim dijelovima javne ceste, unutar linija koje povezuju krajnje točke slobodnog profila javne ceste u zoni raskrižja. Odredbe stavka 1. i 2. ovoga članka na odgovarajući način se primjenjuju i na održavanje svjetlosno-signalnih uređaja postavljenih u raskrižju u istoj razini. Način raspodjele ukupnih troškova održavanja svjetlosno-signalnih uređaja uključujući i električnu energiju, između pravnih osoba koje upravljaju pojedinom cestom u raskrižju, propisuje ministar.

Hrvatske ceste d.o.o. vode jedinstvenu bazu podataka o javnim cestama za operativne potrebe osiguranja tehničko-tehnološkog jedinstva mreže javnih cesta. Hrvatske autoceste d.o.o., županijske uprave za ceste i koncesionari dužni su podatke iz svojih baza podataka o javnim cestama prenositi Hrvatskim cestama d.o.o. [6].

2.2 Zakon o sigurnosti prometa na cestama

Ovim se Zakonom utvrđuju temeljna načela međusobnih odnosa, ponašanje sudionika i drugih subjekata u prometu na cesti, osnovni uvjeti kojima moraju udovoljavati ceste glede

sigurnosti prometa, pravila prometa na cestama, sustav prometnih znakova i znakova koje daju ovlaštene osobe, dužnosti u slučaju prometne nesreće, osposobljavanje kandidata za vozače, polaganje vozačkog ispita i uvjeti za stjecanje prava na upravljanje vozilima, vuča vozila, uređaji i oprema koje moraju imati vozila, dimenzije, ukupna masa i osovinsko opterećenje vozila te uvjeti kojima moraju udovoljavati vozila u prometu na cestama. Prometom na cesti, prema ovom Zakonu, podrazumijeva se promet vozila, pješaka i drugih sudionika u prometu na javnim cestama i nerazvrstanim cestama koje se koriste za javni promet.

Nadzor i upravljanje prometom, nadzor vozila, vozača i drugih sudionika u prometu na cestama obavljaju policijski službenici ministarstva nadležnog za unutarnje poslove. Nadzor nad trajanjem ukupnog vremena upravljanja vozilom, odmorima vozača, tahografima, nadzornim uređajima te nad vozilima u pogledu najveće dopuštene mase, dimenzija i osovinskog opterećenja i posebnih uvjeta iz posebnih propisa obavljaju inspektori cestovnog prometa.

Ceste, kao osnova na kojoj se odvija promet, moraju se projektirati, izgrađivati, opreмати, održavati i štititi tako da odgovaraju svojoj namjeni i zahtjevima sigurnosti prometa u skladu s odredbama posebnog zakona i propisima donesenim na temelju toga zakona. Pravna ili fizička osoba obrtnik nadležna za održavanje ceste dužna je voditi brigu i poduzimati primjerene mjere glede omogućavanja odvijanja sigurnog i nesmetanog prometa. Javne ceste, njihovi pojedini dijelovi i objekti na njima, mogu se pustiti u promet tek nakon što se, na način propisan posebnim zakonom, utvrdi da s gledišta sigurnosti prometa udovoljavaju propisanim tehničkim normativima [6].

2.3. Pravila projektiranja iz stručne literature

U Republici Hrvatskoj ne postoji službeni pravilnik ili zakonska regulativa koja služi za projektiranje raskrižja pa ne preostaje ništa drugo nego se osloniti na stručne smjernice koje se koriste za projektiranje raskrižja. Obrazloženje pojedinih pojma i elementa raskrižja predloženo je u tablici 1. radi lakšeg razumijevanja i poznavanja literature i smjernica za projektiranje ceste i raskrižja, potrebno je poznavati stručne pojmove.

Tablica 1. Prikaz stručnih pojmova

Naziv stručnih pojmova	Definicija stručnog termina
Privoz (krak)	raskrižja je dio ceste od zaustavne crte pa do mjesta suženja na normalni poprečni presjek ceste.
Glavni pravac (GP)	je pravac s cestom dominantnog prometa (ili oblikovnih elemenata).
Sporedni pravac (SP)	je pravac koji je podređen glavnom pravcu.
Pješačka staza (nogostup)	je posebno uređena površina za kretanje pješaka koja nije u razini s kolnikom ili je odvojena na drugi način.
Ciklus	je trajanje isteka svih signalnih pojmova signalnog plana.
Preglednost	je normirana dogledna udaljenost od oka vozača do ključnih dijelova raskrižja.
Zaštitno vrijeme	je vrijeme između kraja i početka zelenog svijetla konfliktnih signalnih grupa.
Središnji otok	je uzdignuta površina kružnog oblika, koja sprečava izravnu vožnju preko raskrižja.
Razdjelni otok	je razdjelnik oblika kaplje ili trokuta, a služi za razdjeljivanje i kanaliziranje prometnih tokova.
Signalni plan	je pregled trajanja svih svjetlosnih signalnih pojmova (zeleno, žuto, crveno, crveno - žuto, treptanje žutog i treptanje zelenog svjetla).
Faza	je dio ciklusa u kojem je nekim prometnih tokovima dopušteno kretanje.

Izvor: [1]

Visoki zahtjevi u pogledu projektiranja i uporabe raskrižja trebaju se provjeriti pomoću osnovnih, odnosno svrsishodnih mjerila. Ističu se najbitniji:

1. Sigurnost prometa
2. Kvaliteta odvijanja prometa
3. Utjecaj na okoliš
4. Ekonomičnost rješenja

Sigurnost

Osmišljena i dobro koncipirana raskrižja udovoljit će uvjetima sigurne vožnje ako u cijelosti ili pretežito udovoljavaju bitnim zahtjevima:

- pravovremena prepoznatljivost
- kvaliteta odvijanja prometa
- utjecajnost na okolinu i okoliš
- ekonomičnost rješenja [1].

Kvaliteta odvijanja prometa

Dostatna kvaliteta odvijanja prometnih tokova treba biti uvijek osigurana, posebno u slučajevima kad su prisutne nemotorizirane vrste prometa. Na raskrižjima s pješačkim i biciklističkim prometom miješaju se nestandardni prometni tokovi, pa je veća opasnost od prometnih konflikata i nesigurniji promet u cjelini [1].

Uticaj na okolinu i okoliš

Raskrižja se trebaju tako koncipirati da budu što manje štetna za prostor i okoliš, što se često sukobljava s cijenom izvedbe, odnosno ekonomičnošću rješenja [1].

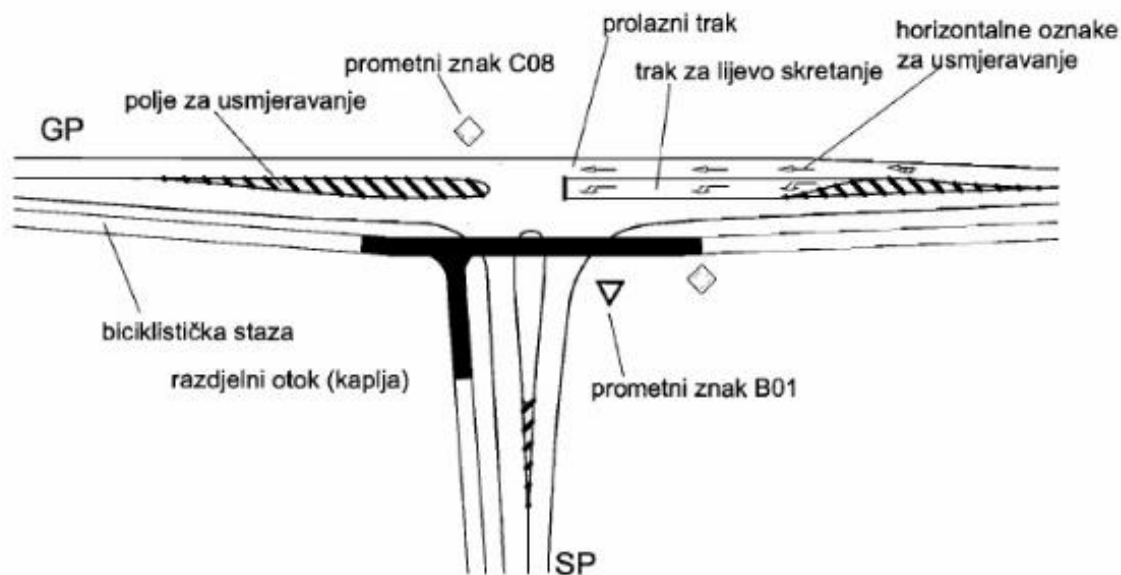
Ekonomičnost rješenja

Elementi za postupak vrednovanja su troškovi građenja i održavanja, vremenski i eksploatacijski troškovi, troškovi prometnih nezgoda, itd. Budući da se uvijek treba zahtijevati dostatna sigurnost rješenja, neophodno je odrediti odnos troškova i prometno - sigurnosne komponente. Potrebno je također odrediti koja cijena je primjerena i dostatna za određenu kvalitetu prometnog toka (za sve sudionike u prometu i za okoliš). Troškovno usmjerene strategije mogu biti vrlo indikativne i često odlučne u izboru projektnog rješenja raskrižja [1].

2.3.1. Projektiranje četverokrakog raskrižja u razini

U ovim poglavljima opisane su stručne smjernice kod projektiranja četverokrakog raskrižja u razini. Kao što je navedeno u Republici Hrvatskoj ne postoji službeni pravilnik ili zakonska regulativa koja služi za projektiranje raskrižja. Stručne smjernice su uglavnom napisane iz stranih izvora i pravilnika, ponajviše iz njemačkih smjernica, te se u nedostatku službene

regulative može smatrati jednom od rijetkih stručnih literatura koja daje pravila i smjernice za projektiranje raskrižja.



Slika 1. Raskrižje u razini

Izvor: [2]

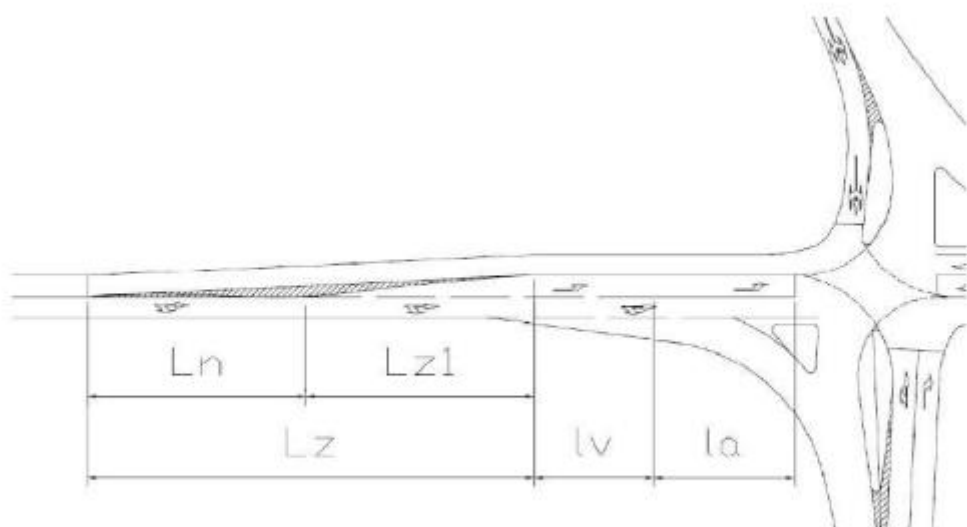
Širine prolaznih prometnih trakova i trakova za desno skretanje određuju se prema V_r i iznose (za zadane zadatke prema važećim propisima): - 2,75m za $V_r=40\text{km/h}$ i $V_r=50\text{km/h}$ - 3,00m za $V_r=60\text{km/h}$ i $V_r=70\text{km/h}$ - 3,25m za $V_r=80\text{km/h}$.

Oblikovanje trakova za skretanje ulijevo

Širina traka za skretanje ulijevo iznosi najmanje 3,00 m, te može biti 0,25 m manja od prolaznih trakova. Trak se sastoji od:

- duljine traka za postavljanje vozila l_a
- duljine traka za usporenje vozila l_v
- duljine razvlačenja L_z

Duljina postavljanja l_a određuje se iz duljine repa čekanja pomnoženom s prosječnom duljinom vozila od 6 metara, dok se duljina za usporenje vozila l_v određuje u ovisnosti brzine(km/h) i broja vozila(voz/h). Duljina razvlačenja L_z potrebna zbog vizualnih razloga određuje se iz izraza: $L_z = V_k * \sqrt{\frac{l}{3}}$. Duljina L_n određuje se iz izraza: $L_n = 0,562L_z$ [3]

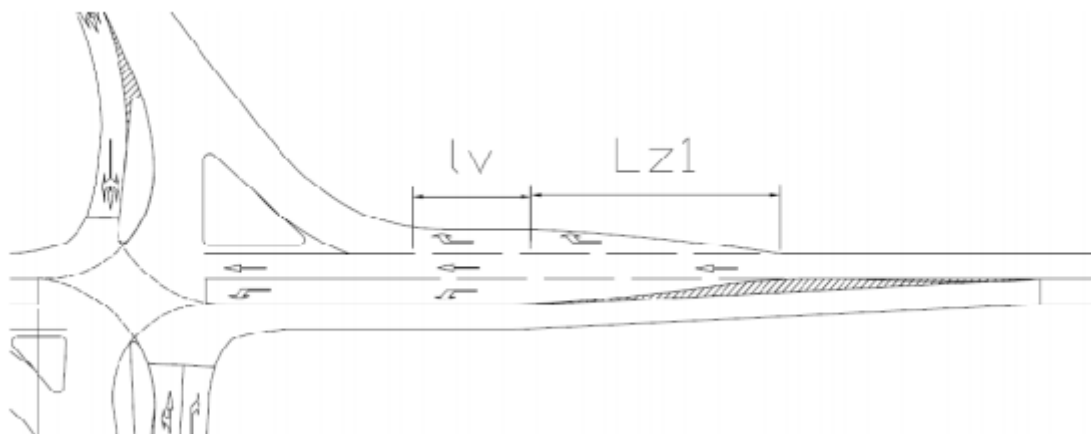


Slika 2. Oblikovanje trakova za skretanje ulijevo

Izvor: [2]

Oblikovanje trakova za skretanje udesno

Početak trakova za skretanje ulijevo i udesno treba se nalaziti na istom mjestu, dakle početak kraćeg traka treba prilagoditi početku duljeg traka za skretanje bez obzira na određene vrijednosti duljina. Na duljinu promjene širine traka L_{z1} od 30 m, nadodaje se duljina za usporenje vozila l_v , a ostatak duljine traka za desno skretanje se prilagođava duljini traka za lijevo skretanje. Širine trakova za desno izdvajanje mogu biti 0,25 m uže od prolaznih trakova, ali ne uže od 3,00 m kao što je prikazano na slici 3 [3].

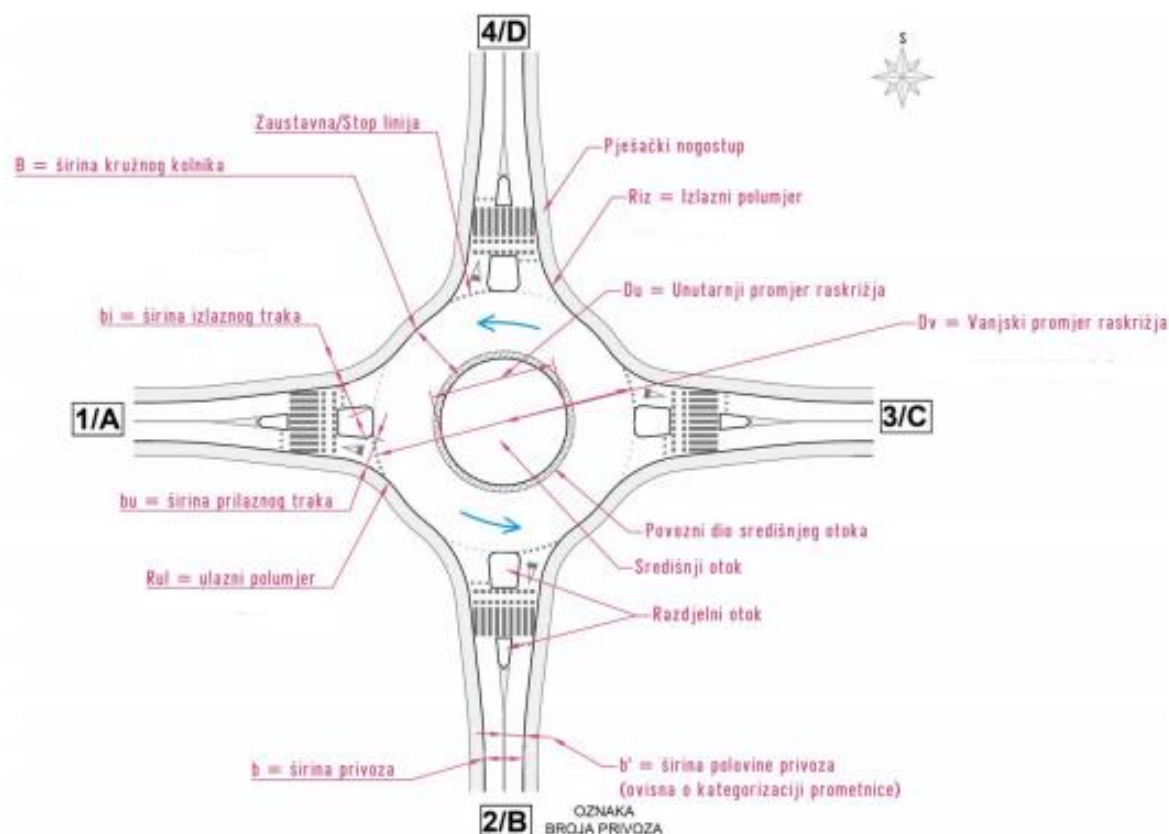


Slika 3. Oblikovanje trakova za skretanje udesno

Izvor: [3]

2.3.2. Projektiranje raskrižja s kružnim tokom prometa

Prema suvremenoj definiciji raskrižje s kružnim tokom prometa je prometna građevina kružnoga oblika s neprovoznim, djelomično provoznim ili provoznim središnjim otokom i kružnim prometnim kolnikom na koji se vežu tri priključne ceste (privozi) ili više njih, i u kojem se promet odvija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu. Potreba za kružnim kretanjem prometnoga toka pojavila se ponajprije u urbanim sredinama s izrazito naglim porastom motoriziranoga prometa. S ciljem smirivanja prometa te povećanja propusne moći i stupnja sigurnosti postojećih klasičnih raskrižja, primjena prvih oblikovnih rješenja raskrižja s kružnim tokom prometa nije se bitno promijenila do danas [2].



Slika 4. Raskrižje s kružnim tokom prometa

Izvor: [4]

Kod projektiranja ovakvih rješenja posebno je potrebno voditi računa o sljedećim elementima:

1. Osi krakova kružnog raskrižja moraju biti usmjerene prema središtu. Potrebno je izbjegavati rješenja tangencijalnih ili nepravilnih kružnih raskrižja;
2. Unutarnji radijus kružnog raskrižja ne bi smio biti manji od 12,0 m za raskrižja na kojima je predviđen promet osobnih i teretnih vozila, odnosno manji od 6,0 m za raskrižja na kojima je predviđeno kretanje većinom osobnih vozila. Ove dimenzije određene su minimalnim unutarnjim radijusnim okretanja teretnog i osobnog vozila
3. Širina kolnika u kružnom dijelu otoka ne bi smjela biti manja od 5,5 m za kružna raskrižja s jednim prometnim trakom, odnosno 8,0 m za kružna raskrižja s dva prometna traka u kružnom dijelu raskrižja. Navedene širine temeljene su na činjenici da vozila na kružnoj putnji imaju znatno širi trag kretanja nego na pravocrtnoj putanji.
4. Širina prilaznog prometnog traka raskrižju mora biti najmanje 4,5 m, a najviše 5,5 m ako je na kraku raskrižja samo jedan provozni prometni trak i ako postoji središnji otok. Manja širina

se ne bi trebala koristiti kako bi na kolniku bilo moguće organizirati dva prometna traka u iznimnim situacijama (kvar vozila, održavanje prometnice i opreme itd.). Manja širina može se iznimno koristiti uslijed objektivnih prostornih ograničenja specifične mikrolokacije, ali u tom slučaju središnji otok treba građevinski prilagoditi da po njemu bude moguća vožnja u izvanrednim situacijama. Ukoliko nema središnjih otoka mogu se koristiti i prometni trakovi manjih širina. Ukoliko na kraku raskrižja postoje dva privozna traka koriste se prometni trakovi širine 3,00 ili 3,25 m (iznimno 2,75 m).

5. Širina odlaznog prometnog traka raskrižju mora biti najmanje 4,5 m, a najviše 5,5 m ako je na kraku raskrižja samo jedan odlazni prometni trak i ako postoji središnji otok. Manja širina ne smije se koristiti jer su na izlaznom prometnom traku vozila još uvijek u putanji skretanja i zauzimaju znatno više prostora nego kod vožnje u pravcu. Manja širina također se ne smije koristiti iz istih razloga kao i kod prilaza raskrižju. Ukoliko nema središnjih otoka mogu se koristiti i prometni trakovi manjih širina. Ukoliko na kraku raskrižja postoje dva odvozna traka koriste se prometni trakovi širine 3,00 m ili 3,25 m (iznimno 2,75 m) jer veća vozila koja napuštaju raskrižje koriste dva prometna traka, a osobna vozila svako svoj trak.

6. Radijus luka između ruba kraka raskrižja i vanjskog ruba kružnog dijela raskrižja mora biti minimalno 6,0 m ako se na raskrižju predviđa promet osobnih vozila osim u iznimnim situacijama, odnosno 12,0 m ako se na raskrižju predviđa mješoviti promet

7. Širina razdjelnog otoka mora biti minimalno 2,0 m. Iznimno se može primijeniti širina do najmanje 1,5 m. Ova širina određena je prostorom za postavljanje prometnih znakova te prostorom potrebnim za zadržavanje pješaka s dodatnim pješačkim sredstvima (npr. roditelj s dječjim kolicima, osoba u invalidskim kolicima, pješak koji gura bicikl) te biciklista kod prelaženja kolnika preko pješačkih prijelaza u zoni raskrižja;

8. Pješački prijelaz treba biti izmaknut najmanje 5,0 m od produžetka vanjskog ruba kružnog dijela kolnika u raskrižju. Ovo izmicanje je potrebno kako bi se osigurao prostor za najmanje jedno vozilo koje pri izlasku iz raskrižja čeka prelazak pješaka preko pješačkog prijelaza. Kad bi taj prostor bio kraći od 5,0 metara vozila koja izlaze iz raskrižja bi, dok čekaju prelazak pješaka, priječila prolazak vozila koja dalje nastavljaju kretanje kroz kružni dio raskrižja što može uzrokovati značajno smanjenje propusne moći i razine usluge raskrižja [5].

3. Analiza prostorno-prometne dokumentacije grada Dubrovnika

Grad Dubrovnik se smjestio na južnom Jadranu, na istočnoj obali Jadranskog mora, gdje počinje otvoreno more. Geografski smještaj Dubrovnika izrazito je povoljan, zbog uskog primorskog pojasa dugog 250 km, na završetku jadranskog otočnog arhipelaga, kao i zbog prohodnih nevisokih planina. Zbog geografskog položaja određene zemljopisne širine i dužine Dubrovnik odlikuje suptropska klima i bujna vegetacija, a planinski vijenac štiti od prodora hladnih strujanja kontinentalne klime. Prema popisu iz 2011. godine Dubrovnik je imao 42.615 stanovnika [10].



Slika 5. Geografski smještaj Grada Dubrovnika

Izvor: [10]

Prometni sustav Grada Dubrovnika u lošoj je korelaciji s pojmom Dubrovnika kao svjetske destinacije. Zahtjev Grada da se izradi nova prometna studija prepoznao je nerazmjer između vrijednosti grada i njegovog prometnog sustava. Prometna studija koja u nastavku promatra integralni transport Grada Dubrovnika bazirana na suvremenoj metodologiji trebala bi prikazati sliku ugodnog prometa u gradu u bliskoj i dalekoj budućnosti. Prometnu studiju grada Dubrovnika iz 2012. godine, koju je izradio Pomel Projekt d.o.o.

Zadatak studije je analiza postojeće prostorno-planske dokumentacije, studija i projekata vezanih za prometni sustav:

- Analiza geoprometnog položaja Grada Dubrovnika
- Analiza zatečenog stanja prometnog sustava
- Analiza stanja sigurnosti prometa na području Grada
- Parkirališta
- Javni promet
- Ostali oblici cestovnog prometa
- Opskrba
- Analiza drugih vidova prometa
- Analiza današnjeg stanja uzročnosti (generiranja) prometnih kretanja

Kao glavni ciljevi izrade Prometne studije postavljeni su:

- dimenzionirati prometne koridore i smjerove (posebno glavne), odrediti poprečne profile prometnica s oznakama smjerova kretanja vozila, te utvrditi prostorne mogućnosti za izgradnju koridora za osobe smanjene pokretljivosti, zelenih površina ili biciklističkih staza;
- dati smjernice za projektiranje izgradnje i uređenja raskrižja te načina upravljanja prometom na njima;
- odrediti dinamiku rekonstrukcije i izgradnje glavnih prometnica;
- odrediti optimalni način organizacije parkiranja vozila (predložiti odnose broja parkirnih mjesta u garažama, na javnim parkiralištima i parkiralištima uz poslovne objekte);
- odrediti konačnu lokaciju prigradskog i međugradskog autobusnog kolodvora;
- odrediti lokacije za parkiranje turističkih autobusa;
- odrediti novu lokaciju benzinske pumpe;
- odrediti optimalne trase za povezivanje Luke Gruž s povijesnom jezgrom grada;
- odrediti optimalni način za povezivanje istočnog i zapadnog dijela Grada na način da se rastereti prometnica Ploče – Pile;
- ocijeniti opravdanost izgradnje novih parkirališnih i garažnih kapaciteta (posebno u sklopu novih poslovnih objekata) u neposrednoj blizini povijesne jezgre i posljedice koje bi takva izgradnja imala na opterećenje mreže prometnica u tom području;

- odrediti pravce za povezivanje gradskih i turističkih izvorišnih/ciljnih područja i zračne luke;
- odrediti pravce važnijih pješačkih koridora ili novih pješačkih zona (imajući u vidu mogućnosti i karakteristike prostora po kome bi se trebali kretati pješaci);
- predložiti način opskrbe prodavaonica i poslovnih objekata smještenih uz prometnice, a posebno u pješačkim zonama;
- predložiti alternativne vidove kretanja na nekim dionicama (pokretne stepenice i sl.);
- predložiti potrebne izmjene prostorno-planske dokumentacije;
- predložiti nove normative za potrebni broj parkirališnih mjesta za poslovne i stambene objekte (npr. hotele, restorane, kafiće, ambulante, ordinacije i sl.).

Rješenja buduće prometne mreže temelje se na prometnom modelu. U tom smislu se postavio prometni model postojeće prometne mreže na području Grada Dubrovnika, na osnovi postojećih i mjerenih podataka o prometu i stanovništvu koje generira putovanja na toj i na budućoj prometnoj mreži.

Studija se temelji na prikupljanju i analizi relevantne prometno-tehničke dokumentacije koja obrađuje prometne sustave na širem području Grada (cestovni, zračni, pomorski). Analizom prostorno-planske dokumentacije utvrđuju se eventualna odstupanja ili neusklađenosti u pojedinim segmentima. Obuhvat studije čini administrativno područje Grada Dubrovnika.

U okviru studije analizirana je i obrađena slijedeća problematika:

- prikupljena je i analizirana relevantna prometno-tehnička dokumentacija, utvrđena su eventualna odstupanja ili neusklađenosti u pojedinim segmentima,
- sistematizirani su raspoloživi podaci o prometnom opterećenju i provedena dodatna mjerenja, te
- prognozirani promet i prometni tokovi u planskom razdoblju.

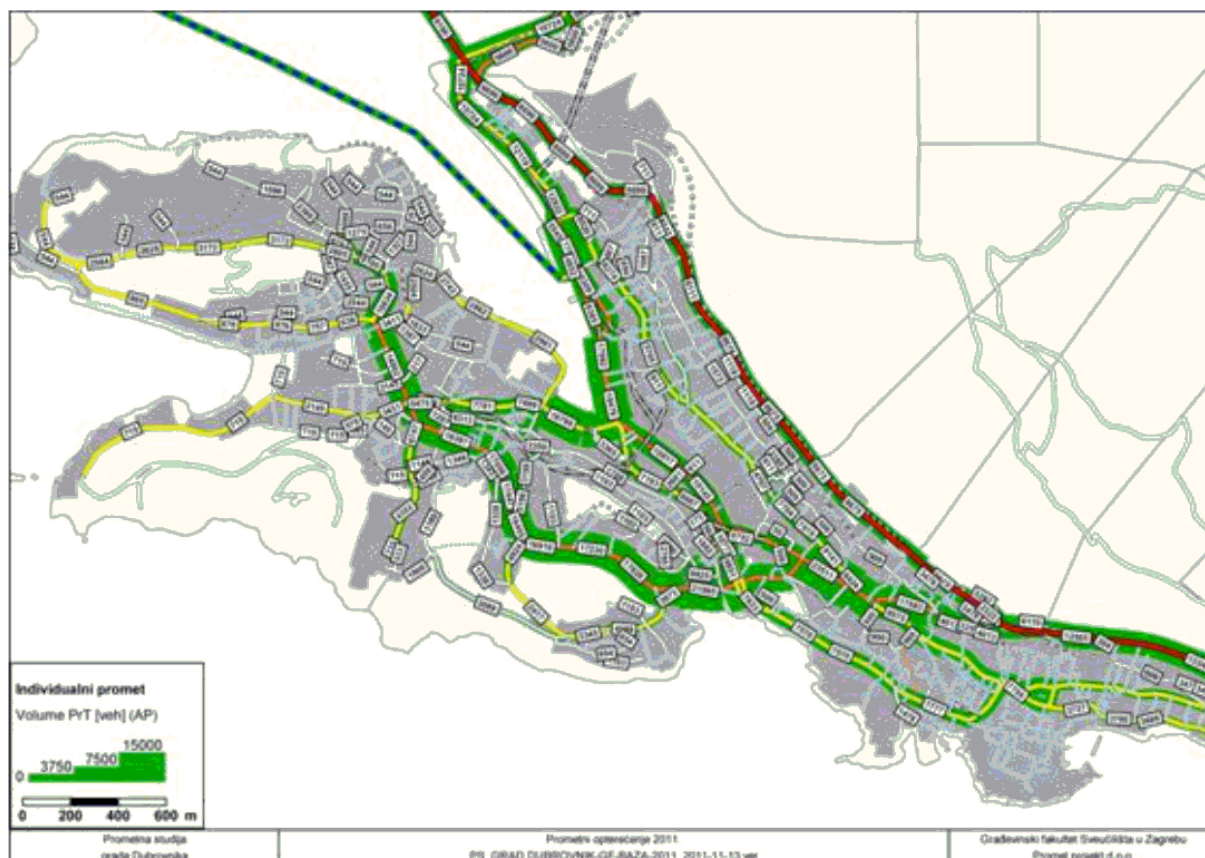
Na temelju prethodnih prometnih i prostornih analiza i prognoza predložena je mreža državnih, glavnih gradskih i gradskih cestovnih prometnica. U sferi javnog prometa korišten je postojeći autobusni sustavi Libertasa, te predložen novi gradski tračnički sustav tipa lakog metroa sa spojem na Zračnu luku Dubrovnik. Konceptijski je definirana povezanost i međuovisnost na pojedinim razinama predloženih prometnih sustava.

Izrađeni su grafički prilozi predloženih rješenja prometnih sustava na području istraživanja, te su Studijom predložene etape realizacije cjelokupnog prometnog sustava tako da se međusobno uklapaju u konačno rješenje.

Predložena realizacija planiranog programa integralnog prometnog sustava, kao i pojedinih podsustava, obuhvaća slijedeća vremenska razdoblja:

- etapa do 2016. godine
- etapa od 2016. do 2021. godine
- etapa od 2021. do 2031. Godine

U sljedećem dijelu izdvojeni su neki dijelovi iz spomenute prometne studije dok je ostatak vidljiv na njihovoj stranici (<http://www.promet.hr/studija-grada-dubrovnika.html>). Na slici 6. prikazano je prometno opterećenje Grada Dubrovnika iz 2011 godine.



Slika 6. Prometno opterećenje iz 2011 godine

Izvor: [9]

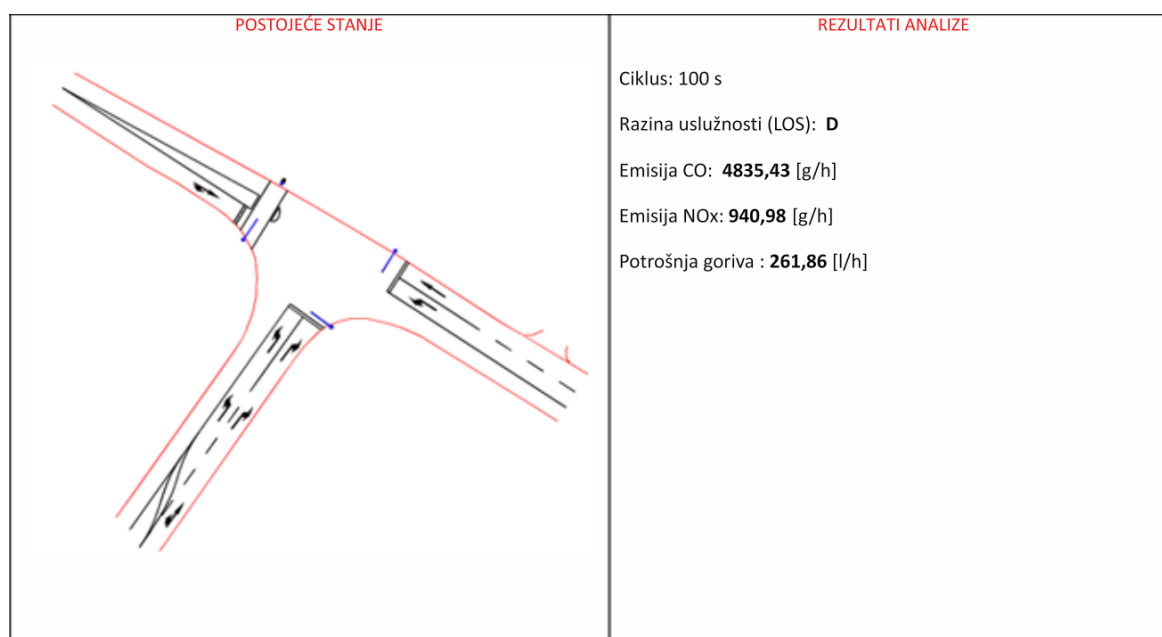
U sklopu izrade Prometne studije Grada Dubrovnika analizirana su raskrižja upravljanja signalnim svjetlima te su razmotrene mogućnosti poboljšanja prometa. U prvom koraku utvrđene su razine uslužnosti na postojećem stanju.

Tablica 2. Razina uslužnosti na raskrižjima

LOS	POSTOJEĆE STANJE		IZMJENA SIGNALNOG PLANA		GRAĐEVINSKA KOREKCIJA KRIŽANJA	
KRIŽANJA	LOS	voz/h	LOS	voz/h	LOS	voz/h
DOM ZDRAVLJA	D	2686	C	2976	C	2993
LAPAD STANICA	C	1797	B	1853	B	1860
ILIJINA GLAVICA	C	1909	B	1920	-	-
SPLITSKI PUT/NAZORA	D	1946	B	2097	-	-
LAPAD STADION	B	1556	B	1588	-	-

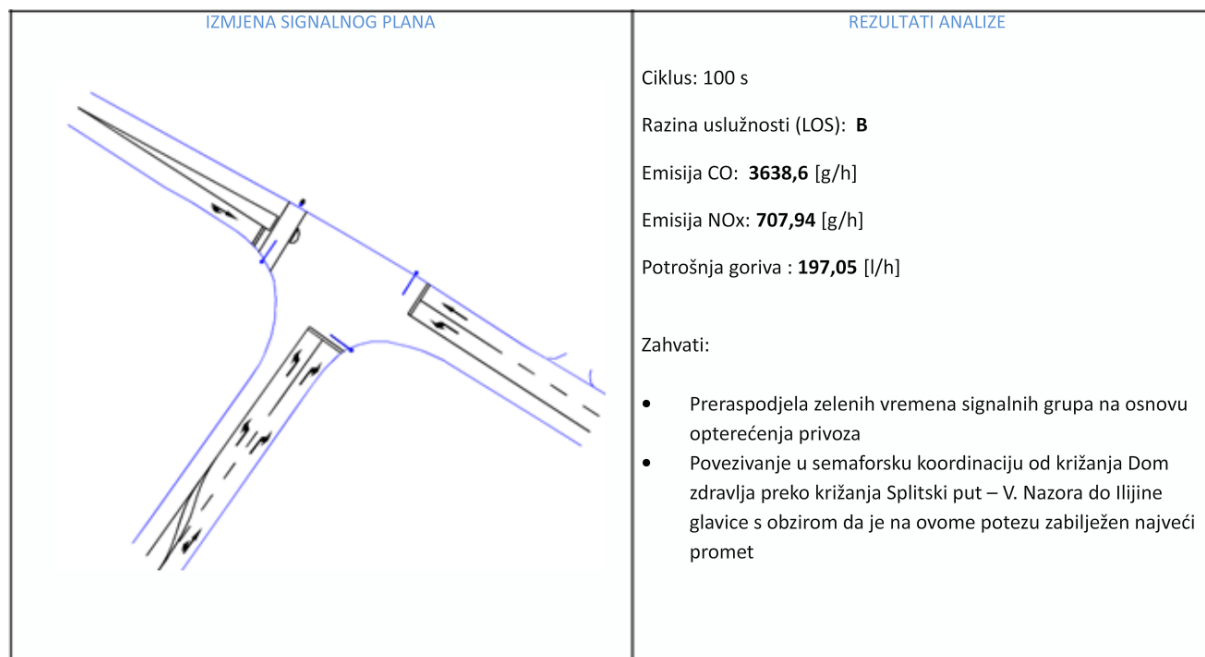
Izvor: [9]

U drugom koraku prikazane su mjere koje poboljšavaju razine uslužnosti promjenom signalnih planova i potencijalnim korekcijama pojedinačnog raskrižja u mreži. Na sljedećim slikama prikazan je primjer. Ovim se mjerama mogu ostvariti poboljšanja za relativno kratko vrijeme dok je za dugoročno poboljšanje odvijanja prometa potrebno regulirati cijelu mrežu gradskih prometnica.



Slika 7. Splitski put - V. Nadzora, postojeće stanje

Izvor: [9]



Slika 8. Splitski put - V. Nadzora

Izvor: [9]

Predstavljen je novi model upravljanja prometom u Gradu Dubrovniku pod nazivom Integrirano upravljanje pješacima i vozilima u povijesnoj jezgri i kontaktnoj zoni Grada Dubrovnika [10].

Pod Integrirano upravljanje pješacima i vozilima podrazumijeva se:

- korištenje inovativnih tehnologija u prometu,
- jedinstveno rješenje upravljanja prometom,
- pronalazak slobodnog parking mjesta kroz mobilne aplikacije,
- dinamičko upravljanje pješacima i vozilima u stvarnom vremenu.

Informativni paneli prikazuju broj slobodnih mjesta u 3 kategorije:

- autobusi
- taxi
- osobna vozila

Ulazak u kontaktnu zonu dozvoljen samo onim kategorijama vozila za koje postoji slobodno parking mjesto. Informacije o slobodnim mjestima/rezervacijama za različite kategorije vozila (Pile, Zagrebačka)

- LED paneli
- LCD paneli
- Mobilne aplikacije za vozače autobusa



Slika 9. Područje obuhvata modela upravljanja

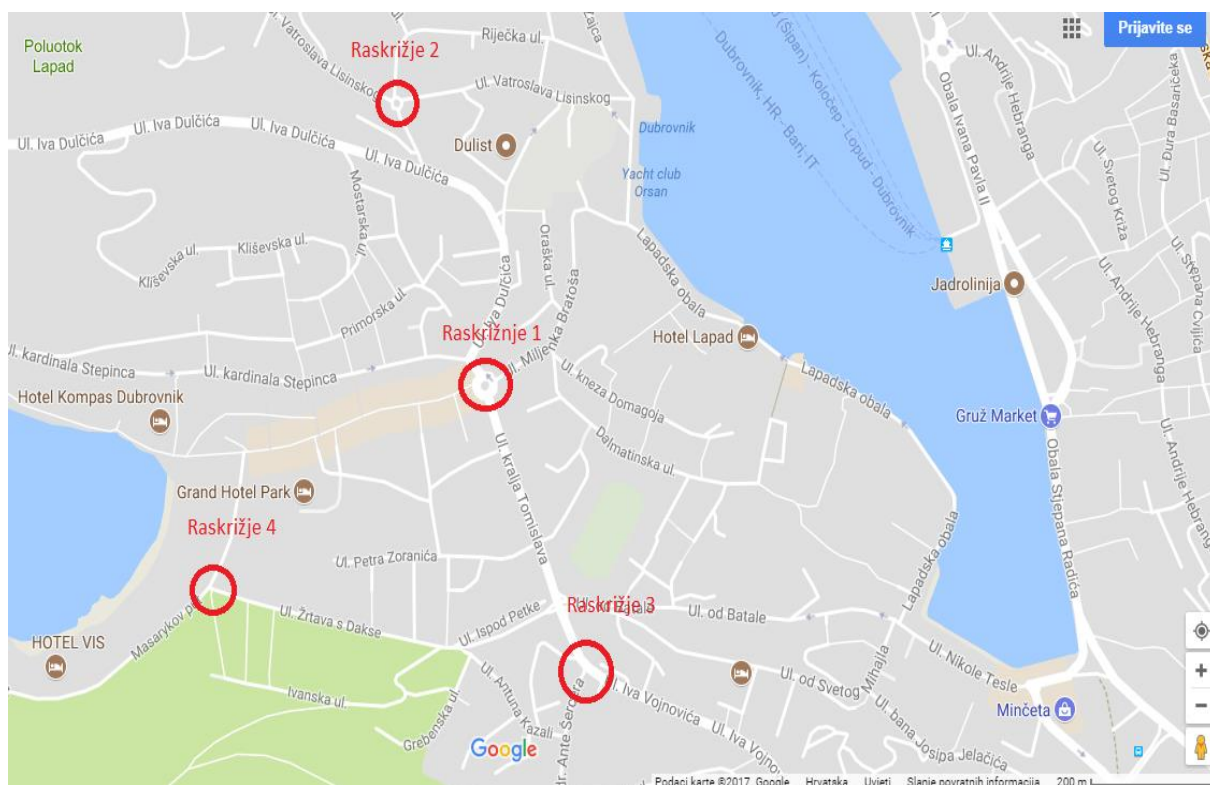
Izvor: [10]

4. Analiza i kritički osvrt na postojeće stanje vođenja prometnih tokova na odabranim raskrižjima u gradu Dubrovniku

Za temu diplomskog rada odabrana su četiri raskrižja koja predstavljaju bitnija čvorišta prometne mreže grada Dubrovnika. Na njima su uočeni prometni problemi koji će se detaljno obraditi te će se predložiti prometno rješenje koje će smanjiti ili potpuno ukloniti prometne probleme.

Na slici 10 prikazana su spomenuta raskrižja:

1. Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša
2. Riječka ulice i Ulice Vatroslava Lisinskog
3. Ulice dr. Ante Šercera i Ulica Iva Vojnovića
4. Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse



Slika 10. Položaj analiziranih raskrižja u prometnoj mreži grada Dubrovnika

Izvor: [8]

4.1. Raskrižje Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša

Raskrižje Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša je novoizgrađeno raskrižje s kružnim tokom prometa. Glavni problem spomenutog raskrižja je veliki broj pješaka koji znatno utječe na propusnu moć i sigurnost raskrižja. U neposrednoj blizini nalazi se Šetalište kralja Zvonimira koje u turističkoj sezoni privlači veliki broj turista koji se uglavnom koriste javnim gradskim prijevozom. Ponovnom rekonstrukcijom primijenjena su signalna svjetla koja onemogućuju konstanta prekidanja prometnog toka vozila od strane pješaka. Primjenom signalnih svjetala došlo je do povećanja propusne moći i sigurnosti raskrižja, ali tijekom turističke sezone još uvijek se u vršnim satima stvaraju repovi čekanja. Kao rješenje prometnog problema preporuča se uklanjanje signalnih svjetala i pješačkog prijelaza te izgradnja pothodnika za pješake kojim bi se dodatno rasteretilo opterećenje raskrižja. Na slici 11. i 12. prikazana je trenutna situacija raskrižja.



Slika 11. Raskrižje Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša
, južni privoz



Slika 12. Raskrižje Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša
, zapadni privoz

4.2. Raskrižje Riječka ulica i Ulica Vatroslava Lisinskog

Raskrižje Riječka ulice i Ulice Vatroslava Lisinskog je raskrižje s kružnim tokom prometa, a nalazi se na sjevernom dijelu grada Dubrovnika. Na spomenutom raskrižju nema velikog prometnog opterećenja nego je prvenstveno odabrano zbog povećanja sigurnosti sudionika u prometu. Zbog nepoštivanja pravila struke, vozilima koja se kreću s istočnog privoza prema zapadnom omogućen je prolazak kroz raskrižje velikom brzinom bez usporavanja što znatno utječe na sigurnost. Na slici 13 vidljiva je opisana prometna situacija. Kao drugi razlog smanjene sigurnosti nameće se označeni pješački prijelaz koji sa zapadne strane nema nogostup, već se pješaci moraju kretati uz rub kolnika kao što je vidljivo na slici 14. Središnji otok je uzdignut te se na njemu nalazi raslinje koje smanjuju preglednost vozila s obzirom da je spomenuto raskrižje izvedeno na kosini.



Slika 13. Raskrižje Riječka ulice i Ulice Vatroslava Lisinskog, zapadni privoz



Slika 14. Raskrižje Riječka ulice i Ulice Vatroslava Lisinskog, sjeverni privoz

4.3. Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića

Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića je trokrako raskrižje regulirano prometnim znakovima, nalazi se u jednoj od najprometnijih ulica u gradu Dubrovniku, a radi se o klasičnom „T“ raskrižju u kojem Ulica Iva Vojnovića čini glavnu prometnicu dok Ulica dr. Ante Šercera ima status sporednog privoza. Raskrižje je regulirano horizontalnom i vertikalnom signalizacijom koja je izvedena prema Pravilniku, a naglasak je na horizontalnoj signalizaciji koja je loše izvedena. Osim loše izvedene horizontalne signalizacije, jedan od problema je i otežano obavljanje lijevog skretanja na sporednom privozu jer se moraju propuštati vozila s glavnog dominantnog privoza.

Na slici 15. i 16. prikazano je trenutno stanje raskrižja



Slika 15. Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića, južni privoz



Slika 16. Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića, istočni privoz

Na otežano uključivanje lijevih skretača sa sporednog privoza, također utječe pješački prijelaz koji se nalazi u neposrednoj blizini raskrižja. Pokraj spomenutog pješačkog prijelaza nalazi se autobusno stajalište koje privlači veliki broj pješaka. Na slici 17 prikazana je spomenuta situacija, dok je opterećenost pješačkog prijelaza prikazana u sljedećem poglavlju.



Slika 17. Prikaz pješačkog prijelaza i autobusnog stajališta

4.4. Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse

Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse je trokrako raskrižje regulirano prometnim znakovima. Privozi imaju po jednu prometnu traku koja je širine 3 metra, a unutar raskrižja nalazi se jedan pješački prijelaz na zapadnom privozu. Raskrižje se nalazi u blizini Šetališta Kralja Zvonimira koje je jedno od atrakcija koja privlači veliki broj turista. Glavni problem raskrižja su pješaci kojima nije omogućeno normalno kretanje zbog nedostatka pješačkog kolnika i prijelaza, a to je vidljivo na slikama 18. i 19. Zbog toga se pješaci kreću kolnikom i tako ometaju prometni tok, a samim time smanjuju sigurnost.



Slika 18. Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse, istočni privoz



Slika 19. Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse, sjeverni privoz

5. Analiza podataka o brojanju prometa na odabranim raskrižjima

Brojanje prometa predstavlja jedan od glavnih ulaznih podataka pri prometnom planiranju i projektiranju te je za potrebu izrade diplomskog rada obavljeno brojanje prometa na odabranim raskrižjima s područja grada Dubrovnika. Brojanjem prometa se dobiva uvid u trenutno stanje prometa te podaci koji upućuju na potrebne rekonstrukcije, izgradnju novih prometnih pravaca ili na ostale mjere poboljšanja postojećeg i budućeg prometa. U praksi se razlikuju tri vrste brojanja prometa:

- statičko brojanje prometa
- dinamičko brojanje prometa
- naplatno brojanje

Pri statičkom brojanju prometa broje se vozila koja u određenom vremenskom intervalu prolaze kroz određeni presjek ceste. Statičko brojanje daje podatke o prometnom opterećenju ceste, a koristi se za dimenzioniranje prometnica i raskrižja. Prednost statičkog brojanja je što ne ometa promet.

Dinamičkim brojanjem prometa utvrđuju se jačina, smjer i put prometnog strujanja. Glavna zadaća je dinamičkog brojenja utvrđivanje izvora i cilja pojedinih prometnih tokova. Brojanje prometa se općenito provodi ili ručno ili automatskim metodama. Izbor metode ovisi o vrsti informacije koju želimo imati, o dužini brojanja prometa i o raspoloživim financijskim sredstvima te sa nedavnim tehnološkim razvojem snimanjem prometa.

Naplata za korištenje cestovnih objekata i cestovne infrastrukture koja se primjenjuje u Republici Hrvatskoj daje mogućnost bilježenja odgovarajućih podataka u informacijsku bazu podataka i s podacima o vremenu korištenja objekta, vrsti vozila po kategoriji, te o točkama ulaska i izlaska na autocesti, tunelu ili mostu, te takvo brojenje prometa omogućuje kvalitetnije praćenje prometa po količini i prema vrsti vozila[7].

Ručno brojanje prometa je najstarije i tehnološki najjednostavnije, a kod ručnog brojenja osoba odnosno brojač bilježi prolazak vozila određenim presjekom prometnice, odnosno brojačkim mjestom u obrazac po smjeru kretanja vozila, vrsti vozila i vremenu prolaska. Ručno brojanje je dobra metoda brojenja prometa u situacijama kada je potrebno izbrojiti promet na manjem raskrižju, međutim kada je potrebno brojanje prometa izvršiti na nekom od

većih i složenijih raskrižja ili pak na području nekog naselja, grada, županije onda ručno brojanje i nije najbolji odabir [7].

Na karakterističnim presjecima svih važnijih prometnica u Republici Hrvatskoj provodi se automatsko brojanje prometa, a provodi ga poduzeće za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta Hrvatske ceste d.o.o. Podaci o brojanju prometa sustavno se obrađuju, pohranjuju i objavljuju za svaku godinu te su javno dostupni i moguće ih je preuzeti u digitalnom obliku sa internetskih stranica Hrvatskih cesta d.o.o.

Brojanje prometa na odabranim raskrižjima izvršeno je u mjesecu kolovozu tijekom turističke sezone na odabranim raskrižjima u jutarnjem vršnom satu od 07:00 do 08:00 i popodnevnom vršnom satu 15:00 do 16:00 sredinom tjedna zbog ustaljenog prometa na raskrižjima kako bi se dobio što reprezentativniji uzorak.

Brojanje je izvršeno ručno, a vozila su svrstana u 5 kategorija a to su:

1. Osobna vozila
2. Teretna vozila < 5 tona
3. Teretna vozila > 5 tona
4. Autobusi
5. Motocikli
6. Pješaci [7]

Prometna kretanja najčešće evidentiraju upisivanjem u brojačke listove odnosno u obrasce za snimanje prometnih tokova. Način i podaci koji se evidentiraju te sam izgled obrazaca određeni su svrhom tog brojanja.

Prednosti:

- moguće je ovakvim brojanjem dobiti rezultate o broju vozila, strukturi prometnog toka, smjerovima kojima se vozila kreću unutar raskrižja,
- brojači mogu zapaziti određene anomalije prilikom brojanja i zabilježiti ih (prometne nesreće, kvar prometnih svjetala, nepropisne radnje vozača i sl.),
- obrasci se lako koriste pri daljnjoj obradi podataka,
- relativno niski troškovi brojanja ako se radi o brojanju u kraćem vremenskom periodu.

Nedostaci:

- potrebno je obučiti ljude za brojanje,
- u slučaju da je potrebno obraditi u istom vremenu veći broj lokacija potreban je veći broj ljudi,
- umor i distrakcija utječu na točnost podataka,
- ovisnost o vremenskim uvjetima. [7]

Na slici 20. prikazan je primjer brojačkog listića koji se koristi kod brojanja prometa. Za potrebe izrade ovog diplomskog rada listić je prilagođen za područje grada Dubrovnika kod kojeg je zanemariv broj biciklista te znatno povećan broj pješaka tijekom turističke sezone.

OBRAZAC ZA SNIMANJE PROMETNIH TOKOVA						
BROJAČKO MJESTO		KRIŽANJE ULICE				
DATUM		DAN	SAT (OD-DO)			
smera snimka	15'	osobna vozila	laka teretna (do 5 tona)	teška teretna	bus	motocikli
	30'					
	45'					
	60'					
	15'					
	30'					
	45'					
	60'					

Slika 20. Primjer brojačkog listića

Izvor: [7]

U sljedećim potpoglavljima tablično je prikazana, za svako odabrano raskrižje, analiza podataka brojanja prometa.

5.1. Analiza podataka brojanja prometa na raskrižju „1“

U sljedećim tablicama prikazana je analiza brojanja prometa koja je napravljena na temelju brojanja prometa obavljenog pomoću kamere s kojom je snimljen promet u određenom vremenskom periodu. Naknadno je pregledana snimka i podaci su ručno uneseni u obrasce koji su ranije spomenuti. Brojanje prometa obavljeno je u jutarnjem i popodnevnom vršnom satu, dok je u tablicama prikazan samo popodnevni vršni sat zbog znatno većeg opterećenja u odnosu na jutarnji vršni sat.

U tablici 3 prikazano je brojanje prometa za svaki privoz u popodnevnom vršnom satu.

Tablica 3. Brojanje prometa Ulica kralja Tomislava i Ulica Miljenka Bratoša, sjeverni, južni i istočni privoz, popodnevni vršni sat

Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ		
15:00-16:00	sjever - jug	0-15	134	2	0	8	26		15:00-16:00	jug - sjever	0-15	71	1	0	1	26			
		15-30	137	1	0	7	22				15-30	73	0		2	22			
		30-45	142	2	0	8	24				30-45	89	0	0	1	30			
		45-60	146	1	1	9	29				45-60	84	1		1	29			
		UKUPNO	559	6	1	32	101	0			UKUPNO	317	2			107	0		
	SVEUKUPNO									SVEUKUPNO									
Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ		
15:00-16:00	istok - sjever	0-15	20				10		15:00-16:00	istok - jug	0-15	41			1	11			
		15-30	22			9		15-30			39			1	12				
		30-45	16			4		30-45			42			1	8				
		45-60	19			7		45-60			41			1	11				
		UKUPNO	77	0	0	0	30	0			UKUPNO	163	0	0	4	42	0		
	SVEUKUPNO									SVEUKUPNO									
Sat	smjer	15min-int	PJEŠ			Sat	smjer	15min-int	PJEŠ			Sat	smjer	15min-int	PJEŠ				
	istok - zapad	0-15	75				zapad - istok	0-15	65		sjever - jug	0-15	27				jug - sjever	0-15	25
		15-30	84					15-30	75					15-30	31				
		30-45	91					30-45	74					30-45	28				
		45-60	87					45-60	77					45-60	19				
		UKUPNO	337					UKUPNO	291					UKUPNO	103				

Prema podacima iz tablica može se uočiti najopterećeniji sjeverni privoz, dok je istočni znatno manje opterećen. Također, može se primijetiti veliki prometni tok pješaka koji znatno utječe na propusnu moć raskrižja.

5.2. Analiza podataka brojanja prometa na raskrižju „2“

Na raskrižju „2“ zbog znatno manjeg prometnog opterećenja brojanja prometa i same složenosti raskrižja, obavljeno je ručno brojanje prometa gdje se direktno unosilo u brojački listić. U tablici 4. i 5. prikazano je brojanje prometa za svaki privoz u popodnevnom vršnom satu.

Tablica 4. Brojanje prometa Riječka ulica i Ulica Vatroslava Lisinskog, zapadni i istočni privoz, popodnevni vršni sat

Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	zapad-istok	0-15	10	2			7		15:00-16:00	istok-zapad	0-15	3				0	
		15-30	9	0			5				15-30	6				1	
		30-45	6	1			3				30-45	1				0	
		45-60	11	0			6				45-60	4				2	
		UKUP NO	36	3			21				UKUP NO	14				3	
	SVEUKUPNO		60							SVEUKUPNO		17					
Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	zapad-sjever	0-15	0				0		15:00-16:00	istok-sjever	0-15	2	1	0	0	0	
		15-30	1				0				15-30	3	0				
		30-45	3				1				30-45	1	0				
		45-60	2				1				45-60	4	1				
		UKUP NO	6				2				UKUP NO	10	2				
	SVEUKUPNO		8							SVEUKUPNO		12					
Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	zapad-jug	0-15	22	0			10		15:00-16:00	istok-jug	0-15	24	2		3	7	
		15-30	20	1			12				15-30	27	0		2	10	
		30-45	24	0			7				30-45	30	1		1	5	
		45-60	19	0			8				45-60	18	2		2	3	
		UKUP NO	85	1			37				UKUP NO	99	5		8	25	
	SVEUKUPNO		123							SVEUKUPNO		137					

Temeljem podataka u tablici može se zaključiti da na raskrižju nije potreban prijedlog rješenja i rekonstrukcija u cilju povećanja propusne moći, već isključivo zbog povećanja sigurnosti.

Tablica 5. Brojanje prometa Riječka ulica i Ulica Vatroslava Lisinskog, južni i sjeverni privoz, popodnevni vršni sat

Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	jug-istok	0-15	22	2		3	5		15:00-16:00	sjever-istok	0-15	3				1	
		15-30	19	0		2	2				15-30	3				3	
		30-45	31	1		1	7				30-45	2				1	
		45-60	25	2		4	4				45-60	1				1	
		UKUP NO	97	5		10	18				UKUP NO	9				6	
	SVEUKUPNO		130							SVEUKUPNO		15					
Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	jug-zapad	0-15	4				2		15:00-16:00	sjever-zapad	0-15	2				1	
		15-30	3				1				15-30	3				3	
		30-45	1				3				30-45	1				1	
		45-60	5				0				45-60	0				0	
		UKUP NO	13				6				UKUP NO	6				5	
	SVEUKUPNO		19							SVEUKUPNO		11					
Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	jug-sjever	0-15	2	0	0		2		15:00-16:00	sjever-jug	0-15	11	2	2	3	3	
		15-30	1	0	1		0				15-30	9	0	0	4	2	
		30-45	7	1	0		1				30-45	15	1	1	2	3	
		45-60	4	0	1		0				45-60	13	0	0	1	4	
		UKUP NO	14	1			3				UKUP NO	48	3	3	10	12	
	SVEUKUPNO		18							SVEUKUPNO		76					

5.3. Analiza podataka brojanja prometa na raskrižju „3“

Zbog složenosti i velikog prometnog opterećenja, kao i kod raskrižja „1“ brojanje prometa obavljeno je snimanjem prometa. U tablici 5 prikazano je brojanje prometa za svaki privoz u popodnevnom vršnom satu. Iz prikazanih podataka može se zaključiti da se radi o sjevernom i južnom privozu, odnosno Ulica Iva Vojnovića u odnosu na zapadni privoz. Zbog toga lijevi skretači na zapadnom privozu imaju problem pri uključivanju na spomenutu ulicu zbog nedovoljno vremenskih praznina. U tablici je također prikazan broj pješaka na pješačkom prijelazu koji se nalazi na zapadnom privozu te na pješačkom koji se nalazi u neposrednoj blizini južnog privoza koji utječe na situaciju raskrižja.

Tablica 6. Brojanje prometa Ulica dr. Ante Šercera i Ulica Iva Vojnovića, zapadni, sjeverni i južni privoz, popodnevni vršni sat

Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	sjever-istok	0-15	61	1	2	4	16		15:00-16:00	jug-istok	0-15	29	1	0	0	2	
		15-30	67	0	1	4	21				15-30	30	0	0	1	4	
		30-45	59	1	0	3	18				30-45	35	0	0	0	6	
		45-60	54	1	1	5	24				45-60	33	1	0	0	3	
		UKUPNO	241	3	4	16	79	0			UKUPNO	127	2	0	1	15	0
	SVEUKUPNO		343							SVEUKUPNO		145					
Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	sjever-jug	0-15	146	4	0	6	34	7	15:00-16:00	jug-sjever	0-15	104	4		1	15	5
		15-30	130	1	0	2	29	5			15-30	122	3		0	17	8
		30-45	159	2	1	3	19	9			30-45	129	2		2	11	12
		45-60	153	2	0	4	31	11			45-60	130	3		1	13	4
		UKUPNO	588	9	1	15	113	32			UKUPNO	485	12	0	4	56	29
	SVEUKUPNO		758							SVEUKUPNO		568					
Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	istok-sjever	0-15	47	1		3	11		15:00-16:00	istok-jug	0-15	65			2	6	
		15-30	49	0		2	15				15-30	71			3	8	
		30-45	35	1		4	13				30-45	67			1	4	
		45-60	39	0		2	14				45-60	70			2	9	
		UKUPNO	170	2	0	11	53	0			UKUPNO	273	0	0	8	27	0
	SVEUKUPNO		236							SVEUKUPNO		308					
Sat	smjer	15min-int	PJEŠ		Sat	smjer	15min-int	PJEŠ									
	istok-zapad	0-15	24			zapad-istok	0-15	14									
		15-30	33				15-30	17									
		30-45	17				30-45	27									
		45-60	25				45-60	21									
		UKUPNO	99				UKUPNO	79									

5.4. Analiza podataka brojanja prometa na raskrižju „4“

Raskrižje je odabrano za analizu zbog neuređenog pješačkog toka koji ometa promet vozila na spomenutom raskrižju te znatno smanjuje sigurnost svih sudionika. U tablici 5 prikazano je brojanje prometa za svaki privoz u popodnevnom vršnom satu. Na raskrižju se nalazi jedan pješački prijelaz koji većina pješaka ne koristi zbog neadekvatne pozicije. Broj pješaka nije relevantan kao što je već spomenuto, jer većina pješaka ne koristi označeni pješački prijelaz već se kreću preko kolnika.

Tablica 7. Brojanje prometa Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse, sjeverni, zapadni i istočni privoz, popodnevni vršni sat

Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	sjever-istok	0-15	9				4		15:00-16:00	sjever-zapad	0-15	10				5	
		15-30	11				2				15-30	14				6	
		30-45	12				3				30-45	11				2	
		45-60	7	0	0	0	4				45-60	11	0	0	0	2	
		UKUPNO	39				13				UKUPNO	46				15	
	SVEUKUPNO		52							SVEUKUPNO		61					
Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	istok-sjever	0-15	11				6		15:00-16:00	istok-zapad	0-15	31			3	5	
		15-30	15				2				15-30	41			2	7	
		30-45	17				6				30-45	33			5	4	
		45-60	9	0	0	0	5				45-60	35			2	3	
		UKUPNO	52				19				UKUPNO	140			12	19	
	SVEUKUPNO		72							SVEUKUPNO		171					
Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ	Sat	smjer	15min-int	OA	LT	TT	BUS	MOT	PJEŠ
15:00-16:00	zapad-sjever	0-15	7				2		15:00-16:00	zapad-istok	0-15	25	0		4	4	
		15-30	5				3				15-30	31	0		2	6	
		30-45	11				1				30-45	29	1		1	9	
		45-60	6				2				45-60	22	0		4	11	
		UKUPNO	29	0	0	0	8				UKUPNO	107	1	0	11	30	
	SVEUKUPNO		37							SVEUKUPNO		149					

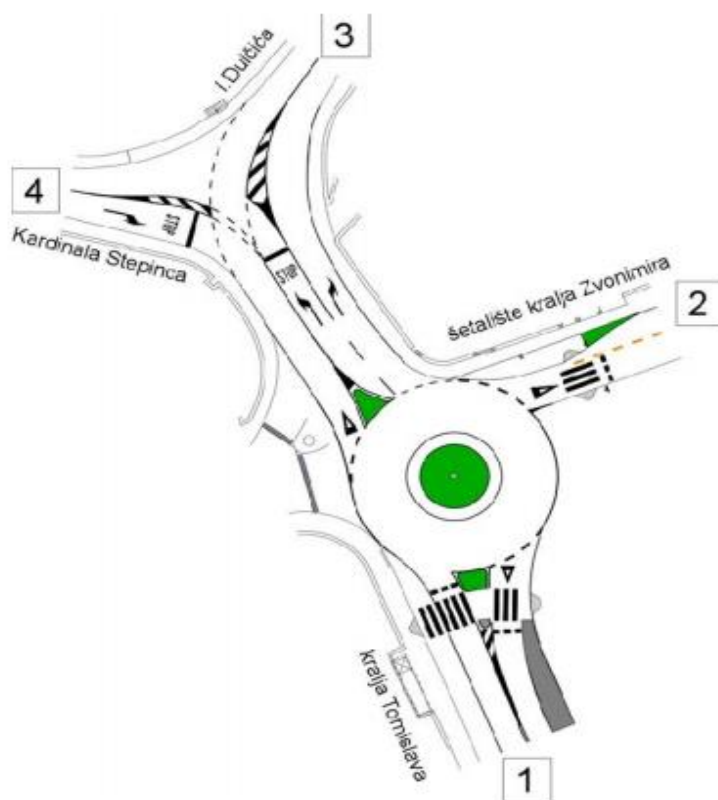
Sat	smjer	15min-int	PJEŠ
	istok - zapad	0-15	31
		15-30	44
		30-45	23
		45-60	25
		UKUPNO	123

6. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata odabranih raskrižja

U ovom poglavlju predložena su neka rješenja kojima bi se poboljšalo postojeće stanje odabranih raskrižja, na temelju detaljno provedene analize u prethodnim poglavljima, s ciljem bržeg i sigurnijeg odvijanja prometa na raskrižjima. Za svako raskrižje priložit će se grafički prikaz opterećenja po privozima.

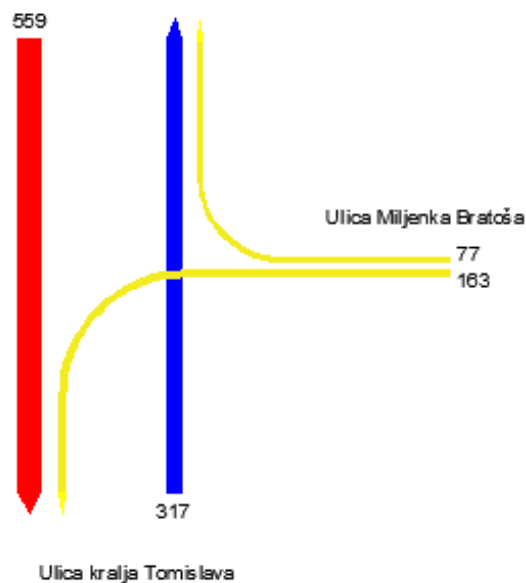
6.1. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na raskrižju „1“

Raskrižje Lapad Pošta rekonstruirano je 2012. godine konverzijom klasičnog trokrakog raskrižja u raskrižje s kružnim tokom prometa. Vanjski radijus iznosi 10.5 m, a radijus unutarnjeg otoka 5 m koji ima povozni dio središnjeg otoka. Prometni trak u kružnom toku je širok 5.5 m što ne uključuje povozni dio. Na slici 21 prikazano je trenutno stanje raskrižja dok je na slici 22 grafički prikaz prometnih tokova.



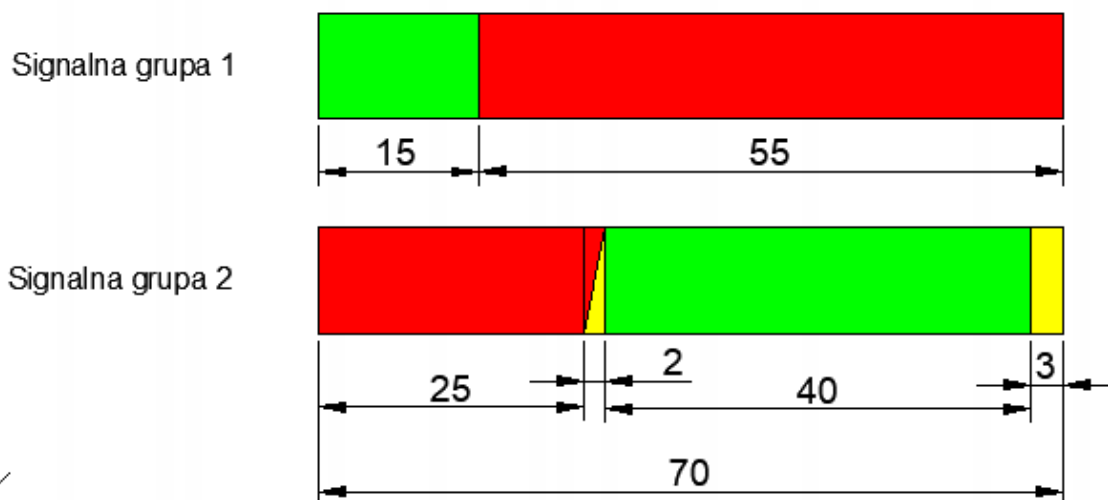
Slika 21. Raskrižje Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša postojeće stanje

Izvor: [8]



Slika 22. Grafički prikaz prometnih tokova

Analizom postojećeg stanja uočen je glavni problem na navedenom raskrižju, a to je pješački prijelaz upravljani signalnim svjetlima. Pješački prijelaz širine je 3.6 metara i dužine 11 metara, dok se između trakova nalazi pješački otok koji je dužine 2.5 metara. Pješački otok služi za privremeno zadržavanje pješaka koji prelaze preko kolnika. Signalna svjetla su naknadno postavljena zbog velikog pješačkog toka koji neprestano prekida prometni tok vozila. U vršnom satu izbrojeno je 838 pješaka. Postavljanjem signalnih svjetala povećana je propusna moć i sigurnost raskrižja. Na slici 23 prikazan je signalni plan.

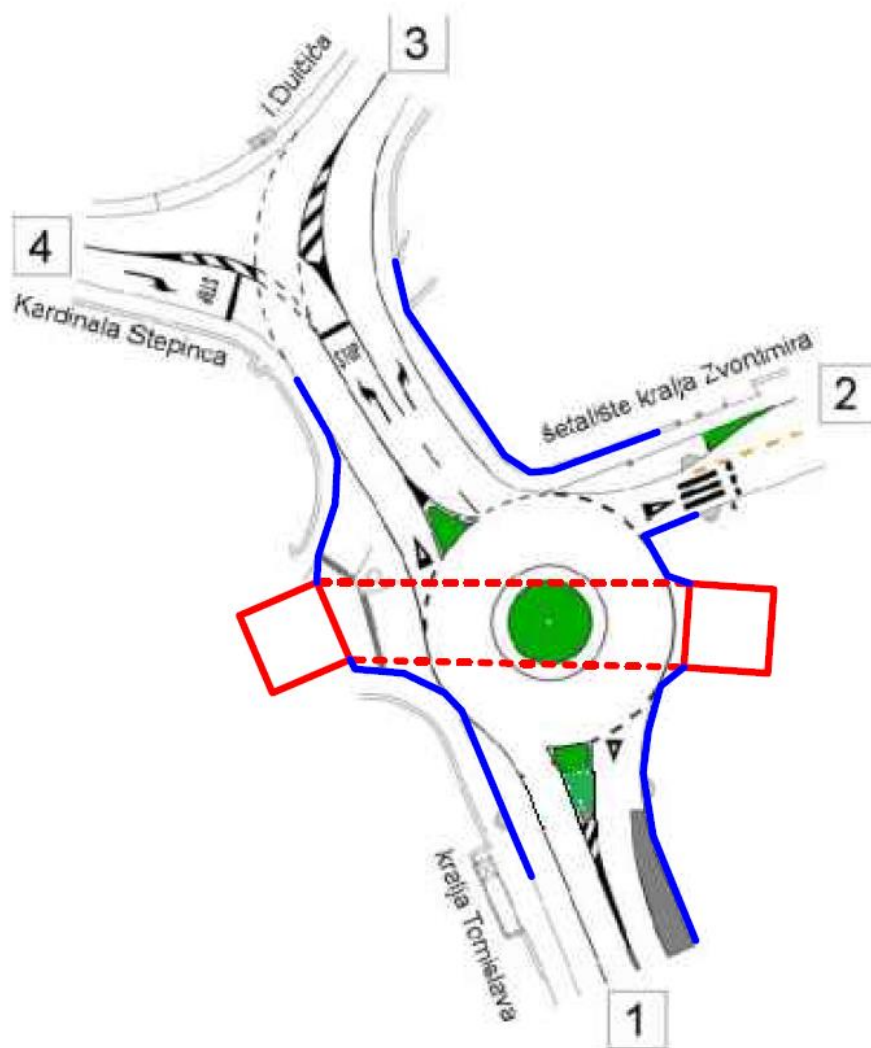


Slika 23. Signalni plan

U signalnom planu postoje dvije signalne grupe. Signalnu grupu 1 predstavljaju pješaci, a signalnu grupu 2 vozila. Duljina ciklusa iznosi 70 sekundi od kojih grupa 1 ima 15 sekundi zelenog svjetla, dok je preostalih 55 sekundi crveno svjetlo. Signalna grupa 1 ima zaštitno međuvrijeme koji omogućuje pješacima da u trenutku prestanka zelenog svjetla imaju 10 sekundi za sigurno napuštanje pješačkog prijelaza. Iz priloženog signalnog plana može se zaključiti koliko utječu signalna svjetla na propusnu moć raskrižja s obzirom da vozila u ciklusu od 70 sekundi imaju samo 40 sekundi zelenog svjetla. U sljedećem poglavlju detaljno će se prikazati povećanje propusne moći samog raskrižja pomoću programskih alata.

Temeljem dosadašnje analize kao prijedlog rješenja spomenutog problema predlaže se izgradnja pothodnika te uklanjanje pješačkog prijelaza koji se nalazi na južnom privozu. Pješački tok preusmjerio bi se i ne bi više utjecao na prometni tok vozila. Izgradnji pothodnika pristupa iz razloga što nema drugih moćnosti. Preusmjeravanje prometa nije moguće dok ostala rješenja nisu pokazala značajnije poboljšanje.

Na slici 24 prikazan je prijedlog rješenja raskrižja.



Slika 24. Prijedlog rješenja

Na slici 24 prikazane su lokacije pothodnika koje se nalaze na istočnoj i zapadnoj strani, koje bi u potpunosti zamijenile trenutni pješački prijelaz na južnom privozu, koji bi se trebao ukloniti. Također, postavila bi se zaštitna ograda koja bi onemogućila nepropisno kretanje pješaka. Zaštitna ograda označena je plavom bojom na spomenutoj slici, dok su lokacije pothodnika označene crvenom bojom.

Na slici 25 prikazan je primjer pothodnika koji bi se koristio kod predloženog rješenja.



Slika 25. Primjer pothodnika

Izvor: [8]

Pristupačnost pothodniku osobama s invaliditetom omogućio bi se pomoću specijalnih rampi. Primjer spomenute rampe prikazan je na slici 26.



Slika 26. Primjer rampe za osobe s invaliditetom

Izvor: [8]

6.2. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na raskrižju „2“

Raskrižje Solitudo rekonstruirano je 2011. godine konverzijom klasičnog četverokrakog raskrižja u raskrižje s kružnim tokom prometa. Vanjski radijus iznosi 9.5 m, a radijus unutarnjeg otoka 6 m koji nema povozni dio središnjeg otoka. Prometni trak u kružnom toku širok je 3.5m.

Na slici 27 prikazano je trenutno stanje raskrižja.



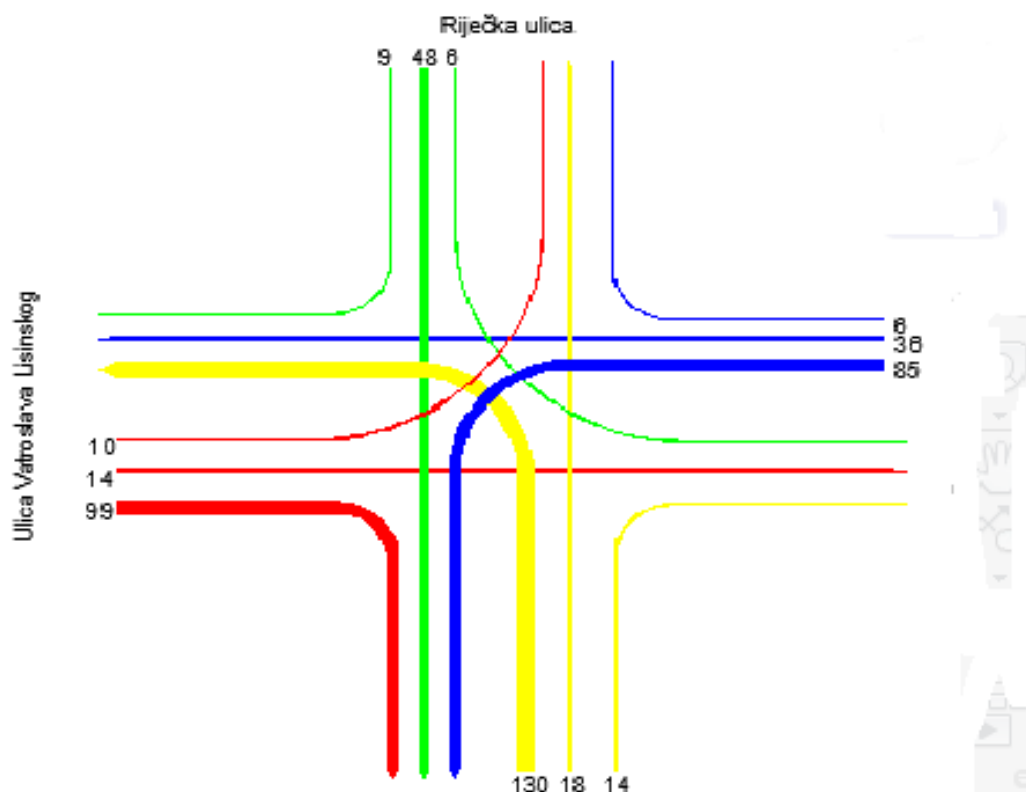
Slika 27. Raskrižje Riječka ulice i Ulice Vatroslava Lisinskog postojeće stanje

Na slici 27 označen je nogostup koji je namijenjen za kretanje pješaka, a njegova širina iznosi 1,6 metara. Kao što je vidljivo na slici, nogostup je izrađen samo dijelom te zbog tog nedostatka pješaci se moraju kretati uz rub kolnika zbog nedostatka nogostupa, koji je nužan zbog sigurnosti svih sudionika u prometu. Također, može se primijetiti da je izrađen samo jedan pješački prijelaz. Za prijedlog rješenja predlaže se izgradnja nogostupa i dodatnog pješačkog prijelaza. Postojeći pješački prijelaz treba biti izmaknut najmanje 5,0 m od produžetka vanjskog ruba kružnog dijela kolnika u raskrižju. Spomenuto izmicanje potrebno je kako bi se osigurao prostor za najmanje jedno vozilo, koje pri izlasku iz raskrižja čeka prelazak pješaka preko pješačkog prijelaza.

Širina kolnika u kružnom dijelu otoka je 3,0 m, a ne bi (prema pravilima struke) smjela biti manja od 5,5 m za kružna raskrižja s jednim prometnim trakom. Također se predlaže proširenje prilaznog i odlaznog prometnog traka raskrižja koje mora biti najmanje 4,5 m. Osi krakova kružnog raskrižja moraju biti usmjerene prema središtu. Potrebno je izbjegavati rješenja tangencijalnih ili nepravilnih kružnih raskrižja kao što je slučaj na južnom privozu

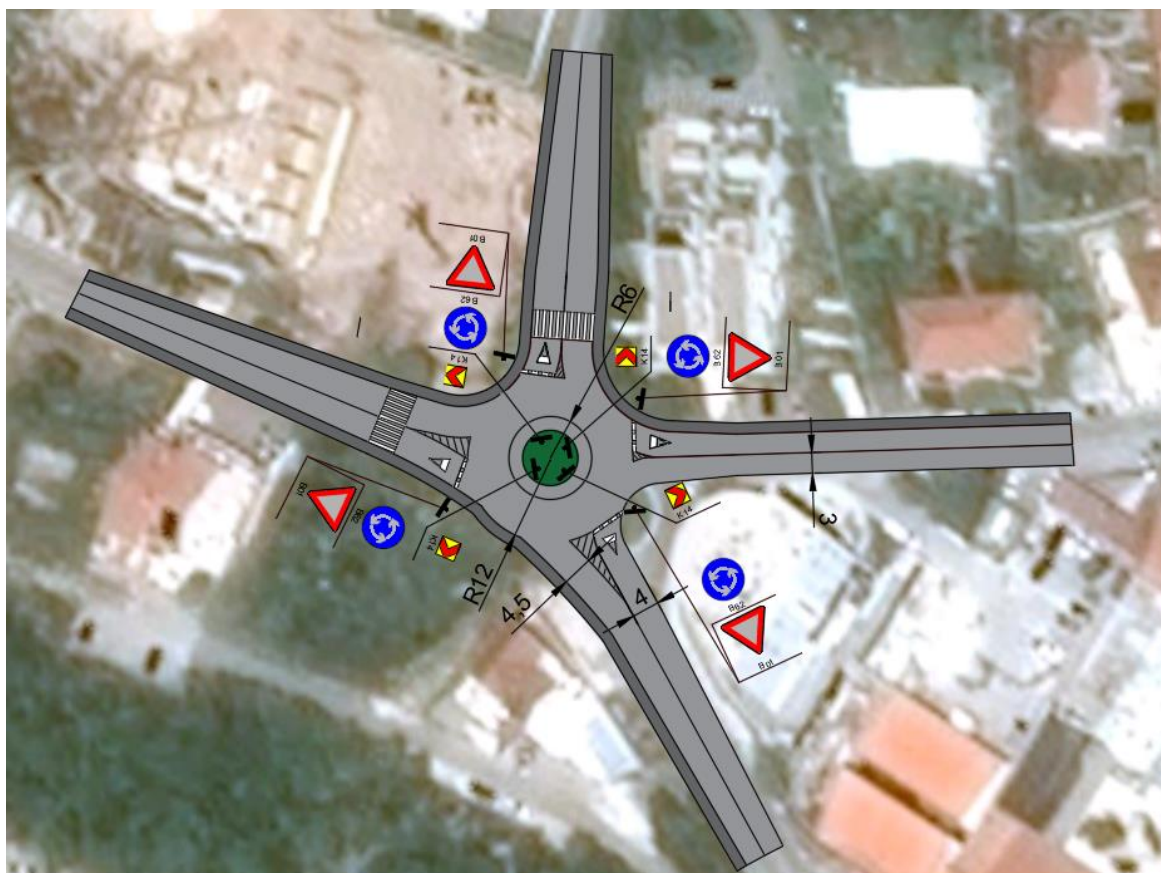
spomenutog raskrižja. Moguć je ulazak u raskrižje s velikim brzinama kretanja vozila, zbog čega se osi krakova usmjeravaju prema središtu kako bi vozilo smanjilo brzinu pri dolasku na privoz.

Na slici 28 prikazan je grafički prikaz prometnih tokova.



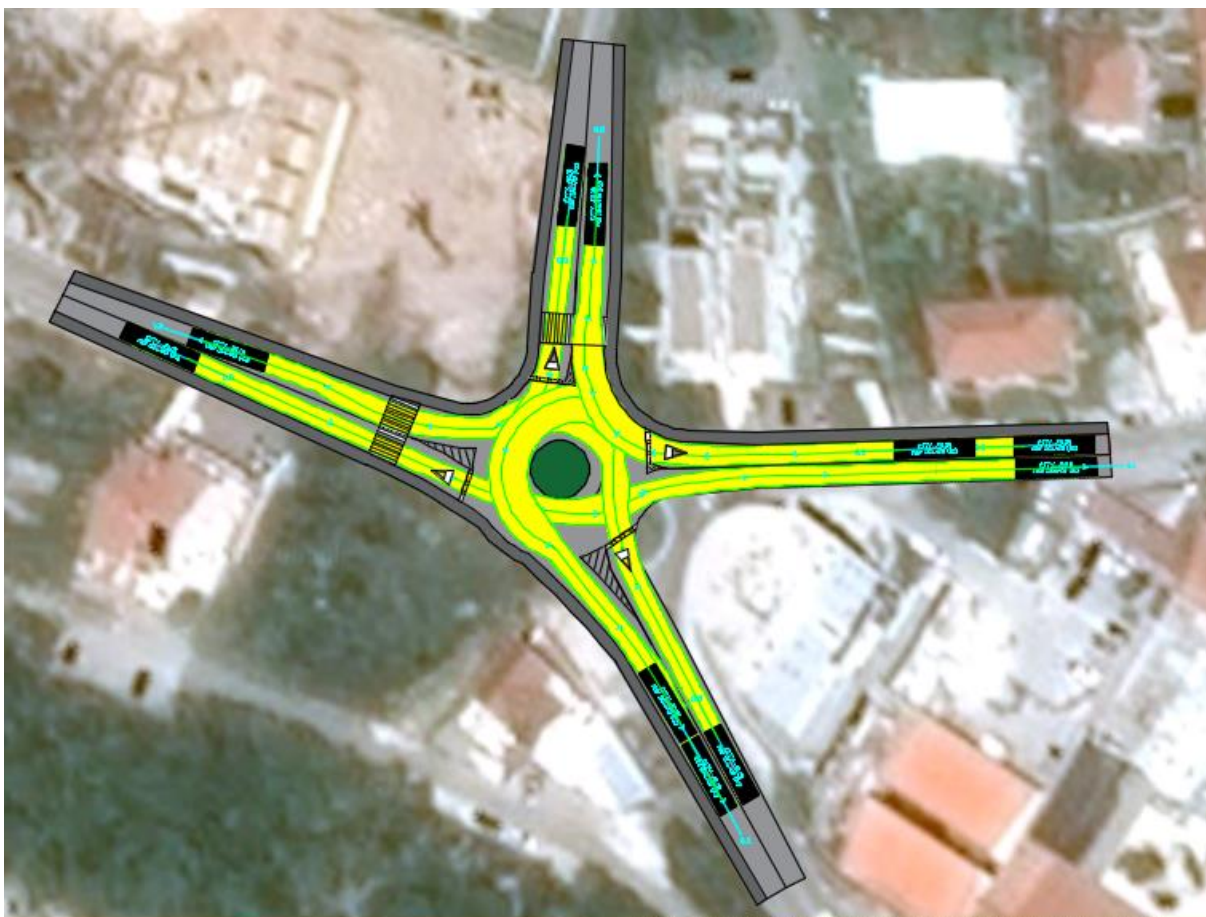
Slika 28. Grafički prikaz prometnih tokova

Kako bi se uklonili svi uočeni problemi, predložena je rekonstrukcija raskrižja koja je prikazana na slici 29. Izmicanjem središnjeg otoka, osi krakova usmjerene su u središte te je na taj način onemogućen ulazak u raskrižje pri velikim brzinama, jer se vozilo prisiljava na usporavanje. Izgradnja dodatnog nogostupa i pješačkog prijelaza na zapadnom privozu te izmicanje pješačkog prilaza na sjevernom privozu, na udaljenost od 5 metara od vanjskog ruba kružnog dijela kolnika u raskrižju, znatno utječe na sigurnost svih sudionika u prometu. Vanjski polumjer raskrižja iznosi 12 m, dok polumjer središnjeg otoka iznosi 6 m. Kolnik u kružnom dijelu otoka izveden je s jednom prometnim trakom te je njegova širina 6 m bez povoznog dijela koji iznosi 2 m.



Slika 29. Raskrižje Riječka ulice i Ulice Vatroslava Lisinskog prijedlog rješenja

Slika 30 prikazuje provjeru trajektorija kružnog raskrižja pomoću programskog alata AutoTURN. Kod provjere trajektorija odabran je autobus duljine 11 m. Iz slike je vidljivo da odabrani autobus može proći kroz raskrižje i s glavnih i sporednih privoza, čime je zadovoljena provoznost kružnog raskrižja, osim pri kretanju s južnog privoza prema istočnom. Analizom prometa utvrđeno je da tijekom vršnog sata nije bilo autobusa i teretnih vozila koji su obavljali tu radnju.



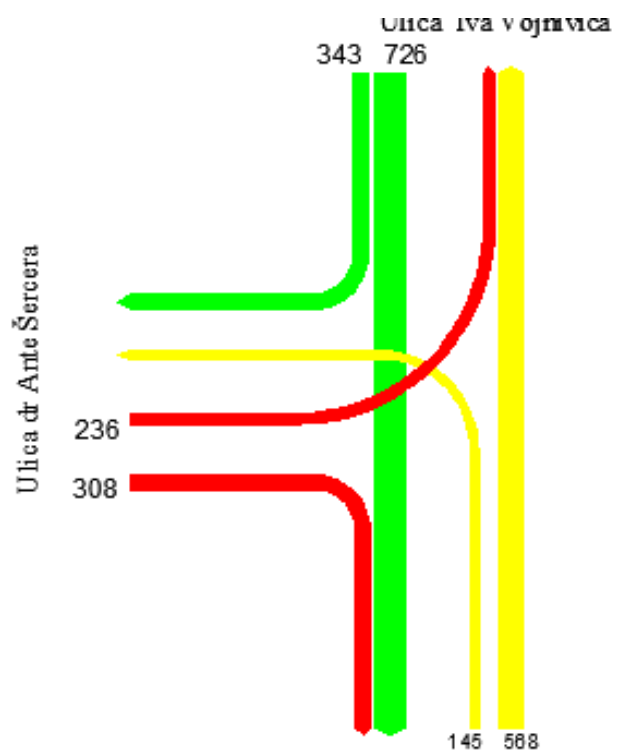
Slika 30. Trajektorije teretnog vozila izrađene programskim alatom autoTURN

6.3. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na raskrižju „3“

Ulica Iva Vojnovića je jedna od najprometnijih ulica u gradu Dubrovniku, a na njoj se nalazi klasično trokrako raskrižje regulirano prometnim znakovima. Na sporednom privozu nalaze se dva prometna traka od kojih je jedan za lijeve skretače, dok je drugi za desne skretače. Na južnom privozu postoji posebni trak za lijeve skreteča, dok na sjevernom za desne skretače. Prometni trakovi na svim privozima iznose 3.0 m. Pješački prijelaz nalazi se na zapadnom privozu širine 3.0 m. Glavni problemi su nedostatak horizontalne signalizacije, nedovoljne vremenske praznine za lijeve skretače sa sporednog privoza, nedovoljna širina prometnih traka, pješački prijelaz i autobusno stajalište koje se nalaze u neposrednoj blizini raskrižja. Na slici 31 prikazano je postojeće stanje raskrižja dok je slici 32 grafički prikaz prometnih tokova.



Slika 31. Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića postojeće stanje



Slika 32. Grafički prikaz prometnih tokova

Kako bi se uklonili nedostaci na trenutnom trokrakom raskrižju, predložena je izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa. Na slici 33 prikazan je prijedlog rekonstrukcije postojećeg stanja. Vanjski polumjer raskrižja iznosi 12 m, dok polumjer središnjeg otoka iznosi 6 m. Kolnik u kružnom dijelu otoka izveden je s jednom prometnom trakom te je njegova širina 6 m bez provoznog dijela koji iznosi 2 m, što je više od minimalne širine koja iznosi 5,5 m. Širine prilaznih i odlaznih trakova na svim privozima iznose 4,5 m. Ulazni radijusi u raskrižje kao i izlazni iznose minimalno 12 m. Razdjelni otoci su širine 2,0 m i duljine 15 m osim što na zapadnom privozu zbog pješačkog prijelaza iznosi 2.5 m, kako bi se omogućilo zadržavanje pješaka u slučaju nemogućnosti prelaska cijelog pješačkog odjednom. Detaljan prikaz raskrižja s kružnim tokom prometa nalazi se u „PRILOGU 1“.



Slika 33. Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića prijedlog rješenja

Kao i kod prethodnog raskrižja izvršena je provjera trajektorije u programskom alatu AutoTURN. Kod provjere trajektorija odabran je autobus duljine 11 m.



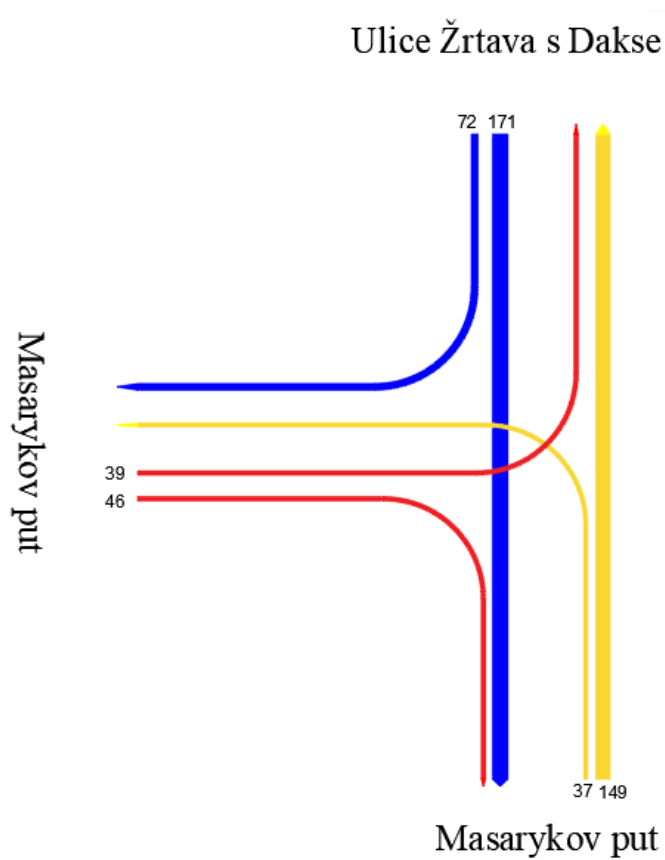
Slika 34. Trajektorije teretnog vozila izrađene programskim alatom AutoTURN

6.4. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na raskrižju „4“

Zbog svoje lokacije, koja se nalazi u blizini Šetališta Kralja Zvonimira, ovo raskrižje privlači veliki broj turista tijekom turističke sezone. Iz tog razloga je detaljnom analizom kao glavni problem istaknut pješački tok, kojem trenutno nije omogućeno normalno kretanje, zbog nedostatka pješačkog kolnika i prijelaza kao što je već spomenuto. Na slici 35 prikazano je postojeće stanje. Iz priložene slike vidljivi su spomenuti nedostaci. Pješaci koji se kreću od autobusne stanice prema sjevernom privozu, odnosno spomenutom šetalištu, zbog nedostatka nogostupa kreću se uz rub kolnika, dok pješaci koji se kreću prema kupalištu koje se nalazi na zapadu, prelaze preko kolnika gdje nema označenog pješačkog prijelaza. Smanjena preglednost pri uključivanju na glavni privoz sa sporednog za vozila koja obavljaju lijevo skretanje, zbog pozicioniranog mjesta uključivanja.



Slika 35. Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse postojeće stanje



Slika 36. Grafički prikaz prometnih tokova

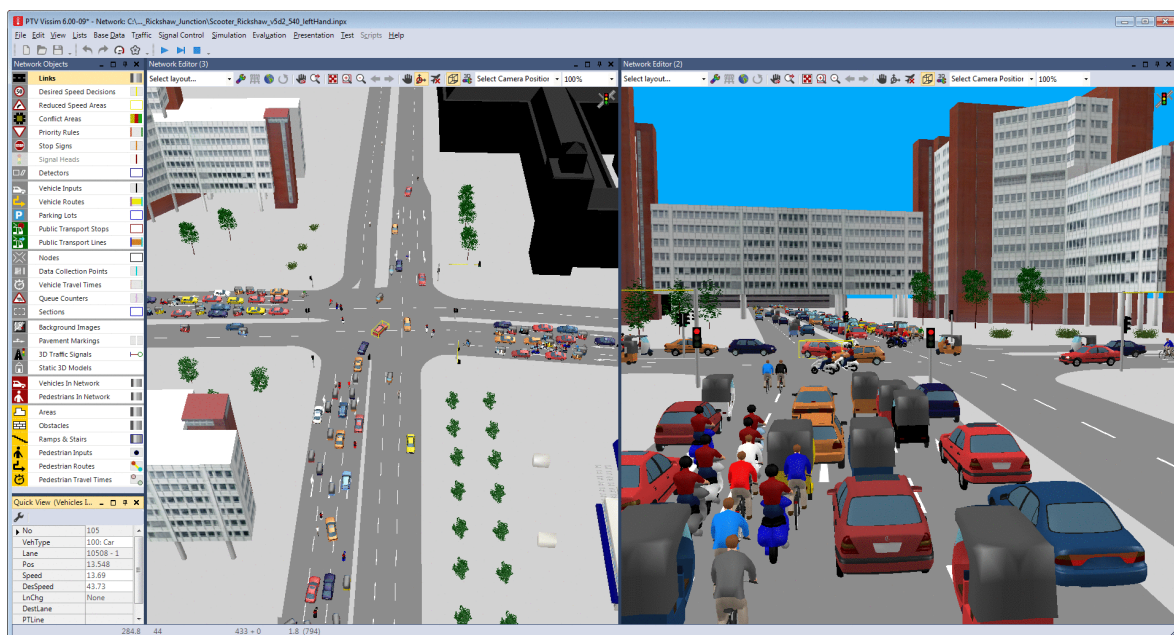
Kao prijedlog rješenja spomenutih problema predlaže se uklanjanje parkirnih mjesta te bi se prostor iskoristio za izgradnju nogostupa i proširenje prometnog traka. Parkirna mjesta za koja se predlaže uklanjanje neće nedostajati, jer se u blizini nalazi novoizgrađena podzemna garaža čiji kapaciteti nisu popunjeni ni u turističkoj sezoni. Na slici 37 prikazan je prijedlog rekonstrukcije. Predlaže se razdvajanje traka za lijeve i desne skretače na sporednom privozu, prvenstveno zbog povećanja preglednosti za lijeve skretače. Predložena je izgradnja nogostupa na sjevernom privozu uz obje strane kolnika širine 2 m te pješački prijelaz širine 3.5 m.



Slika 37. Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse prijedlog rješenja

7. Simulacija i evaluacija predloženih rješenja odabranih raskrižja

U ovome radu u svrhu simulacije i evaluacije varijantnih prijedloga poboljšanja postojećeg stanja koristila su se dva simulacijska alata i to PTV Vissim i Sidra Intersection. PTV Vissim je mikroskopski simulacijski računalni program koji se temelji na višenamjenskoj simulaciji prometnih tokova, s naglaskom na analizi i optimizaciji prometnih tokova. Programska oprema Vissim-a temelji se na objektno orijentiranom kodu C++. 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. Mogu se simulirati sve vrste prometnih površina (autoceste, lokalne ceste, brze ceste, biciklističke staze, raskrižja itd.), sve vrste prometa (motorizirani i nemotorizirani) i javni promet (autobusi, tramvaji, podzemna željeznica i sl.) [11]



Slika 38. PTV Vissim sučelje

Izvor: [11]

Rahmi Akçelik australski prometni stručnjak je osnovao originalnu verziju Sidra Intersection u periodu između 1975. – 1979. godine. SIDRA INTERSECTION je napredni mikro analitički računalni alat namijenjen za analizu alternativnih oblika raskrižja u pogledu propusne moći, razine usluge i ostalih prometnih parametara kao što su vrijeme kašnjenja, duljina repa čekanja, kretanje i zaustavljanje vozila i pješaka na raskrižju i slično [12].

7.1. Simulacija i evaluacija postojećeg stanja Raskrižja „1“

U mikrosimulacijskom alatu PTV Vissim i u Sidri Intersection izrađena je simulacija postojećeg stanja i predloženog rješenja raskrižja Ul. kralja Tomislava i Ul. Miljenka Bratoša. Za ulazne podatke koristit će se prometna opterećenja u vršnom satu. Izlazni podatci su najbitniji su dio simulacije na temelju kojeg se donose zaključci o postojećem stanju raskrižja.

Razina usluge (LOS) je kvalitativna mjera koja označava uvjete vožnje koji se mogu pojaviti na određenoj cesti kada prima različite količine prometa. Definirano je šest razina usluge, od A do F. Razina usluge A predstavlja najbolje operativne uvjete, a razina F najlošije. Razina usluge za simulirana raskrižja određena je prema prosječnom vremenu kašnjenja raskrižja i različita je za semaforizirana te za nesemaforizirana raskrižja a određena je u sljedećim intervalima koji su prikazani u Tablici 8.

Tablica 8. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena kašnjenja

Razina usluge nesemaforiziranih raskrižja	Prosječno vrijeme kašnjenja (s/vozilu)	Razina usluge semaforiziranih raskrižja	Prosječno vrijeme kašnjenja (s/vozilu)
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

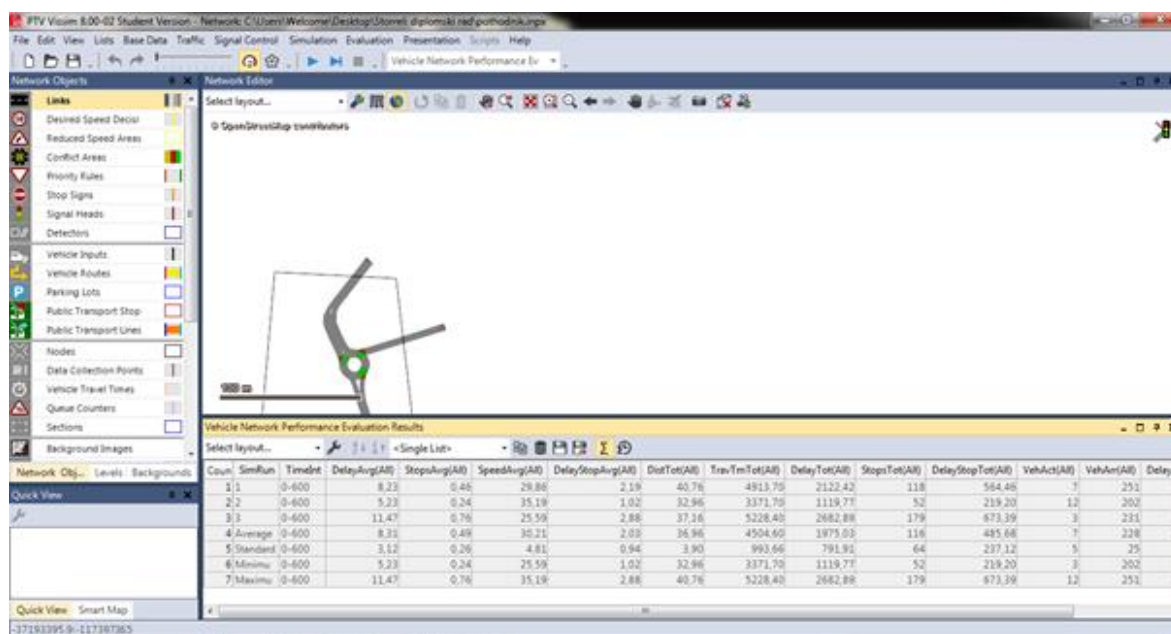
Izvor: [3]

Za analizu i usporedbu rezultata simulacije postojećeg stanja i prijedloga rješenja kao mjerodavni, izdvojeni su sljedeći podatci:

- prosječna dužina repa čekanja
- maksimalna dužina repa čekanja
- prosječno vrijeme zaustavljanja
- prosječan broj zaustavljanja

- prosječno izgubljeno vrijeme
- LOS - razina usluge

Na slici 39 prikazano je PTV Vissim sučelje prilikom izrade postojećeg stanja raskrižja.



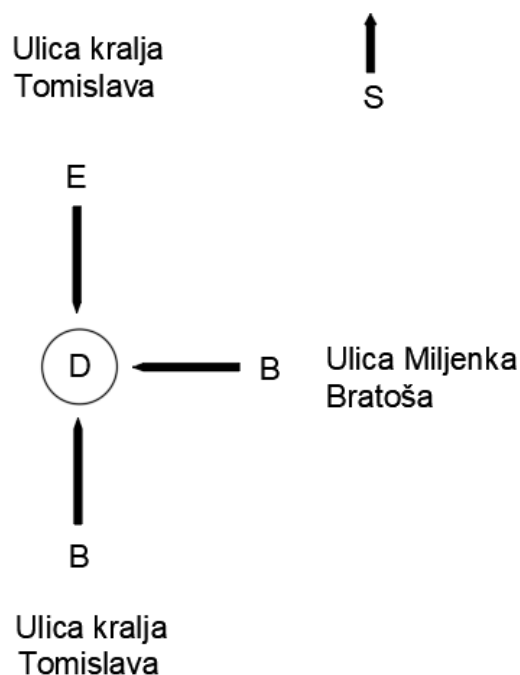
Slika 39. Simulacija postojećeg stanja raskrižja Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša

U tablici 9. i 10. prikazani su rezultati simulacije postojećeg stanja i prijedloga rješenja raskrižja. Prikazani su spomenuti podatci za svaki privoz te za cijelo raskrižje.

Tablica 9. Prikaz rezultata simulacije postojećeg stanja u programskom alatu PTV Vissim

	Prosječna dužina repa čekanja [m]	Maksimalna dužina repa čekanja [m]	Prosječno vrijeme zaustavljanja [s]	Prosječan broj zaustavljanja	Prosječno izgubljeno vrijeme [s]	LOS
Sjeverni privoz	65,14	89,41	28	4,97	69,58	E
Južni privoz	7,37	59,16	5,53	0,7	14,4	B
Istočni privoz	2,49	49,08	4,01	0,95	13,32	B
Cijelo raskrižje	25,00	89,41	14,32	2,50	36,7	D

Razina usluge - postojeće stanje



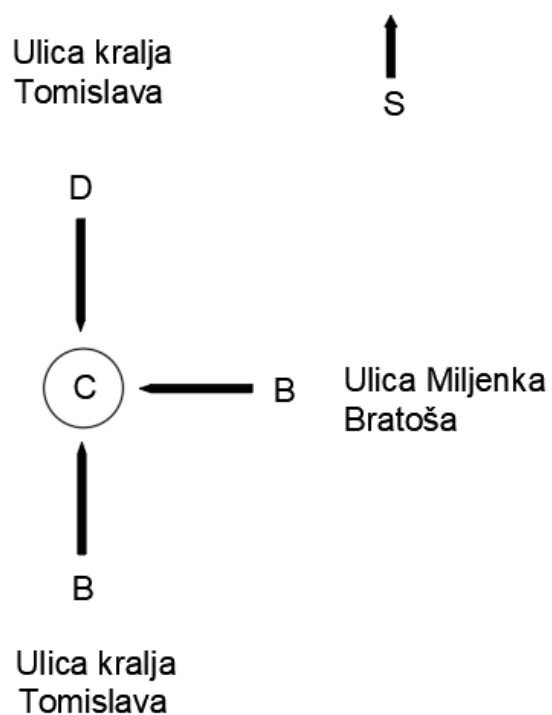
Slika 40. Razina usluge postojeće stanje

Tablica 10. Prikaz rezultata simulacije prijedloga rješenja u programskom alatu PTV Vissim

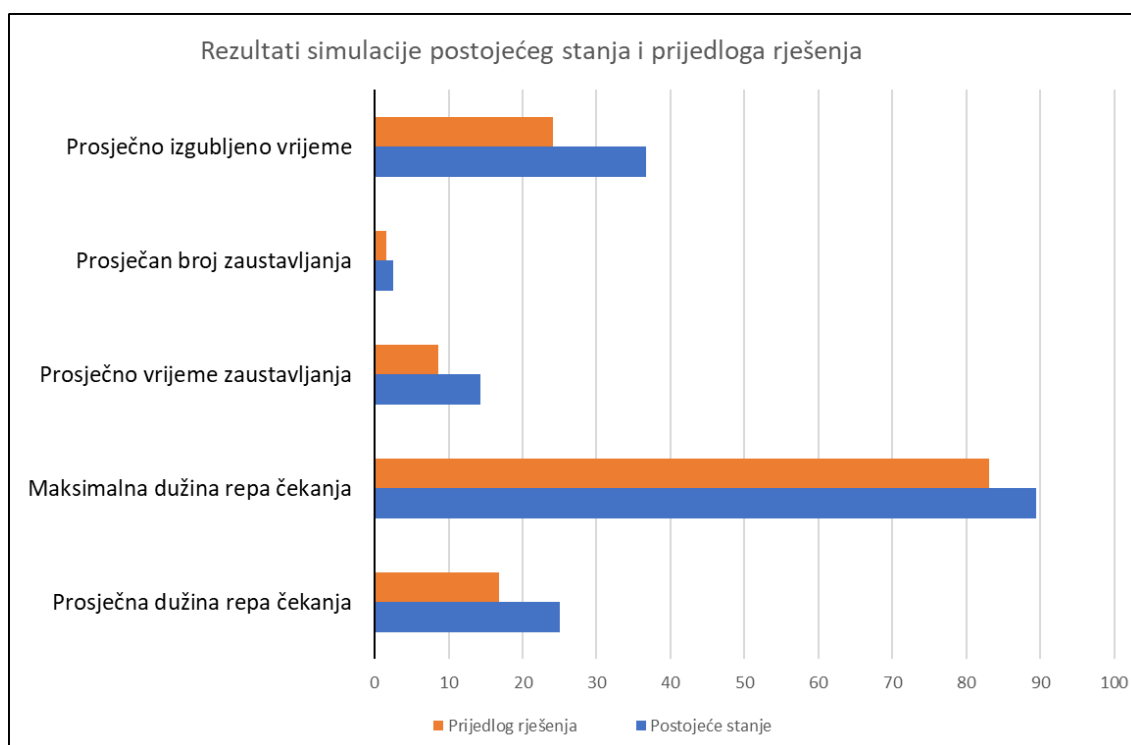
	Prosječna dužina repa čekanja [m]	Maksimalna dužina repa čekanja [m]	Prosječno vrijeme zaustavljanj a [s]	Prosječan broj zaustavljanj a	Prosječno izgubljeno vrijeme [s]	LO S
Sjeverni privoz	42,8	81,81	16,36	3,08	44,25	D
Južni privoz	6,12	52,45	3,85	0,52	11,25	B
Istočni privoz	1,53	36,52	2,94	0,705	10,41	B
Cijelo raskrižje	16,82	83,06	8,55	1,59	24,07	C

Iz tablica 9. i 10. vidljivo je kako je prijedlog rješenja značajno utjecao na sve parametre. Proječna dužina repa čekanja smanjila se na svim privozima, a samim time i za cijelo raskrižje sa 25 na 16.82 sekundi. Razina usluge za postojeće stanje prema izlaznim podaci simuliranog raskrižja iznosi D, dok za prijedlog rješenja iznosi C.

Razina usluge - prijedlog rješenja



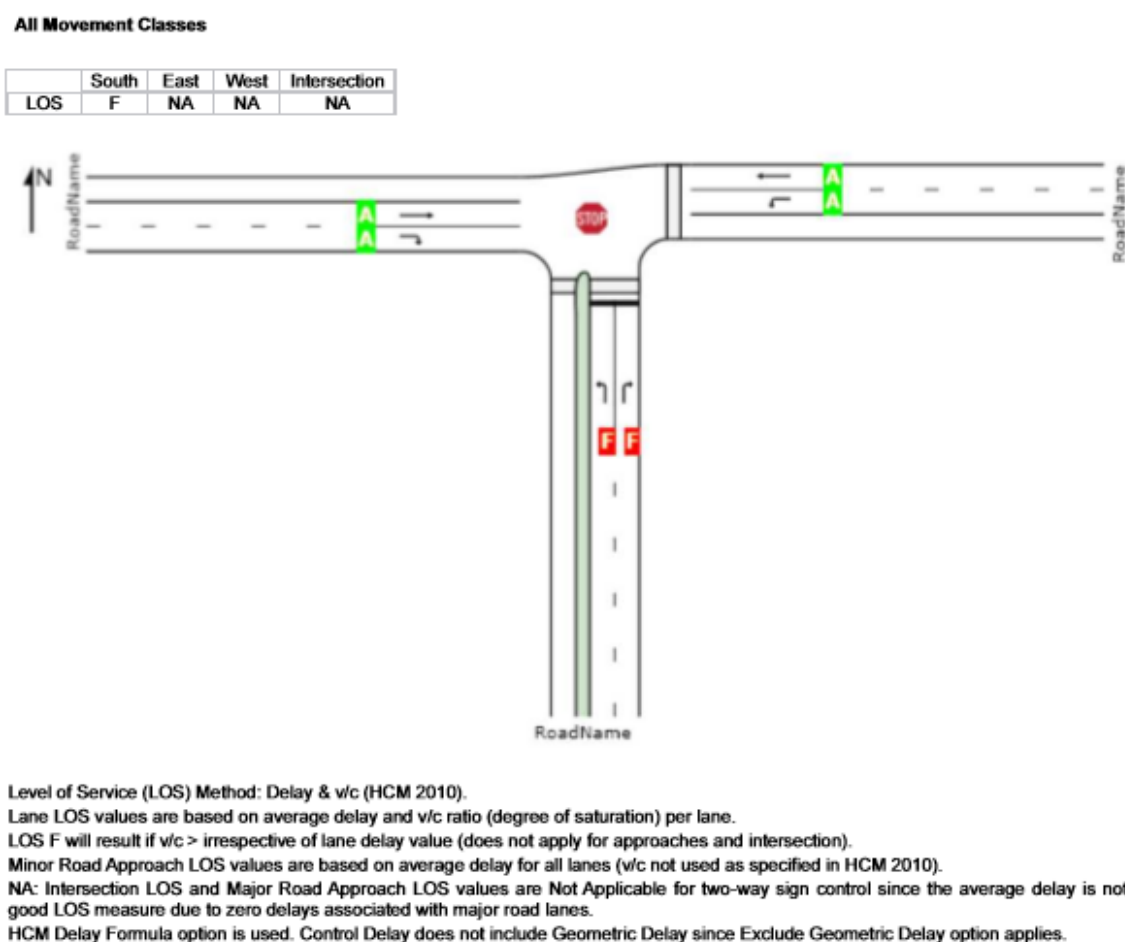
Slika 41. Razina usluge prijedlog rješenja



Grafikon 1. Rezultati simulacije postojećeg stanja i prijedloga rješenja

7.2 Simulacija i evaluacija postojećeg stanja Raskrižja „3“

U nastavku će biti prikazani rezultati simulacije u programskim alatu Sidra Intersection za postojeće stanje i prijedlog rješenja trokrakog raskrižja. Na slici 42 prikazana je razina usluge za postojeće stanje spomenutog raskrižja koja je izrađena u programskom alatu Sidra Intersection.

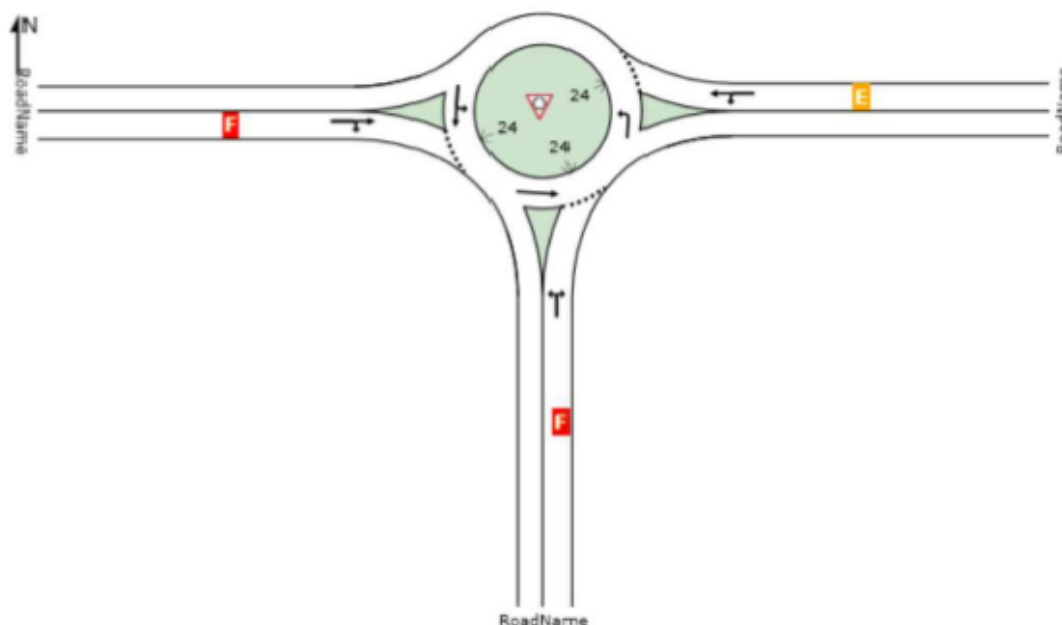


Slika 42. Prikaz razine usluge za postojeće stanje u programskom alatu Sidra Intersection

Na slici 42 vidljiv je spomenuti problem priključivanja vozila sa sporednog privoza na glavni privoz. Razina usluge na sporednim privozu je F, dok je na glavnom na svim privozima A. Spomenuti problem probat će se ukloniti rekonstrukcijom klasičnog trokrakog raskrižja u raskrižje s kružnim tokom prometa.

All Movement Classes

	South	East	West	Intersection
LOS	F	E	F	F



Level of Service (LOS) Method: Delay & v/c (HCM 2010).

Roundabout LOS Method: Same as Sign Control.

Lane LOS values are based on average delay and v/c ratio (degree of saturation) per lane.

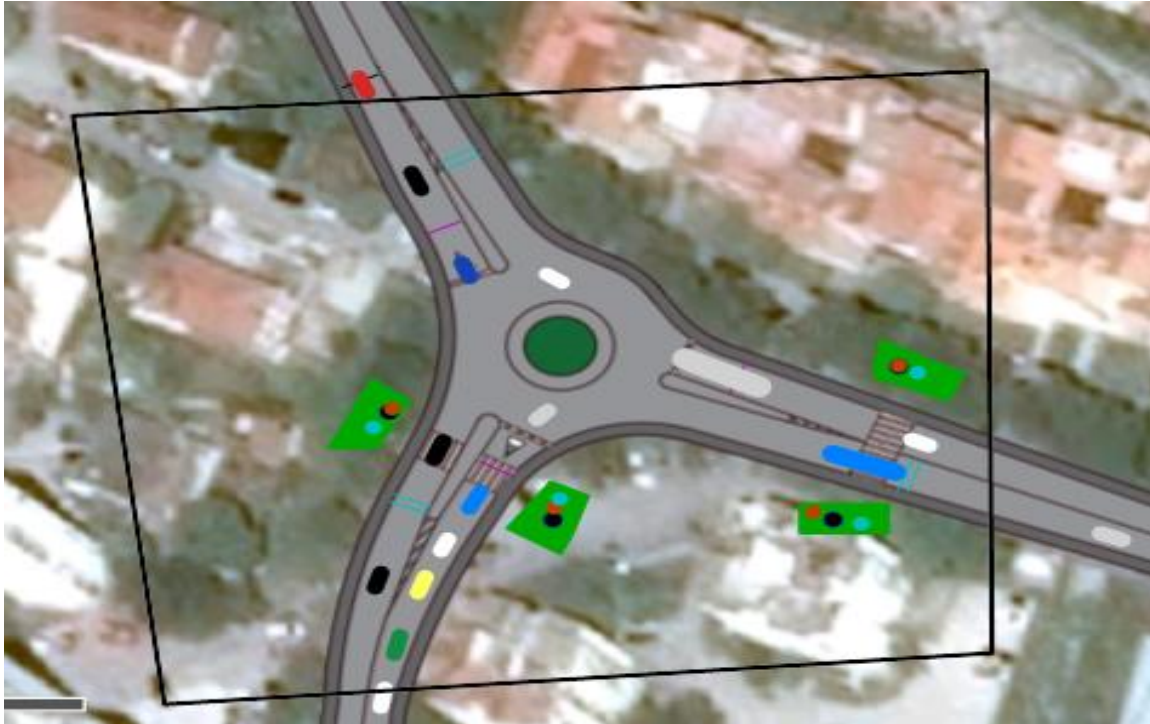
LOS F will result if v/c > irrespective of lane delay value (does not apply for approaches and intersection).

Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes (v/c not used as specified in HCM 2010).

HCM Delay Formula option is used. Control Delay does not include Geometric Delay since Exclude Geometric Delay option applies.

Slika 43. Prikaz razine usluge za prijedlog rješenja u programskom alatu Sidra Intersection

Na slici 43 prikazana je razina usluge za prijedlog rješenja u programskom alatu Sidra Intersection. Razina usluge na sporednom privozu ostala je F, dok se na glavnom privozu znatno smanjila. Na temelju ovih podataka može se zaključiti da raskrižje s kružnim tokom prometa nije riješilo problem sporednog privoza, već je negativno utjecalo i na glavnom privozu kojemu se smanjila propusna moć. Raskrižje s kružnim tokom prometa pozitivno utjecalo je na smirivanje prometa i na povećanje sigurnosti. Izrađena je i simulacija u PTV Vissimu koja je prikazana na slici 44.



Slika 44. Simulacija prijedloga rješenja raskrižja Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića

8. Zaključak

Raskrižja su mjesta na prometnoj mreži koja najviše utječu na propusnu moć neke analizirane dionice te je samim time potrebno konstantno tražiti neka bolja rješenja postojećih raskrižja. Optimizacijom prometnih tokova u raskrižju dolazi do povećanja propusnosti raskrižja te povećanja sigurnosti odvijanja prometa u njemu. Razvojem tehnologije i simulacijskih programa zadnjih desetljeća, znatno je olakšano traženje optimalnog rješenja za svako raskrižje. Simulacijski programi omogućuju da se nakon projektiranja više varijanti raskrižja, simulacijom i evaluacijom, dobiju izlazni podaci te njihovom usporedbom najbolje rješenje.

Mjere poboljšanja prometno-tehničkih i sigurnosnih elemenata raskrižja predložena su za četiri raskrižja na području grada Dubrovnika. Za raskrižja „2“ i „4“ predložene su rekonstrukcije u vidu proširenja prometnih traka, povećavanje preglednosti, izgradnja nogostupa i pješačkih prijelaza te postavljanje odgovarajuće vertikalne i horizontalne signalizacije. Na raskrižje „1“ problem je veliki pješački tok koji znatno utječe na propusnu moć raskrižja. Zbog nedostatka drugih rješenja predložena je izgradnja pothodnika za pješake. Raskrižje „3“ je trokrako raskrižje kojemu su glavni problem nedovoljne vremenske praznine na sporednom privozu zbog dominantnog glavnog privoza. Prijedlog rješenja je raskrižje s kružnim tokom prometa koje se prema izlaznim podacima simulacije nije pokazalo kao dobro rješenje.

Analiza prijedloga rješenja izvršena je mikrosimulacijskom programu PTV Vissim i programskom alatu Sidra Intersection. Dobiveni su podaci o razinama usluge za analizirana raskrižja iz kojih se može zaključiti je li se nakon predloženih mjera poboljšanja na raskrižjima osigurala veća razina usluge te brže i sigurnije odvijanje prometa. Na raskrižju „1“ predloženo prometno rješenje znatno je utjecalo na povećanje propusne moći raskrižja. Razina usluge raskrižja postojećeg stanje je D, dok je prijedloga rješenja C. Prijedlog rješenja na raskrižju „3“ nije uklonilo prometni problem na sporednom privozu. Razina usluge na glavnom privozu smanjila se u odnosu na postojeće stanje, dok je na sporednom privozu ostala ista.

Literatura

- [1] Legac, I.: Javne ceste/Cestovne prometnice I. Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [2] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta/Cestovne prometnice II., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
- [3] Interna skripta za izradbu seminarskog rada/ Cestovne prometnice II, Doc. dr. sc. Dubravka Hozjan, dipl. ing. Luka Novačko, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.
- [4] Pilko, H.: Optimiziranje oblikovne i sigurnosne komponente raskrižja s kružnim tokom prometa (doktorska disertacija), Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2014.
- [5] Brlek, P.; Dadić, I.; Šoštarić, M.: Prometno tehnološko projektiranje (autorizirana predavanja), Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.
- [6] Zakon o cestama, „Narodne novine“, broj 92/14
- [7] Perović. V:Prometna tehnika 2, Škola za cestovni promet, Zagreb, 2005
- [8] <https://www.google.hr/maps>, 08.2017
- [9] <http://www.promel.hr/images/dubrovnik2/index.html>
- [10]https://www.dubrovnik.hr/uploads/20161216/Integrirano_upravljanje_pje%C5%A1cima_i_vozilima_u_povijesnoj_jezgri_i_kontaktnoj_zoni_Grada_Dubrovnika.pdf
- [11] PTV Vissim user manual
- [12] SIDRA SOLUTIONS: SIDRA INTERSECTION User Guide, Akcelik&AssociatesPtyLtd , Greythorn Victoria, Australia, 2012.

Popis slika

Slika 1. Raskrižje u razini	8
Slika 2. Oblikovanje trakova za skretanje ulijevo.....	9
Slika 3. Oblikovanje trakova za skretanje udesno.....	10
Slika 4. Raskrižje s kružnim tokom prometa	11
Slika 5. Geografski smještaj Grada Dubrovnika.....	13
Slika 6. Prometno opterećenje iz 2011 godine.....	16
Slika 7. Splitski put - V. Nadzora, postojeće stanje	17
Slika 8. Splitski put - V. Nadzora.....	18
Slika 9. Područje obuhvata modela upravljanja	19
Slika 10. Položaj analiziranih raskrižja u prometnoj mreži grada Dubrovnika.....	20
Slika 11. Raskrižje Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša	21
Slika 12. Raskrižje Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša	22
Slika 13. Raskrižje Riječka ulice i Ulice Vatroslava Lisinskog, zapadni privoz.....	23
Slika 14. Raskrižje Riječka ulice i Ulice Vatroslava Lisinskog, sjeverni privoz.....	23
Slika 15. Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića, južni privoz	24
Slika 16. Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića, istočni privoz	25
Slika 17. Prikaz pješačkog prijelaza i autobusnog stajališta	25
Slika 18. Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse, istočni privoz.....	26
Slika 19. Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse, sjeverni privoz.....	27
Slika 20. Primjer brojačkog listića	30
Slika 21. Raskrižje Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša postojeće stanje	36
Slika 22. Grafički prikaz prometnih tokova	37
Slika 23. Signalni plan	38
Slika 24. Prijedlog rješenja.....	39
Slika 25. Primjer pothodnika.....	40
Slika 26. Primjer rampe za osobe s invaliditetom	41
Slika 27. Raskrižje Riječka ulice i Ulice Vatroslava Lisinskog postojeće stanje	42
Slika 28. Grafički prikaz prometnih tokova	43
Slika 29. Raskrižje Riječka ulice i Ulice Vatroslava Lisinskog prijedlog rješenja.....	44
Slika 30. Trajektorije teretnog vozila izrađene programskim alatom autoTURN	45
Slika 31. Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića postojeće stanje.....	46
Slika 32. Grafički prikaz prometnih tokova	46

Slika 33. Raskrižje Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića prijedlog rješenja	47
Slika 34. Trajektorije teretnog vozila izrađene programskim alatom AutoTURN	48
Slika 35. Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse postojeće stanje	49
Slika 36. Grafički prikaz prometnih tokova	49
Slika 37. Raskrižje Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse prijedlog rješenja	50
Slika 38. PTV Vissim sučelje	51
Slika 39. Simulacija postojećeg stanja raskrižja Ulice kralja Tomislava i Ulice Miljenka Bratoša	53
Slika 40. Razina usluge postojeće stanje	54
Slika 41. Razina usluge prijedlog rješenja	55
Slika 42. Prikaz razine usluge za postojeće stanje u programskom alatu Sidra Intersection ..	56
Slika 43. Prikaz razine usluge za prijedlog rješenja u programskom alatu Sidra Intersection.	57
Slika 44. Simulacija prijedloga rješenja raskrižja Ulice dr. Ante Šercera i Ulice Iva Vojnovića	58

Popis tablica

Tablica 1. Prikaz stručnih pojmova.....	6
Tablica 2. Razina uslužnosti na raskrižjima.....	17
Tablica 3. Brojanje prometa Ulica kralja Tomislava i Ulica Miljenka Bratoša, sjeverni, južni i istočni privoz, popodnevni vršni sat.....	31
Tablica 4. Brojanje prometa Riječka ulica i Ulica Vatroslava Lisinskog, zapadni i istočni privoz, popodnevni vršni sat	32
Tablica 5. Brojanje prometa Riječka ulica i Ulica Vatroslava Lisinskog, južni i sjeverni privoz, popodnevni vršni sat	33
Tablica 6. Brojanje prometa Ulica dr. Ante Šercera i Ulica Iva Vojnovića, zapadni, sjeverni i južni privoz, popodnevni vršni sat	34
Tablica 7. Brojanje prometa Masarykov put i Ulice Žrtava s Dakse, sjeverni, zapadni i istočni privoz, popodnevni vršni sat	35
Tablica 8. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena kašnjenja.....	52
Tablica 9. Prikaz rezultata simulacije postojećeg stanja u programskom alatu PTV Vissim .	53
Tablica 10. Prikaz rezultata simulacije prijedloga rješenja u programskom alatu PTV Vissim	54

Popis grafikona

Grafikon 1. Rezultati simulacije postojećeg stanja i prijedloga rješenja	55
--	----

Popis priloga

Prilog 1. Prijedlog rekonstrukcije raskrižja s kružnim tokom prometa.....	66
Prilog 2. Prijedlog izgradnje raskrižja s kružnim tokom prometa.....	67

Prilog 1. Prijedlog rekonstrukcije raskrižja s kružnim tokom prometa

Prilog 2. Prijedlog izgradnje raskrižja s kružnim tokom prometa