

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Šimun Petar Rožić

**PRIJEDLOZI RJEŠENJA ZA OPTIMIZACIJU PROMETNIH TOKOVA U PROMETNOM
SUSTAVU GRADA DUGOG SELA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.



Sveučilište u Zagrebu
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb
DIPLOMSKI STUDIJ

Diplomski studij: Promet
Zavod: Zavod za prometno planiranje
Predmet: Prometno tehnološko projektiranje

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

Pristupnik: Šimun Petar Rožić
Matični broj: 0135214174
Smjer: Cestovni

ZADATAK:

Prijedlozi rješenja za optimizaciju prometnih tokova u prometnom sustavu grada Dugog Sela

ENGLESKI NAZIV ZADATKA:

Preliminary Solutions for Optimization of Traffic Streams of Traffic System in City of Dugo
Selo

Zadatak uručen pristupniku:
12. travnja 2016.

Nadzorni nastavnik:

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Djelovođa:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**Prijedlozi rješenja za optimizaciju prometnih tokova u prometnom sustavu grada Dugog
Sela**

**Preliminary solutions for optimization of traffic streams of traffic system in city of Dugo
Selo**

Mentor: Dr.sc. Marko Šoštarić

Student: Šimun Petar Rožić, 0135214174

Zagreb, rujan 2016.

PRIJEDLOZI RJEŠENJA ZA OPTIMIZACIJU PROMETNIH TOKOVA U PROMETNOM SUSTAVU

GRADA DUGOG SELA

SAŽETAK

Svrha istraživanja je utvrditi osnovne probleme u prometnom sustavu grada Dugog Sela te izraditi skice idejnih rješenja za eliminaciju tih problema. Primarni cilj ovog istraživanja je izraditi prikaz postojećih prometnih tokova na prometnoj mreži grada Dugog Sela, utvrditi nedostatke u postojećem stanju te predložiti skice idejnih rješenja za unaprijeđenje postojećeg stanja. Za područje analize je izrađen makroskopski model prometnih tokova, a ulazni podatci za modeliranje dobiveni su brojanjem kućanstava i vozila. Model je zadovoljio statističke pokazatelje i s više nego prihvatljivom točnošću prikazuje postojeće stanje prometnih tokova u prometnom sustavu. Na temelju analize postojećeg opterećenja i kapaciteta kritičnih dijelova prometne mreže predložene su skice kratkoročnih i dugoročnih idejnih rješenja za optimizaciju prometnog sustava i opisane su promjene koje bi ista rješenja donijela sustavu.

KLJUČNE RIJEČI: razina usluge; model; putovanja

PRELIMINARY SOLUTIONS FOR OPTIMIZATION OF TRAFFIC STREAMS OF TRAFFIC SYSTEM

IN CITY OF DUGO SELO

SUMMARY

The purpose of the study is to determine the basic problems in the transport system of Dugo Selo and make sketches of concept designs for the elimination of these problems. The primary objectives of this research is to develop a scheme of existing traffic flows on the transport network of Dugo Selo, identify gaps in the current situation and propose a sketch preliminary designs for the improvement of the current situation. In the area of analysis was created macroscopic model of traffic flow, and input data for modeling were obtained by counting households and vehicles. The model has met the statistical indicators and with more than reasonable accuracy it shows the current situation of traffic flow in the traffic system. Based on analysis of the current load and capacity of critical parts of the transport network, drafts of short-term and long-term design solutions are proposed to optimize the transport system and resulting changes in system based on those solutions are described.

KEY WORDS: level of service; model; trips

Sadržaj

1	UVOD	1
2	ULAZNI PODATCI ZA MODELIRANJE POSTOJEĆEG STANJA	2
3	IZRADA MODELA PROMETNIH TOKOVA GRADA DUGOG SELA	11
4	ANALIZA I OCJENA POSTOJEĆEG STANJA PROMETNIH TOKOVA.....	18
5	DETektiranje problema u prometnom sustavu	27
6	PRIJEDLOZI IDEJNIH RJEŠENJA ZA POBOLJŠANJE SUSTAVA	31
7	ZAKLjučak.....	33
	POPIS LITERATURE.....	34
	POPIS ILUSTRACIJA	35
	Popis slika	35
	Popis tablica	35

1 UVOD

Grad Dugo Selo nalazi se u Zagrebačkoj županiji. Naznačajnije obilježje geografskog položaja Zagrebačke županije je činjenica da ona predstavlja najbližu prostornu periferiju metropole, Grada Zagreba. Grad Dugo Selo nalazi se u istočnom dijelu Zagrebačke županije, a udaljen je 20 km od administrativnog središta županije – Zagreba. Na sjeveru graniči s gradom Zagrebom, na istoku s općinom Brckovljani, a na jugu s općinom Rughvica.

U usporedbi s podatcima iz posljednjih dvaju popisa stanovništva 2001. i 2011. godine, broj stanovnika na području Dugog Sela se povećao za 20,95%, te je tada iznosio 17.466 stanovnika, dok je prema procjenama za 2015. godinu na području grada živjelo 23.000 stanovnika.

Glavna okosnica cestovnog prometa Dugog Sela je županijska cesta na potezu Zagreb-Dugo Selo-Vrbovec i županijska cesta Dugo Selo-Rughvica s priključkom na čvor Rughvica na autocesti A3.

Primarni cilj ovog istraživanja je izraditi prikaz postjećih prometnih tokova na prometnoj mreži Grada Dugog Sela, utvrditi nedostatke u postojećem stanju te predložiti projektna rješenja za unaprijeđenje postojećeg stanja. Kao očekivani rezultat istraživanja mogu se navesti aplikativna prometna rješenja kojima je moguće unaprijediti stanje prometnog sustava na području Grada Dugog Sela.

Tematika je izložena u 8 poglavlja:

1. Uvod
2. Ulazni podatci za modeliranje postojećeg stanja
3. Izrada modela prometnih tokova grada Dugog Sela
4. Analiza i ocjena postojećeg stanja prometnih tokova
5. Detektiranje problema u prometnom sustavu
6. Prijedlozi idejnih rješenja za poboljšanje sustava
7. Zaključak

2 ULAZNI PODATCI ZA MODELIRANJE POSTOJEĆEG STANJA

Ulagni podatci za izradu modela postojećeg stanja prijevozne potražnje dijele se na tri osnovne vrste:

1. Obrasci ponašanja stanovništva s područja analize odnosno putnika (kvantificiranje prijevozne potražnje)
2. Mrežni model
3. Model korištenja zemljišta

Podatci o prijevoznoj potražnji na području analize mogu se prikupiti na nekoliko načina. Prvi je način korištenje prijašnjih prometnih istraživanja za dotično područje (ako ista postoje) te analiziranje lokalnih različitosti unutar područja istraživanja. Rezultati postojećih istraživanja se uspoređuju s rezultatima prikupljenim za trenutnu analizu. Metode za prikupljanje podataka u prometnom modeliranju su:

1. Anketiranje kućanstava
2. Anketiranje tvrtki
3. Anketiranje vozača
4. Brojanje vozila
5. Brojanje ljudi¹

Anketiranje kućanstava predstavlja istraživanje koje za cilj ima određivanje obrasca putovanja pojedinca. Većina anketa prikuplja informacije o pojedincu (socijalno-ekonomske, demografske itd.), njihovim kućanstvima (veličina, struktura, odnosi) i dnevnik njihovih putovanja za određeni dan (izvorišna i odredišna lokacija, početno i završno vrijeme putovanja, transportni mod ili transportne modove kojima su se koristili za putovanje, broj suputnika i svrha putovanja). Veliko anketiranje putovanja provodi se na područjima brojnih svjetskih metropola jednom u deset godina.²

Anketiranje tvrtki odnosi se na prijevozne kompanije koje se bave prijevoznom dobara i ljudi. To može biti anketiranje primjerice kompanije za javni gradski prijevoz putnika ili kompanije koja se bavi prijevozom građevinskih sirovina. Anketiranje se može odnositi na samu tvrtku kako bi se prikupili podatci o tome koliko primjerice putnika koristi njihove

¹ PTV VISUM Webinar: Masterplanning with PTV Visum (6:41)

² https://en.wikipedia.org/wiki/Travel_survey

usluge ili na anketiranje samih putnika kako bi se utvrdio stupanj zadovoljstva razinom usluge prijevozne kompanije.³

Anketiranje vozača odnosi se na kratke intervjuje koji se odvijaju uz samu cestu, a prilikom intervjeta vozilo je potrebno zaustaviti radi provođenja iste. Na temelju ankete saznaje se svrha putovanja, izvorište, odredište i ruta. Glavni cilj ovog anketiranja je prikupiti podatke koje je nemoguće prikupiti prilikom anketiranja kućanstava a to su podatci o tranzitnom prometu na području analize.⁴

Brojanje vozila ili ljudi odnosni se na brojanje automobilskog ili pješačkog prometa, koje se provodi na određenom odsječku ceste, točki ili raskrižju. Brojanje prometa se najčešće provodi automatski (induktivna petlja, kamera) ili ručno od strane promatrača koji vizualno broji promet i bilježi rezultate na električkom uređaju ili brojačkom listiću. Rezultati brojanja prometa koriste se za određivanje najčešće korištenih ruta, te za unapređenje te prometnice ili za pružanje alternativne prometnice kako bi se prva rasteretila u slučaju prekomjerne količine prometa.⁵

U ovom radu, kao ulazni podatci za modeliranje prijevozne potražnje koristit će se brojanje vozila. Razlog tome je što je brojanje prometa najmanje komplikirano za provesti te treba najmanje ljudstva i finansijskih sredstava u odnosu na ostale nabrojene metode prikupljanja ulaznih podataka.

Kako je rezultat brojanja prometa neophodna polazišna točka za izradu modela evaluacije izvorišno-odredišne matrice putovanja, ali i ključni element pri kalibriranju i validaciji modela, potrebno je prikupiti podatke o prometnim opterećenjima na sljedećim lokacijama:

1. Sve ulazne/izlazne ceste na području analize – na ovaj način se dobiva veliki udio prometnog opterećenja gradskog područja i podatci o tranzitnom prometu
2. Ulazi/izlazi iz posebnih zona velikih atraktora i produktora putovanja (osnovne i srednje škole, bolnice, klinike, fakulteti, tvornice, administrativna gradska središta, poslovne zone, zračne luke, trgovački centri, parkirališta i garaže, transportni terminali, veliki rekreativni centri i parkovi itd.)

³ PTV VISUM Webinar: Masterplanning with PTV Visum (6:41)

⁴ Novačko, L.: skripta iz kolegija „Prometno modeliranje u cestovnom prometu“, str.26.

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_count

3. Ulazi/izlazi iz tipičnih stambenih zona (gradski centar, periferija, stanovi, kuće – stara gradnja i novogradnja) kako bi se utvrdili različiti faktori produkcije i atrakcije putovanja za različite stambene zone
4. Križanja prometnih tokova velikih intenziteta zbog kalibriranja modela
5. Križanja veznih i sabirnih cesta zbog kalibriranja i validacije modela
6. Nekoliko nezavisnih lokacija radi usporedbe modeliranog prometnog opterećenja i stvarnog utvrđenog brojanjem⁶

Rezultati prikupljanja podataka na terenu za potrebe izrade modela u ovom radu nalaze se u sljedećim tablicama.

Tablica 1. Broj vozila na ulazno/izlaznim cestama područja analize u vremenu 07:30-08:30 sati

Broj	Adresa brojanja	Ulaz	Izlaz
1	Zagrebačka 223, Dugo Selo	359	544
2	Rugvička 138, Dugo Selo	166	250
3	Bože Huzanića 125, Puhovo	18	10
4	Zagrebačka 126, Leprovica	47	32
5	Zagrebačka 1, Lukarišće	353	277
6	Dvoriška 56, Donje Dvorišće	2	2
7	Prozorska 274, Prozorje	12	20

Tablica 2. Broj vozila koji ulaze/izlaze iz zona velikih atraktora i produktora u vremenu 07:30-08:30 sati

Ulazi/izlazi velikih atraktora i produktora			
Broj	Naziv	Ulaz	Izlaz
1	Dom zdravlja	90	81
2	Industrijska zona	50	220
3	Kolodvor	61	50
4	Konzum	57	43
5	Billa	43	28
6	Plodine	63	51
7	Lidl	43	36
8	Kaufland	63	59
9	Općina	55	43

⁶ Časopis „Promet – Traffic&Transportation“, Vol. 26, 2014, No. 5, str. 420

Tablica 3. Broj vozila koji ulaze/izlaze iz tipičnih stambenih zona na području analize u vremenu 07:30-08:30 sati

Ulazi/izlazi iz tipičnih stambenih zona			
Broj	Naziv	Ulaz	Izlaz
1	Kopčevac	144	173
2	Puhovo	75	84
3	Velika Ostrna	105	109
4	Andrilovec	23	23
5	Donje Dvorišće	13	11
6	Prozorje	36	48
8	Domobranska	87	101
9	Centar	276	254

Tablica 4. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati

Josipa Zorića-Zagrebačka-Osječka-Kolodvorska				
Sat	Smjer	OA	HGV	LGV
07:30-08:30	1-2	-	-	-
	1-3	-	-	-
	1-4	-	-	-
	3-1	23	0	1
	3-2	16	0	0
	3-4	75	1	5
	4-1	90	0	0
	4-2	231	19	46
	4-3	83	0	7
	2-1	104	1	11
	2-3	39	0	5
	2-4	347	19	44

Tablica 5. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati

Zagrebačka-Josipa Predavca				
Sat	Smjer	OA	HGV	LGV
07:30-08:30	1-2	57	2	1
	1-4	46	1	3
	2-1	32	0	0
	2-4	479	20	52
	4-1	32	2	5
	4-2	390	12	49

Tablica 6. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati

Josipa Zorića-Hrvatskih branitelja				
Sat	Smjer	OA	HGV	LGV
07:30-08:30	1-2	59	1	4
	1-4	42	1	7
	4-1	17	1	5
	4-2	301	12	38
	2-1	69	2	0
	2-4	394	16	50

Tablica 7. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati

Josipa Zorića-Oborovska				
Sat	Smjer	OA	HGV	LGV
07:30-08:30	1-2	44	0	14
	1-4	25	0	4
	4-2	449	36	44
	4-1	27	0	7
	2-4	530	27	70
	2-1	122	2	24

Tablica 8. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati

Zagrebačka-A. I B. Božikovića				
Sat	Smjer	OA	HGV	LGV
07:30-08:30	1-2	85	0	0
	1-4	27	0	0
	4-2	326	14	40
	4-1	14	0	0
	2-4	403	20	60
	2-1	103	0	0

Tablica 9. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati

Zagrebačka-Kaufland				
Sat	Smjer	OA	HGV	LGV
07:30-08:30	1-2	39	0	0
	1-4	15	0	0
	4-2	287	13	43
	4-1	9	0	0
	2-4	390	20	54
	2-1	40	0	0

Nezavisne lokacije koje služe za kalibraciju i validaciju modela nalaze se u tehničkom prilogu diplomskom radu.

Prijevozna ponuda transportne mreže opisuje se mrežnim modelom koji se sastoji od raznih mrežnih objekata. Osnovni mrežni objekti od kojih se sastoji svaki mrežni model su sljedeći:

1. Transportni sustavi
2. Transportni modovi
3. Segmenti potražnje
4. Čvorovi i skretanja
5. Linkovi

Prijevozna ponuda sastoji se od nekoliko transportnih sustava. Svaka prometnica u prometnoj mreži ima atribut koji sadrži informaciju o dopuštenim/mogućim transportnim sustavima. Tako primjerice određeni linkovi mogu biti otvoreni za transportne sustave „bicikl“ i „automobil“, a zatvoreni za „HGV“ (teška teretna vozila). Transportni sustavi se općenito dijele na privatne i javne.

Transportni modovi pripadaju transportnim sustavima. Privatni transportni sustavi najčešće imaju modove osobni automobil, HGV, bicikl i pješačenje dok javni transportni sustavi uključuju autobus, tramvaj, vlak, metro, taxi, uspinjaču, žičaru itd.

Svaki segment prijevozne potražnje pripada točno jednom transportnom modu i predstavlja poveznicu između prijevozne ponude i potražnje. Potražnja se može segmentirati prema skupinama ljudi (zaposleni koji koriste osobni automobil, zaposleni koji koriste javni prijevoz, studenti koji koriste javni prijevoz itd.), vrstama prijevoznih karata (korisnici dnevnih prijevoznih karata, korisnici mjesecnih ili godišnjih prijevoznih karata), svrsi putovanja (posao, kupovina, kuća, rekreacija itd.), vrstama vozila (vozila pogonjena dizel ili Otto motorima).

Čvorovi predstavljaju osnovne elemente mrežnog modela, a označavaju lokacije raskrižja unutar prometne mreže te početnu i završnu točku linka. Osnovne vrste upravljanja prometom unutar čvorova su prometni znakovi i upravljanje svjetlosnom signalizacijom. Za svaki čvor moguće je definirati glavni prometni tok odabirom smjera toka s pravom prolaska kroz raskrižje. Za svaki čvor može se zasebno odrediti impedancija koja ima utjecaj na odabir

rute i na asignaciju prijevozne potražnje na mrežu. Osim navedenog, za svaki čvor je nužno definirati dozvoljena skretanja koja predstavljaju dozvoljene manevre u raskrižju. Moguće je dozvoliti određenom modu prijevoza određeno skretanje, a drugom modu to isto skretanje zabraniti.

Linkovi predstavljaju ceste u transportnoj mreži. Oni povezuju čvorove odnosno raskrižja. Svaki link ima definirana dva suprotna smjera koji se mogu zasebno uređivati. Za svaki smjer se definiraju transportni sustavi kojima je dopušteno kretanje linkom. Na taj način je moguće jedan smjer linka zatvoriti za sve transportne sustave i na taj način se dobije model jednosmjerne ceste. Osim navedenog za svaki link moguće je definirati kapacitet, dopuštenu brzinu slobodnog toka, minimalnu brzinu, broj prometnih trakova itd.⁷

Model prometne mreže za potrebe ovog rada izrađen je u programskom alatu PTV Visum. Mrežni elementi se mogu kreirati jedan po jedan ručno ili uvozom gotove mreže s nekog od Internet izvora. U ovom slučaju kompletna prometna mreža grada Dugog Sela je uvezena s web stranice <https://www.openstreetmap.org/>. Preinake na uvezenoj mreži su napravljene u transportnim sustavima, modovima prijevoza i segmentima potražnje te na čvorovima i linkovima kako bi model mreže što točnije odgovarao stanju na terenu i potrebama analize ovog rada.

Za područje analize definiran je samo privatni transportni sustav jer se za potrebe analize gradova veličine Dugog Sela može zanemariti utjecaj javnog prijevoza za potrebe ovog rada.

Za svaki transportni sustav definiran je po jedan mod prijevoza i jedan segment prijevozne potražnje istog naziva kao i transportni sustav.

Model korištenja zemljišta nam pruža vrlo važne informacije o stanovništvu, a detaljni modeli imaju podjelu stanovništva po grupama (zaposleni s automobilom, zaposleni bez automobila, dobna struktura stanovništva, broj kućanstava itd.). Podatci o stanovništvu su od ključne važnosti jer stanovnici generiraju putovanja zbog aktivnosti koje moraju obavljati svakodnevno, a koje su prostorno udaljene od njih. Osim produkcije, model korištenja zemljišta nam pruža informacije o lokacijama koje privlače putovanja i gdje su najvažnije

⁷ PTV VISUM 15 Manual, str. 42.-55.

lokacije radnih mesta. Ostale lokacije koje privlače putovanja su trgovine, parkovi, rekreacijske ustanove itd.⁸

Sastavne jedinice modela korištenja zemljišta su zone. Zoniranje ili raspodjela promatranog područja na prometne zone koristi se za okrupnjavanje individualnih kućanstava i drugih prostora u homogene skupine radi lakšeg korištenja u prometnom modeliranju. Zone ili prometne čelije predstavljaju izvorišta i odredišta kretanja (potražnje). To znači da svako putovanje započinje u zoni i završava u drugoj zoni. Zone povezuju prometnu ponudu (mrežni model s čvorovima i linkovima) i prijevoznu potražnju (u obliku matrica prijevozne potražnje koje sadrže potražnju (putovanja) svih izvorišno-odredišnih parova u modelu).

Svaka zona ima svoje granice koje predstavljaju njezinu prostornu komponentu. U mrežnom modelu, sve aktivnosti zone su koncentrirane u centroidu zone. Iz centroida se putovanja iz matrice prijevozne potražnje „pretaču“ u prometnu mrežu. Svaka zona mora biti povezana s konektorom na minimalno jedan čvor.

Veličina zone ovisi o razini detaljnosti modela. Zone općenito opisuju položaj proizvoda i atraktora putovanja (primjerice stambena četvrt, radna mjesta, trgovački centri, obrazovne ustanove itd.). Strukturni podatci kao što su broj stanovnika, broj radnih mesta ili broj škola, pohranjeni su u zonama i koriste se za izračun prijevozne potražnje kao ulaznog podatka.

Konektori povezuju zone s prometnom mrežom. Svaka zona mora biti povezana s minimalno jednim izvorišnim konektorom i odredišnim konektorom na mrežu radi asignacije putovanja. Zona može biti povezana s mrežom preko neograničenog broja konektora. Konektor može imati slobodnu i proporcionalnu distribuciju putovanja u mrežu.⁹

Najteži problem je asignacija generiranih i atraktiranih putovanja za pojedinu zonu bez provođenja anketiranja kućanstava. Kao atributi svake zone uzimaju se broj kuća i broj stanova, za ulazne podatke pod-modela generiranja putovanja. Broj kuća se određuje pomoću katastarskih čestica i digitalnih ortofoto karata. Kombiniranjem ovih dvaju platformi moguće je registrirati ukupan broj katastarskih čestica; ali pošto granice čestica nisu potpuno

⁸ Webinar: Masterplanning with PTV Visum, (14:00)

⁹ PTV Visum 15 Manual, str. 58.-61.

pouzdane, koriste se digitalne ortofoto karte za verifikaciju stanja na terenu. Nakon što je obavljeno prebrojavanje kuća, u svakoj se određuje broj stanova. Ovaj podatak se prikuplja izlaskom na teren. Kada su rezultati brojanja kuća i stanova zbrojeni, dobiveni podatci se uspoređuju s podatcima rezultata popisa stanovništva.

Područje analize u diplomskom radu podijeljeno je na sveukupno 30 prometnih zona. Od toga je 7 ulazno-izlaznih zona, 13 stambenih zona i 10 zona velikih proizvođača/atraktora putovanja. Imena zona kao i njihovi atributi (broj kućanstava) nalaze se u tablicama.

Tablica 10. Popis svih zona na području analize s atributom

Broj	Tip	Naziv zone	Broj kućanstava
1	Ulazno-izlazna	Kraljevec	-
2	Ulazno-izlazna	Rugvica	-
3	Ulazno-izlazna	Črnec	-
4	Ulazno-izlazna	Obedišće	-
5	Ulazno-izlazna	Božjakovina	-
6	Ulazno-izlazna	Gornje Dvorišće	-
7	Ulazno-izlazna	Drenčec	-
8	Atraktor	Dom zdravlja	-
9	Atraktor	Industrijska zona	-
10	Atraktor	Kolodvor	-
11	Atraktor	Konzum	-
12	Atraktor	Billa	-
13	Atraktor	Plodine	-
14	Atraktor	Lidl	-
15	Atraktor	Kaufland	-
16	Kombinirana	Centar	980
17	Atraktor	Općina	-
18	Stambena	Osječka	429
19	Stambena	Gorica	292
20	Stambena	Kozinčak	1390
21	Stambena	Šaškovečka	964
22	Stambena	Puhovo	450
23	Stambena	Ostrna	1134
24	Stambena	Andrilovec	186
25	Stambena	Lukarišće	419
26	Stambena	Prozorje	567
27	Stambena	Domobranska	713
28	Stambena	Rugvička	556
29	Stambena	Centar zapad	267
30	Stambena	Kopčevec	1081

3 IZRADA MODELA PROMETNIH TOKOVA GRADA DUGOG SELA

Nukleus većine modela prijevozne potražnje je 4-stupanjski model. Ovaj model je smišljen 50-tih godina prošlog stoljeća za određivanje potražnje na prometnicama. Model se sastoji od sljedeća četiri koraka:

1. Generiranje putovanja
2. Distribucija putovanja
3. Modalna raspodjela putovanja
4. Dodjeljivanje ili asignacija putovanja

U prvom koraku u procesu modeliranja, generiranju putovanja, pomoću socio-ekonomskih podataka određuje se broj putovanja koje proizvodi prometna zona u području analize. Socio-ekonomski podatci obično uključuju populaciju, posjedovanje automobila i podatke o zaposlenosti.

Drugi korak je distribucija putovanja. Ovaj korak slijedi nakon što je poznato koliko putovanja proizvodi i privlači svaka zona jer u njemu se određuje gdje ta putovanja odlaze. Za distribuciju putovanja koristi se gravitacijski model. Ovaj korak uključuje nekoliko faktora, uključujući produkciju, atrakciju i faktor impedancije. Faktor impedancije predstavlja otpor prema putovanju, a on se temelji na udaljenosti, vremenu putovanja, trošku ili na kombinaciji navedenog. Svaki se model razlikuje po ovom pitanju.

Treći korak je modalna raspodjela. U ovom koraku se određuje postotak korištenja modova prijevoza za obavljanje putovanja između zona. Ovaj korak može biti jako složen ili vrlo jednostavan ovisno o području koje se modelira. Neki modeli imaju jednostavnu modalnu raspodjelu primjerice iz razloga što ne postoji javni prijevoz ili je slabo zastupljen.

Završni korak je dodjeljivanje putovanja na mrežu. Nakon ovog koraka dobije se opterećenje svih linkova u modelu prometne mreže u grafički i brojčano prikazanih u željeznoj jedinici (vozilima ili ljudima).¹⁰

Rezultati brojanja prometa u ulazno-izlaznim zonama te velikih produktora/atraktora putovanja predstavljat će produkciju i atrakciju tih zona. U ostalim zonama atrakcija i

¹⁰ <http://www.siliconcreek.net/transportation/introduction-to-the-four-step-travel-demand-model>

produkacija putovanja određuje se množenjem broja kućanstava s faktorima produkcije i atrakcije.

Producija ili atrakcija pojedine zone u ovom modelu određuje se na sljedeći način:

1. Za zone koje sadrže kućanstva:

$$P_i = p_k \times B_k + p_s \times B_s$$

$$A_i = a_k \times B_k + a_s \times B_s$$

Gdje je:

P_i – produkcija zone i ;

A_i – atrakcija zone i ;

p_k, p_s – faktori produkcije za kuće i stanove;

a_k, a_s – faktori atrakcije za kuće i stanove;

B_k, B_s – broj kuća i stanova u zoni

2. Za zone velikih proizvođača i atraktora (tvornice, osnovne i srednje škole, bolnice, fakulteti, zdravstveni centri, trgovачki centri itd.) podatci se prikupljaju metodom brojanja prometa čiji se rezultati množe s faktorom zauzetosti vozila.

$$P_i = BV_{iz}$$

$$A_i = BV_{ul}$$

Gdje je:

BV_{iz} – broj vozila koji izlaze iz zone

BV_{ul} – broj vozila koji ulaze u zonu

Zbog manjka relevantnih studija u Hrvatskoj, faktori generiranja putovanja u manjim gradovima se procjenjuju izoliranjem nekolicine zona koje su isključivo stambene (zone s obiteljskim kućama u kojima nema tranzitnog prometa). Kada se granice takvih zona definiraju, provodi se brojanje vozila koja ulaze i izlaze iz tih zona. Dijeljenjem ukupnog broja vozila koji ulaze i izlaze iz zone s brojem kućanstava u zoni dobivaju se faktori produkcije i atrakcije. Brojanje se provodi na nekoliko zona kako bi se osigurala statistička nezavisnost odnosno pouzdanost korištenja tih podataka za buduće modeliranje.

Stambene zone, broj vozila koji ulaze i izlaze iz njih i izračunati faktori za područje analize prikazani su u tablici.

Tablica 11. Popis izoliranih zona i faktora produkcije u vremenu 07:30-08:30 sati

Ulazi/izlazi iz tipičnih stambenih zona						
Broj	Naziv	Ulas	Izlaz	Broj kućanstava	Faktor produkcije	Faktor atrakcije
1	Kopčevac	144	173	961	0.15	0.18
2	Puhovo	75	84	398	0.19	0.21
3	Velika Ostrna	105	109	980	0.11	0.11
4	Andrilovec	23	23	186	0.12	0.12
5	Donje Dvorišće	13	11	107	0.12	0.10
6	Prozorje	36	48	362	0.10	0.13
8	Domobrantska	87	101	713	0.12	0.14
9	Centar	276	254	980	0.28	0.26

Nakon što su faktori izračunati, ukupan broj kućanstava po zonama unutar područja analize množi se s faktorima kako bi se dobila produkcija i atrakcija, a rezultati po zonama prikazani su u tablici. Izjednačavanje produkcije i atrakcije napravljeno je prema ukupnoj produkciji i u tablici je prikazan izjednačen rezultat.

Tablica 12. Producija i atrakcija po zonama u vremenu 07:30-08:30 sati

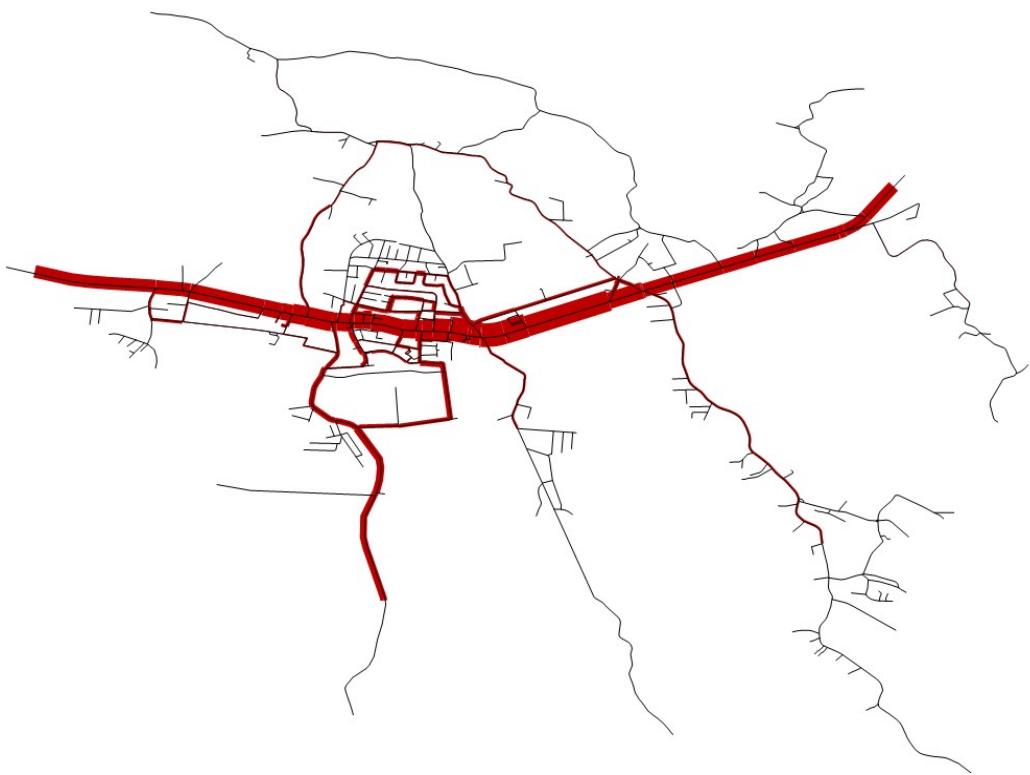
Broj	Naziv zone	Broj kućanstava	Faktor produkcije	Faktor atrakcije	Producija	Atrakcija
1	Kraljevec	-	-	-	359	527
2	Rugvica	-	-	-	166	242
3	Črnek	-	-	-	18	10
4	Obedišće	-	-	-	47	31
5	Božjakovina	-	-	-	353	269
6	Gornje Dvorišće	-	-	-	2	2
7	Drenčec	-	-	-	12	19
8	Dom zdravlja	-	-	-	90	79
9	Industrijska zona	-	-	-	271	263
10	Kolodvor	-	-	-	61	48
11	Konzum	-	-	-	57	42
12	Billa	-	-	-	43	27
13	Plodine	-	-	-	63	49
14	Lidl	-	-	-	43	35
15	Kaufland	-	-	-	63	57
16	Centar	980	0.28	0.26	274	266
17	Općina	-	-	-	53	42
18	Osječka	429	0.15	0.18	64	62
19	Gorica	292	0.15	0.18	44	42
20	Kozinščak	1390	0.10	0.13	139	135
21	Šaškovečka	964	0.11	0.11	106	103
22	Puhovo	450	0.19	0.21	86	83
23	Ostrna	1134	0.11	0.11	125	121
24	Andrilovec	186	0.12	0.12	22	22
25	Lukarišće	419	0.12	0.10	50	49
26	Prozorje	567	0.10	0.13	57	55
27	Domobrantska	713	0.12	0.14	86	83
28	Rugvička	556	0.15	0.18	83	81
29	Centar zapad	267	0.15	0.18	40	39
30	Kopčevac	1081	0.15	0.18	162	157

Nakon izjednačavanja produkcije i atrakcije izrađuje se gravitacijski model kao pod-model distribucije putovanja. Kalibriranje gravitacijskog modela odnosno procjena parametara funkcije troškova putovanja se provodi u iteracijama, a funkcija distribucije troškova putovanja se koristi kao polazni parametar. Prema iskustvenim spoznajama za unimodalna putovanja kao što je slučaj u ovom radu, preporuča se kombinirana ili Tannerova funkcija distribucije troškova putovanja ili logit funkcija. U ovom radu je kao funkcija distribucije troškova putovanja odabrana logit funkcija s parametrom $c=(-0.000025)$. Kao varijabla funkcije troška odnosno otpora putovanja odabранo je vrijeme putovanja u praznoj mreži t_0 .

Za distribuciju putovanja u prometnoj mreži korišten je simulacijski alat PTV Visum kako bi se ubrzao proces utvrđivanja broja putovanja prema i iz svake zone u prometnoj mreži.

Pod-model modalna raspodjelal je izostavljen jer je javni prijevoz slabo zastupljen na području analize.

Asignacija putovanja se provodi metodom ekvilibriranog ili stohastičkog dodjeljivanja putovanja na mrežu jer iziskuje najmanji broj ulaznih parametara. Za model izrađen u ovom radu primijenjeno je ekvilibrirano dodjeljivanje putovanja na mrežu. Nakon što program odradi dodjeljivanje putovanja na modeliranu mrežu dobije se prikaz opterećenja svakog linka u mreži. Prikaz modeliranog stanja nalazi se na slici.



Slika 1. Makroskopska simulacija prometnih tokova na području analize

Nakon asignacije slijedi procjena točnosti modela. Pomoću programskog alata PTV Visum procjenjuje se koeficijent determinacije R^2 , relativna kvadratna pogreška uzorka (RelRMSE), standardna devijacija, linearna regresija parametara i GEH.

Procjena je li model validan radi se na temelju empirijske formule koju je predložio Geoffrey E. Havers:

$$GEH = \sqrt{\frac{(O_i - M_i)^2}{0.5 \times (O_i + M_i)}}$$

Gdje je:

O_i – stvarne vrijednosti dobivene brojanjem na terenu

M_i –vrijednosti dobivene iz modela

GEH vrijednosti moraju biti niže od 5 da bi se model smatrao prihvatljivim. Također 60% do 85% linkova mora imati GEH niži od 5.0.¹¹

Pokazatelji točnosti modela nakon prvog dodjeljivanja i nakon kalibriranja prikazani su u tablici.

Tablica 13. Statistički pokazatelji modela prije i poslije kalibriranja

	Prije kalibriranja	Nakon kalibriranja
Broj uzoraka	147	147
AvgAbsErr	40.7	21.5
AvgRelErr	31.00%	16%
AbsRMSE	57.732	31.649
RelRMSE	0.441	0.242
R2	0.881	0.971
Corr	0.938	0.985
Slope	0.876	1.049
Intercept	14.931	-0.224
ShareAccRelErr	0.84	0.932
ShareAccGEH	0.618	0.871
StdDev	57.717	31.039

Dakle na temelju analize utvrđeno je da 61,8% linkova ima prihvaljiti GEH što je unutar postavljenih granica da bi se model smatrao prihvatljivim. Sljedeći korak je korekcija izvorišno-odredišne matrice primjenom *Fuzzy* logike koja je kao funkcija ugrađena u PTV Visum. Korekcija se radila s obzirom na rezultate brojanja prometa na različitim dijelovima prometne mreže. Rezultati korekcije matrice prikazani su u tablici 11.

Na temelju statističkih pokazatelja može se zaključiti kako model prihvatljivo prikazuje stvarno stanje prometnih tokova na području analize te da se može koristiti za daljnju detekciju problema u istom kao za testiranje idejnih rješenja.

¹¹ Časopis „Promet“ – Traffic&Transportation, Vol. 26, 2014, No. 5, 419-428

4 ANALIZA I OCJENA POSTOJEĆEG STANJA PROMETNIH TOKOVA

Postojeće stanje prometnih tokova u Dugom Selu može se opisati na sljedeći način. Glavna i najopterećenija prometnica na području grada je glavna arterija Zagrebačka-Zorićeva-Bjelovarska koja spaja grad Zagreb preko Dugog Sela s okolnim naseljima i gradovima. Na njoj se velikom većinom odvija tranzitni promet s osjetni udjelom teških teretnih i lakih teretnih vozila.

Od raskrižja Kalničke ulice i ulice Josipa Zorića do raskrižja Zagrebačke ulice i ulice A. i B. Božikovića u smjeru od istoka prema zapadu odnos volumena i kapaciteta prelazi 0.6 i to je jedina prometnica na području analize koja ima potencijalne probleme u budućnosti sa zasićenjem i padom razine usluge te će stoga ona biti tema analize. Dionice ceste na kojoj odnos volumena i kapaciteta prelazi 0.6 označene su narančastom bojom, a dionice na kojima prelazi 0.7 crvenom bojom i prikazane su na slici.



Slika 2. Odnos volumena i kapaciteta na području analize u vremenu od 07:30-08:30 sati

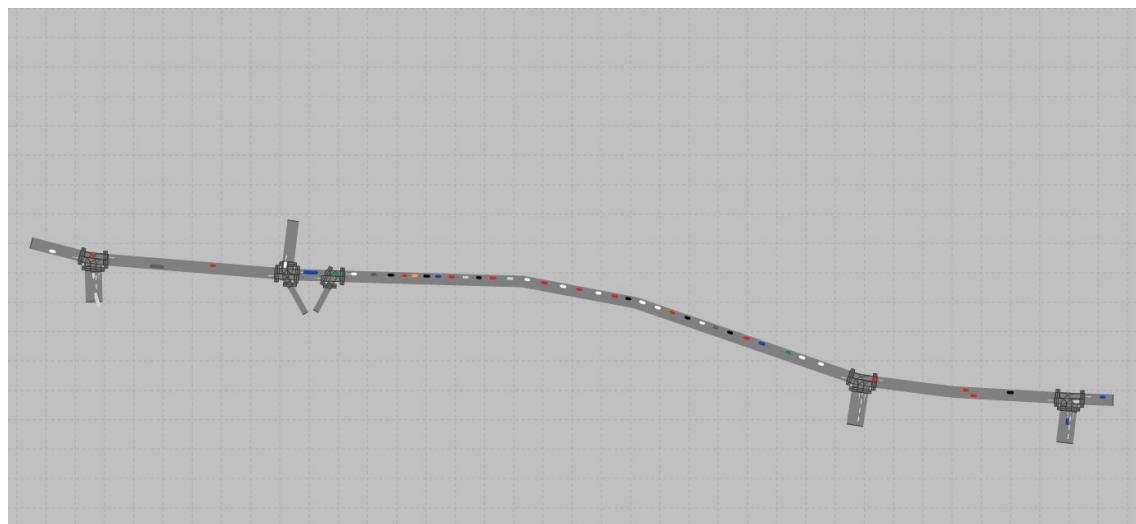
IZVOR: <http://geoportal.dgu.hr/>

Analizirat će se razina usluge prometnice općenito i razina usluge raskrižja na kojima se na nju vežu sabirne ceste s velikim intenzitetom prometa.

Za analizu razine usluge koristit će se metodologija opisana u HCM priručniku a koja je integrirana u programskom alatu PTV Vistro. Pomoću ovog programske pakete moguće je izračunati mjere efektivnost raskrižja. Te mjere uključuju kašnjenje vozila i razinu usluge za

svako raskrižje individualno. Razina usluge je ocjena (A, B, C, D, ili F) kvalitete odvijanja prometa koja se temelji na prosječnom vremenu čekanja koje vozači mogu očekivati tijekom vršnog perioda.

Osim analize razine usluge napravljena je i mikrosimulacija trenutnog stanja u PTV Visimu. Simulirana mreža predstavlja samo raskrižja velikog intenziteta prometa gdje se provelo brojanje prometa na samom raskrižju radi kalibracije makroskopskog modela izrađenog u prethodnom poglavlju. Ulazni podatci za model sadrže samo parametre potrebne za analizu razine usluge i analizu reda čekanja, a to su geometrija privoza, signalni planovi i protok vozila u vršnom satu.



Slika 3. Primjer mikrosimulacije raskrižja s područja analize

Metodologija primjenjena za izračun razine usluge raskrižja poznata je pod nazivom analiza kapaciteta. Ova je metodologija opisana u HCM priručniku 2010. Sljedeća tablica prikazuje parametre kašnjenja koji se dobivaju analizom kapaciteta raskrižja i svakom raskrižju se dodjeljuje jedna od šest razina usluge.

Tablica 14. Razredi razine usluge raskrižja prema HCM-u

Razina usluge	Nesemaforizirano raskrižje kašnjenje na privozu (s/vozilu)	Semaforizirano raskrižje kašnjenje na privozu (s/vozilu)
A	≤ 10	≤ 10
B	$> 10 \text{ i } \leq 15$	$> 10 \text{ i } \leq 20$
C	$> 15 \text{ i } \leq 25$	$> 20 \text{ i } \leq 35$
D	$> 25 \text{ i } \leq 35$	$> 35 \text{ i } \leq 55$
E	$> 35 \text{ i } \leq 50$	$> 44 \text{ i } \leq 80$
F	> 50	> 80

Analiza kapaciteta je provedena za četiri raskrižja koja se nalaze na najopterećenijoj dionici ulice Josipa Zorića. Tablice s proračunima nalaze se u tehničkom prilogu diplomskog rada. Pripadajuće razine usluge za postojeće stanje prometnih tokova prikazani su grafički na slici 3. Razina usluge C se smatra zadovoljavajućom. Razina usluge D, iako je manje zadovoljavajuća smatra se u većini slučajeva prihvatljivom za gradske uvijete. Rezultati analize će se upotrijebiti u sljedećem poglavlju za detekcije lokacija na kojima bi se moglo ostvariti kapacitivno unaprijeđenje. U praksi se unaprijeđenja sastoje od konstruiranja novih prometnih trakova (ako je isplativo) ili promjena načina upravljanja prometnim tokom u raskrižju kao što je primjerice transformacija raskrižja na kojem se upravljanje izvršava prometnim znakovima u upravljanje prometnim svjetlima ili u raskrižje s kružnim tokom prometa.¹²

U sljedećoj tablici nalaze se razine usluge po raskrižjima.

Tablica 15. Razina usluge raskrižja s područja analize

Naziv raskrižja	Razina usluge za jutarnji vršni sat
Zagrebačka-Zorićeva-Osječka-Kolodvorska	D
Zorićeva-Hrvatskih branitelja	C
Zagrebačka-Predavčeva	D
Zorićeva-Oborovska	E
Zagrebačka-Kaufland	C
Zagrebačka-A. I B. Božikovića	C

¹² City of Fayetteville, Arkansas Traffic and Transportation Study

Određivanje trenutne razine usluge odrađeno je u programskom alatu PTV Vistro, a izvještaj se nalazi u tehničkom prilogu diplomskog rada.

Na mjestima se vozila trebaju zaustaviti zbog prometa iz suprotnog smjera ili okomitog na njihov smjer vožnje, postoji vjerojatnost da nekoliko vozila formira rep čekanja odnosno kolonu. Geometrija raskrižja treba pružiti zadovoljavajuć prostor kako se vozila koja čekaju u redu za skretanje ne bi nalazila kao zapreka na prometnom traku za vožnju ravno. Osim navedene situacije, traka za skretanje bi trebala biti dovoljno dugačka da se u nju može skrenuti za slučaj kada su vozila koja trebaju ići ravno u repu čekanja zbog zabranjenog prolaza kroz semaforizirano raskrižje, odnosno mora biti dulja od repa čekanja vozila koja idu ravno.

Analiza repova čekanja je napravljena za sva analizirana raskrižja u jutarnjem vršnom satu za postojeće stanje. Sažetak u kojem se nalaze podatci o duljini repova čekanja u vozilima i u sekundama nalazi se u tehničkom prilogu diplomskom radu. Ove informacije su korisne za gradsku upravu kada utvrđuje parametre za specifične projekte s velikim ulaganjima.¹³

¹³ City of Fayetteville, Arkansas Traffic and Transportation Study



Slika 4. Položaji analiziranih raskrižja na karti s oznakom trenutne razine usluge

IZVOR: <http://geoportal.dgu.hr/>

Istraživanje vremena putovanja i kašnjenja je provedeno na veznom koridoru kroz Dugo Selo sačinjenom od Zagrebačke ulice, ulice Josipa Zorića i Bjelovarske ulice kako bi se odredila razina usluge na svim segmentima prometnice. Metodologija prema HCM-u 2000 za određivanje razine usluge arterijskim cestama temelji se na brzini putovanja. Minimalna zahtjevana brzina za postizanje pojedine razine usluge ovisi o razredu arterijske prometnice (u dalnjem tekstu arterije). Razredi arterija definirani su u tablicama.

Na temelju kombinacije ovih karakteristika, arteriji se određuje I., II., III ili IV razred.

Tablica 16. Kriteriji za određivanje funkcionalne kategorije arterije prema HCM-u 2000

Kriterij	Funkcionalna kategorija	
	Glavna arterija	Sporedna arterija
Mobilnost	Vrlo važno	Važno
Pristup	Manja važnost	Znatno važno
Povezivanje	Autoceste i brze ceste, važna središta aktivnosti, veliki generatori prometa	Glavne arterije
Vrste putovanja	Relativno dugačka putovanja između glavnih točaka aktivnosti i tranzitna putovanja koja ulaze, izlaze i prolaze kroz grad	Srednja duljina putovanja unutar relativno malih geografskih područja

Tranzitni promet čini oko 45% ukupnog prometa na području Dugog Sela i zato je mobilnost vrlo važan kriterij. Pristup je znatno važan jer većina ostalih putovanja otpada na putovanje na posao (većina stanovnika Dugog Sela radi u gradu Zagrebu) i lokalno stanovništvo koristi prometnicu za putovanje do radnih mjesto. Povezuje grad s ulazom na autocestu Rugvica i gradom Zagrebom. Kao što je već spomenuto tranzitni promet čini 45% putovanja, a svaki dan izvan grada putuje 3900 ljudi (20% putovanja). Dakle većina putovanja su relativno dugačka i tranzitna.

Prema navedenom županijska cesta 3034 je glavna arterija jer ispunjava $\frac{3}{4}$ kriterija iz funkcionalne kategorije.

Tablica 17. Kriteriji za određivanje projektne kategorije arterije prema HCM-u 2000

Kriterij	Projektna kategorija			
	Brze ceste	Prigradske ceste	Polugradske	Gradske
Gustoća pristupa	Vrlo niska gustoća	Niska gustoća	Umjerena gustoća	Visoka gustoća
Vrsta arterija	Višetračne odvojene; bez razdjelnog pojasa ili dvotračne s zaustavnim trakovima	Višetračne odvojene; bez razdjelnog pojasa ili dvotračne s zaustavnim trakovima	Višetračne odvojene ili bez razdjelnog pojasa, jednosmjerne dvotračne	Jednosmjerne bez razdjelne ograde, dvosmjerne s dva ili više trakova
Parkirališna mjesta	Ne	Ne	Na nekim lokacijama	Značajan broj
Odvojene trake za lijevo skretanje	Da	Da	Srednji	Na nekim lokacijama
Signalizirana raskrižja/milji	0.5-2	1.0-5.0	4.0-10.0	6.0-12.0
Ograničenje brzine	45-55 mi/h	40-45 mi/h	30-40 mi/h	25-35 mi/h
Pješački promet	Vrlo malen	Malen	Na nekim lokacijama	Srednji
Okolna razvijenost	Niska gustoća	Niska do srednja gustoća	Srednja do umjerena gustoća	Visoka gustoća

Što se tiče projektne kategorije spada u gradsku arteriju jer ispunjava pet od sedam kriterija. Kriteriji koji je svrstavaju u gradsku arteriju nalaze se u tablici.

Tablica 18. Kriteriji po kojima ŽC 3034 spada u gradsku arteriju

Kriterij	Vrijednosti
Gustoća pristupa	Smjer zapad-istok: 16 (2,52 pristupa/km); smjer istok-zapad: 20 (3,15 pristupa/km)
Vrsta arterije	Dvosmjerna bez razdjelnog pojasa ili ograde s dva prometna traka
Parkirališna mjesta	2 lokacije po 10 parkirališnih mjesta
Odvojene trake za lijevo skretanje	2 lokacije
Signalizirana raskrižja/milji	5 ukupno (0,77 sig/km; 1,27 sig/mil)
Ograničenje brzine	50 km/h (31mph)
Pješački promet	U centru grada srednji
Okolna razvijenost	Ukupna gustoća 323 st/km ² (središte grada 868 st/km ²)

Dakle županijska cesta 3034 na području Dugog Sela spada u kategoriju gradske ceste III ili IV razreda što se može isčitati iz tablice 17.

Tablica 19. Razredi arterijskih prometnica prema HCM-u 2000

Projektna kategorija	Funkcionalna kategorija	
	Glavna arterija	Mala arterija
Brza cesta	I	-
Prigradska	II	II
Gradska	II	III ili IV
Urbana	III ili IV	IV

Tablica 20. Razina usluge arterijskih prometnica prema HCM-u 2000

Razred	I	II	III	IV
Razina usluge	Prosječna brzina putovanja (km/h)			
A	>68	>56	>48	>40
B	>55-68	>45 i ≤ 56	>39-48	>31-40
C	>43-55	>35-45	>29-39	>21-31
D	>34-43	>27-35	>23-29	>14-21
E	>26-34	>21-27	>16-23	>11-14
F	≤ 26	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Napravljeno je mjerjenje pomoću aplikacije na mobilnom uređaju korištenjem GPS-a (ukupno 8 mjerena; 4 u smjeru zapad-istok, 4 u smjeru istok-zapad) te je ustanovljeno da je prosječna brzina putovanja na prometnici 48,4 km/h što znači da prometnica ima ukupnu razinu usluge A, ali na određenim segmentima ona pada do razine usluge F u blizini raskrižja s velikim intenzitetom prometa u središtu grada i njegovoj neposrednoj blizini. Te dionice su jako kratke, ali treba napraviti detekciju problema i ustanoviti iz kojeg razloga razina usluge pada baš na tim lokacijama.

5 DETEKCIJA PROBLEMA U PROMETNOM SUSTAVU

Problemi u smjeru zapad-istok na arteriji Zagrebačka-Josipa Zorića-Bjelovarska opisani su u tekstu koji slijedi.

Pad razine usluge događa se u neposrednoj blizini raskrižja Zagrebačke ulice i ulice Josipa Predavca na kojem lijevi skretači s glavne ceste uzrokuju smanjenje brzine i pad razine usluge do C.

Pad razine usluge događa se u neposrednoj blizini raskrižja Zagrebačka-Osječka-Kolodvorska na kojem lijevi skretači s glavne ceste koje vozači moraju zaobilaziti uzrokuju smanjenje brzine i pad razine usluge do C.

Pad razine usluge događa se u neposrednoj blizini osnovne škole Josipa Zorića gdje paljenje crvenog svjetla na pješačkom semaforu uzrokuje pad razine usluge do D.

Dionice ceste koje imaju pad razine usluge ispod B prikazane su na slici. Narančastom bojom prikazane su razine usluge C i D, a crvenom E i F.



Slika 5. Dionice glavne arterije na kojima dolazi do pada razine usluge ispod razine B

IZVOR: <http://geoportal.dgu.hr/>

Problemi u smjeru istok-zapad na arteriji Zagrebačka-Josipa Zorića-Bjelovarska opisani su u tekstu koji slijedi.

Pad razine usluge događa se u neposrednoj blizini osnovne škole Josipa Zorića gdje je postavljen pješački semafor i gdje zbog paljenja crvenog svjetla dolazi do pada razine usluge od minimalno C do maksimalnih F.

Pad razine usluge u neposrednoj blizini raskrižja ulice Josipa Zorića i Oborovske ulice zbog lijevih skretača koje vozači moraju zaobilaziti što uzrokuje pad razine usluge do D.

Pad razine usluge nakon raskrižja ulice Josipa Zorića i ulice Hrvatskih branitelja s oscilacijom između C i D koje traje do raskrižja Zagrebačke ulice-Kolodvorske-Osječke. Oscilacija u razini usluge je uzrokovanu prelaskom pješaka preko pješačkog prijelaza i zaobilaženjem lijevih skretača s glavne ceste na križanju ulice Josipa Zorića i Kolodvorske ulice.

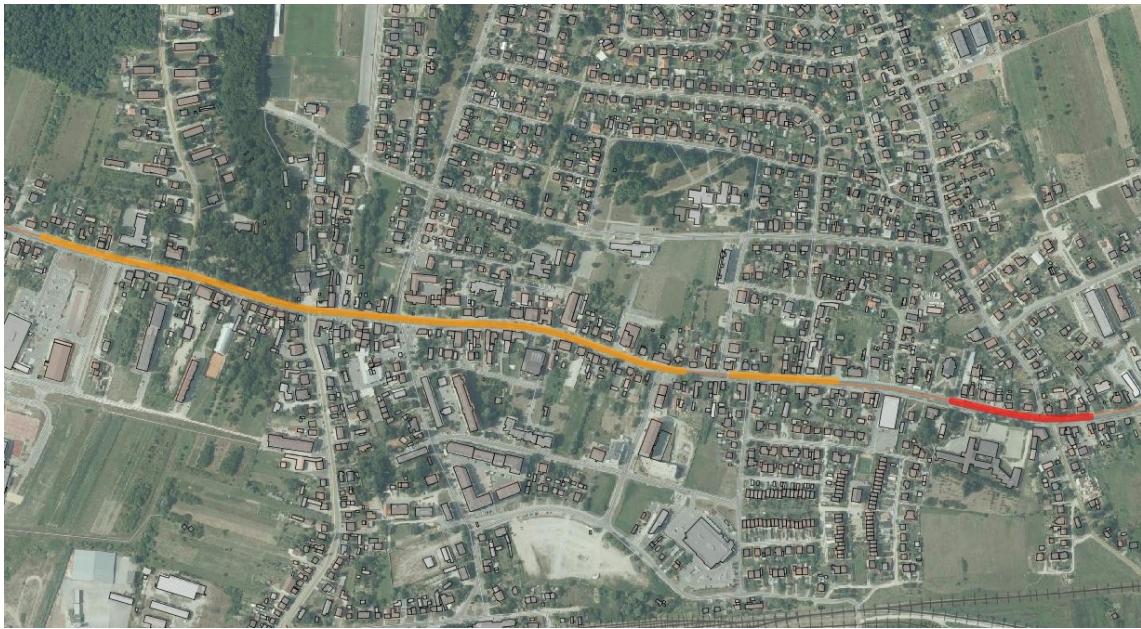
Pad razine usluge događa se u neposrednoj blizini raskrižja ulice Josipa Zorića i Kolodvorske ulice zbog lijevih skretača s glavne ceste koje vozači moraju zaobilaziti zbog čega pada razina usluge do C.

Pad razine usluge događa se u neposrednoj blizini raskrižja Zagrebačke ulice i ulice Josipa Predavca zbog lijevih skretača s glavne ceste koje vozači moraju zaobilaziti zbog čega pada razina usluge do C.

Pad razine usluge događa se u nepodrednoj blizini raskrižja Zagrebačke ulice i ulice A. i B. Božikovića na kojem se regulacija prometa odvija prometnim svjetlima te dolazi do smanjenja brzine vožnje i pada razine usluge do C.

Pad razine usluge prije raskrižja Zagrebačke ulice i ulice A. i B. Božikovića na kojem se upravljanje prometnim tokovima obavlja prometnim svjetlima. Pad razine usluge do D.

Dionice ceste na kojima dolazi do pada razine usluge ispod B nalaze se na slici. Dionice ceste koje imaju pad razine usluge ispod B prikazane su na slici. Narančastom bojom prikazane su razine usluge C i D, a crvenom E i F.



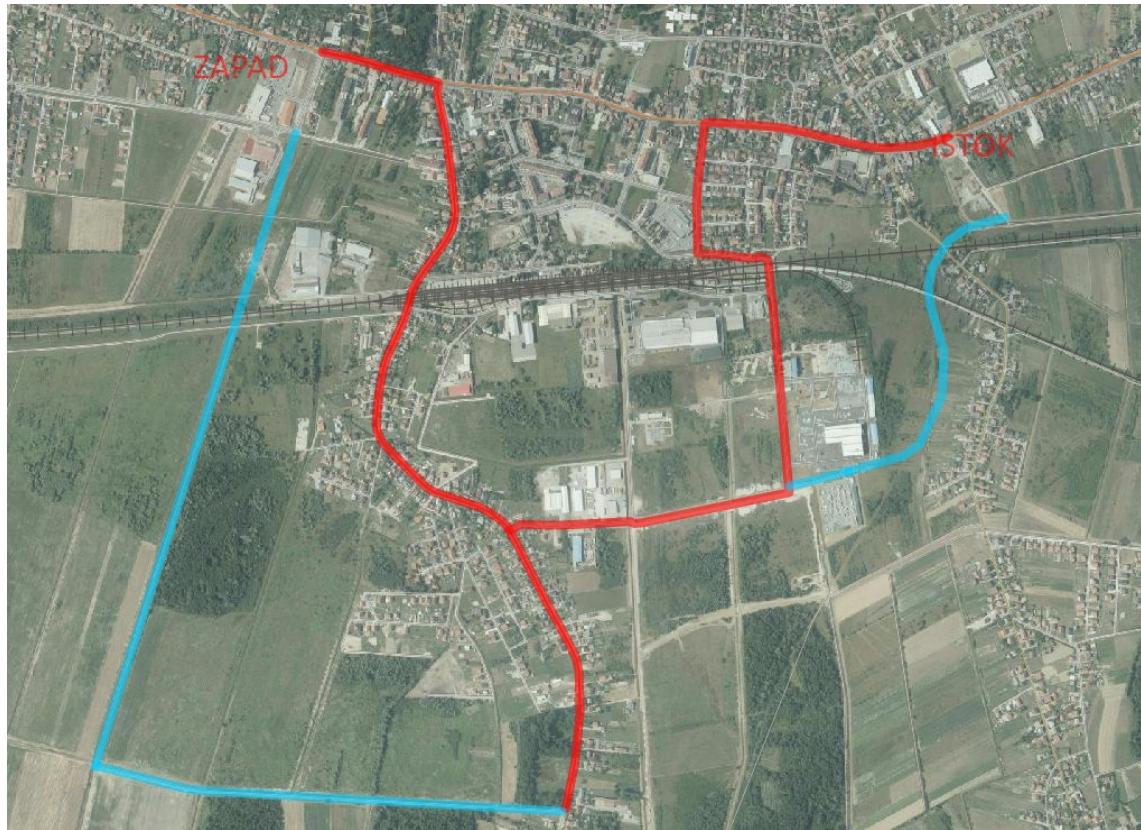
Slika 6. Dionice glavne arterije na kojima dolazi do pada razine usluge ispod razine B

IZVOR: <http://geoportal.dgu.hr/>

Najveći volumen prometa je između raskrižja Josipa Zorića-Ante Starčevića i Josipa Zorića-Oborovska gdje je u smjeru s istoka prema zapadu protok u jutarnjem vršnom satu 735 vozilo i 500 vozila u smjeru zapad-istok. Ta dionica ceste upravo prolazi uz osnovnu školu, a rasterećuje se za gotovo 20% na raskrižju ulice Josipa Zorića i Oborovske zbog lijevih skretača koji tom rutom nastavljaju prema ulazu na autocestu Rugvica.

Dakle arteriju treba pripremiti za povećanje prometnog opterećenja jer u prošlosti kada je Dugo Selo bilo manje ta cesta je bila dovoljna za potrebe tranzitnog prometa, ali sada kada se broj stanovništva povećao, a time i broj kućanstava (parametar na temelju kojeg je određena produkcija i atrakcije svake zone) došlo je i do povećanja udijela prometa koji generira lokalno stanovništvo.

Kao dugoročno rješenje je izgradnja nadvožnjaka preko željezničke pruge u ulici Bože Huzanića i A. i B Božikovča koji bi na taj način preusmjerili putovanja prema autocesti i rasteretili centar grada. Na sljedećoj slici crvenom bojom su prikazane postojeće rute putovanja prema autocesti, a plavom bojom nove rute koje bi rezultirale izgradnjom deniveliranog željezničko-cestovnog prijelaza na istoku i zapadu grada.



Slika 7. Rute putovanja prema izlazu na autocestu prije (crveno) i nakon (plavo) izgradnje deniveliranih željezničko-cestovnih prijelaza

IZVOR: <http://geoportal.dgu.hr/>

Kao kratkoročna rješenja predlažu se rekonstrukcije raskrižja kako bi im se povećala razina usluge.

Od analiziranih raskrižja tri imaju zadovljavajuću razinu usluge (Josipa Zorića-Kolodvorska; Zagrebačka-A. i B. Božikovića; Zagrebačka-Kaufland) dok tri imaju nezadovljavajuću razinu usluge i potrebno je predložiti kratkoročna i dugoročna rješenja za povećanje razine usluge.

U sljedećem poglavlju su prikazana idejna rješenja rekonstrukcije raskrižja i predviđena razina usluge nakon rekonstrukcije.

6 PRIJEDLOZI IDEJNIH RJEŠENJA ZA POBOLJŠANJE SUSTAVA

Kao kratkoročna rješenja za optimizaciju prometnih tokova na području analize predlažu se rekonstrukcije sljedećih raskrižja:

1. Oborovska-Josipa Zorića: rekonstrukcija u raskrižje s kružnim tokom prometa jer povećava razinu usluge raskrižja s E na B
2. Josipa Predavca-Zagrebačka: rekonstrukcija u raskrižje s kružnim tokom prometa jer povećava razinu usluge s D na A
3. Zagrebačka-Osječka-Kolodvorska: rekonstrukcija u raskrižje s kružnim tokom prometa jer povećava razinu usluge raskrižja s D na A
4. Hrvatskih branitelja-Josipa Zorića: rekonstrukcija u raskrižje s kružnim tokom prometa jer povećava razinu usluge raskrižja s C na A

Kao dugoročna rješenja za optimizaciju prometnih tokova na području analize i rasterećenje glavne arterije u centru grada predlažu se sljedeća rješenja:

1. Izgradnja nadvožnjaka koji spaja ulicu Josipa Zorića preko ulice Bože Huzanića s industrijskom zonom te na taj način rasterećeće glavnu arteriju i smanjuje broj lijevih skretača na raskrižju ulice Josipa Zorića-Oborovska. Broj vozila se na dionici koja prolazi pokraj osnovne škole Josipa Zorića smanjio za stotinu vozila u vršnom satu u smjeru zapada i za pedeset vozila u smjeru istoka. Također je i rasterećena Oborovska ulica na kojoj se prometno opterećenje smanjilo za ukupno 150 vozila u vršnom satu. Osim navedenog, broj vozila na željezničko-cestovnom prijelazu u razini istočno od željezničkog kolodvora smanjio se za 50 vozila u satu.
2. Izgradnja nadvožnjaka koji spaja ulicu A. i B. Božikovića koji se spaja na Rugvičku ulicu i na taj način rasterećeće zapadni dio centra grada. Zapadni željezničko-cestovni prijelaz doveo je u simulaciji do sljedećeg:
 - a) Povećanje prometnog opterećenja ulice A. i B. Božikovića za 100 vozila u vršnom satu.
 - b) Smanjenjem prometnog opterećenja ulice Josipa Predavca za 150 vozila u vršnom satu
 - c) Rasterećenje ulice Matije Gupca koja prolazi uz željeznički kolodvor za 80 vozila u vršnom satu

Skice idejnih rješenja nalaze se u tehničkom prilogu diplomskog rada kao i tablično prikazani rezultati proračuna napravljenih u programskom paketu PTV Vistro.

7 ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu cilj je bio prvenstveno izraditi model postojećih prometnih tokova te na temelju analize postojećeg stanja optimizirati mrežu nakon uočenih nedostataka.

Modeliranjem prometne mreže odnosno raspodjele prometnih tokova unutar mreže moguće je testirati rješenja koja neće unaprijediti samo jedan segment sustava nego sustav u cijelini. S modelom cijele mreže inženjer ima pregled nad širom slikom stanja na području interesa i može donositi strateške planove za daljnji razvoj mreže ili testirati kako bi se stanje mijenjalo kada bi se napravila određena izmjena u mreži. Modeliranje u prometu prije svega daje odgovore na pitanja. Na temelju modela možemo dobiti odgovor hoće li putnici koristiti i u kojoj mjeri novoizgrađenu cestovnu infrastrukturu i hoće li ona imati željeni utjecaj na ostatak mreže, što će se dogoditi ako napravimo promjenu u javnoj transportnoj mreži odnosno hoće li i u kojoj mjeri ljudi početi koristiti javni prijevoz umjesto privatnog. Osim navednog modeli nam mogu dati odgovor na pitanje kako će se mijenjati prijevozna potražnja u odnosu na demografske promjene kao što je broj stanovnika, njihova dob ili broj kućanstava na određenom području ili unutar zone, što će se dogoditi ako na određenoj dionici prometne mreže zabranimo promet teretnim vozilima itd.

Odgovori na navedena pitanja su korisna informacija u strateškom planiranju i mogu uštedjeti novac donositeljima odluka i spriječiti neisplative ili nedovoljno isplative projekte. Iako su kvalitetni modeli u praksi skupi, uvijek će biti jeftiniji od propale investicije ili nekoliko njih jer je izgradnja prometne infrastrukture skupa, a u tom slučaju treba je projektirati tako da zadovljava potrebe najmanje sljedećih dvadeset godina.

Model izrađen u ovom radu je napravljen u najmanju ruku jednostavno iako je za prikupljanje svih potrebnih podataka trebalo puno vremena i više ljudi kako bi se prikupile sve potrebne informacije za modeliranje, ali je unatoč tome što je kao ulazni parametar korišten samo broj kućanstava, uspješno i s više nego prihvatljivim postotkom točnosti modelirano postojeće stanje prometnog sustava te je poslužio za prikaz scenarija izgradnje dva skupa i velika cestovna projekta.

POPIS LITERATURE

1. PTV Visum Webinar: Masterplanning with PTV Visum
2. Novačko, L.: skripta iz kolegija „Prometno modeliranje u cestovnom prometu“
3. Časopis „Promet – Traffic&Transportation“
4. PTV Visum 15 Manual
5. www.dgu.hr
6. www.wikipedia.org.
7. www.siliconcreek.net
8. ftp.fayetteville-ar.gov
9. Strategija razvoja grada Dugog Sela (2014.-2020.)
10. Izvješće o stanju u prostoru Grada Dugog Sela (2009.-2014.)
11. Skripta iz kolegija „Prometno-tehnološko projektiranje“
12. Vlastite zabilješke autora

POPIS ILUSTRACIJA

Popis slika

Slika 1. Makroskopska simulacija prometnih tokova na području analize.....	16
Slika 2. Odnos volumena i kapaciteta na području analize u vremenu od 07:30-08:30 sati....	18
Slika 3. Primjer mikrosimulacije raskrižja s područja analize.....	19
Slika 4. Položaji analiziranih raskrižja na karti s oznakom trenutne razine usluge.....	22
Slika 5. Dionice glavne arterije na kojima dolazi do pada razine usluge ispod razine B.....	27
Slika 6. Dionice glavne arterije na kojima dolazi do pada razine usluge ispod razine B.....	29
Slika 7. Rute putovanja prema izlazu na autocestu prije (crveno) i nakon (plavo) izgradnje deniveliranih željezničko-cestovnih prijelaza.....	30

Popis tablica

Tablica 1. Broj vozila na ulazno/izlaznim cestama područja analize u vremenu 07:30-08:30 sati.....	4
Tablica 2. Broj vozila koji ulaze/izlaze iz zona velikih atraktora i produktora u vremenu 07:30-08:30 sati.....	4
Tablica 3. Broj vozila koji ulaze/izlaze iz tipičnih stambenih zona na području analize u vremenu 07:30-08:30 sati.....	5
Tablica 4. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati.....	5
Tablica 5. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati.....	5
Tablica 6. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati.....	6
Tablica 7. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati.....	6
Tablica 8. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati.....	6
Tablica 9. Križanje prometnih tokova velikih intenziteta u vremenu 07:30-08:30 sati.....	6
Tablica 10. Popis svih zona na području analize s atributom.....	10
Tablica 11. Popis izoliranih zona i faktora produkcije u vremenu 07:30-08:30 sati.....	13
Tablica 12. Producija i atrakcija po zonama u vremenu 07:30-08:30 sati.....	14

Tablica 13. Statistički pokazatelji modela prije i poslije kalibriranja.....	17
Tablica 14. Razredi razine usluge raskrižja prema HCM-u.....	19
Tablica 15. Razina usluge raskrižja s područja analize.....	20
Tablica 16. Kriteriji za određivanje funkcionalne kategorije arterije prema HCM-u 2000.....	23
Tablica 17. Kriteriji za određivanje projektne kategorije arterije prema HCM-u 2000.....	24
Tablica 18. Kriteriji po kojima ŽC 3034 spada u gradsku arteriju.....	25
Tablica 19. Razredi arterijskih prometnica.....	25
Tablica 20. Razina usluge arterijskih prometnica.....	25

Prilog 1. Nezavisne lokacije brojanja prometnog opterećenja za kalibriranje i validaciju

Nezavisne lokacije za kalibriranje i validaciju modela						
Cesta	Ulica	Kućni broj	Smjer 1 [vozila]	Smjer 2 [vozila]	Smjer 1	Smjer 2
ŽC 3034	Zagrebačka	132	489	333	Zapad	Istok
ŽC 3034	Zagrebačka	94	493	345	Zapad	Istok
ŽC 3034	Zagrebačka	91	492	363	Zapad	Istok
ŽC 3034	Zagrebačka	33	601	492	Zapad	Istok
ŽC 3034	Josipa Zorića	9	570	296	Zapad	Istok
ŽC 3034	Josipa Zorića	62	775	587	Zapad	Istok
ŽC 3034	Josipa Zorića	100	658	418	Zapad	Istok
ŽC 3034	Josipa Zorića	139	618	408	Zapad	Istok
ŽC 3034	Josipa Zorića	214	523	318	Zapad	Istok
ŽC 3034	Bjelovarska cesta	27	412	319	Zapad	Istok
ŽC 3034	Bjelovarska cesta	87	458	284	Zapad	Istok
ŽC 3034	Bjelovarska cesta	131	391	277	Zapad	Istok
ŽC 3070	Josipa Predavca	12	111	151	Jug	Sjever
ŽC 3070	Rugvička	31	107	111	Jug	Sjever
ŽC 3070	Rugvička	63	108	119	Jug	Sjever
ŽC 3070	Rugvička	121	269	184	Jug	Sjever
ŽC 3070	Rugvička	173	283	163	Jug	Sjever
ŽC 3070	Rugvička	219	297	154	Jug	Sjever
ŽC 3072	Zagrebačka	4b	58	77	Jug	Sjever
ŽC 3072	Zagrebačka	44	48	78	Jug	Sjever
ŽC 3072	Zagrebačka	90	49	71	Jug	Sjever
LC 31109	Bože Huzanića	95	24	29	Jug	Sjever
LC 10162	Kozinska	60	22	32	Sjever	Jug
LC 10162	Martinska	19	13	15	Sjever	Jug
LC 10162	Martinska	79	16	11	Sjever	Jug
LC 10162	Martinska	209	14	26	Sjever	Jug
LC 31108	Domobranska	48	39	51	Sjever	Jug
LC 31107	Prozorska	194	11	3	Zapad	Istok
LC 31107	Prozorska	121	4	4	Zapad	Istok
LC 31107	Prozorska	81	6	1	Zapad	Istok
LC 31107	Prozorska	31	4	4	Zapad	Istok
LC 31110	Lukarska	30	15	20	Sjever	Jug
LC 31110	Dvoriška	30	11	9	Sjever	Jug
LC 31114	Zagrebačka	35	25	44	Jug	Sjever
LC 31114	Zagrebačka	104	16	27	Jug	Sjever
Nerazvrstana	Šaškovečka	51	78	95	Sjever	Jug
Nerazvrstana	Osječka	28	59	109	Sjever	Jug
Nerazvrstana	I.G. Kovačića	22	57	30	Zapad	Istok
Nerazvrstana	Dragutina Domjanića	12a	125	78	Istok	Zapad
Nerazvrstana	Kolodvorska	26	171	37	Jug	Sjever
Nerazvrstana	Starčevićeva	61	54	75	Istok	Zapad
Nerazvrstana	Trnošćica	17	188	81	Jug	Sjever

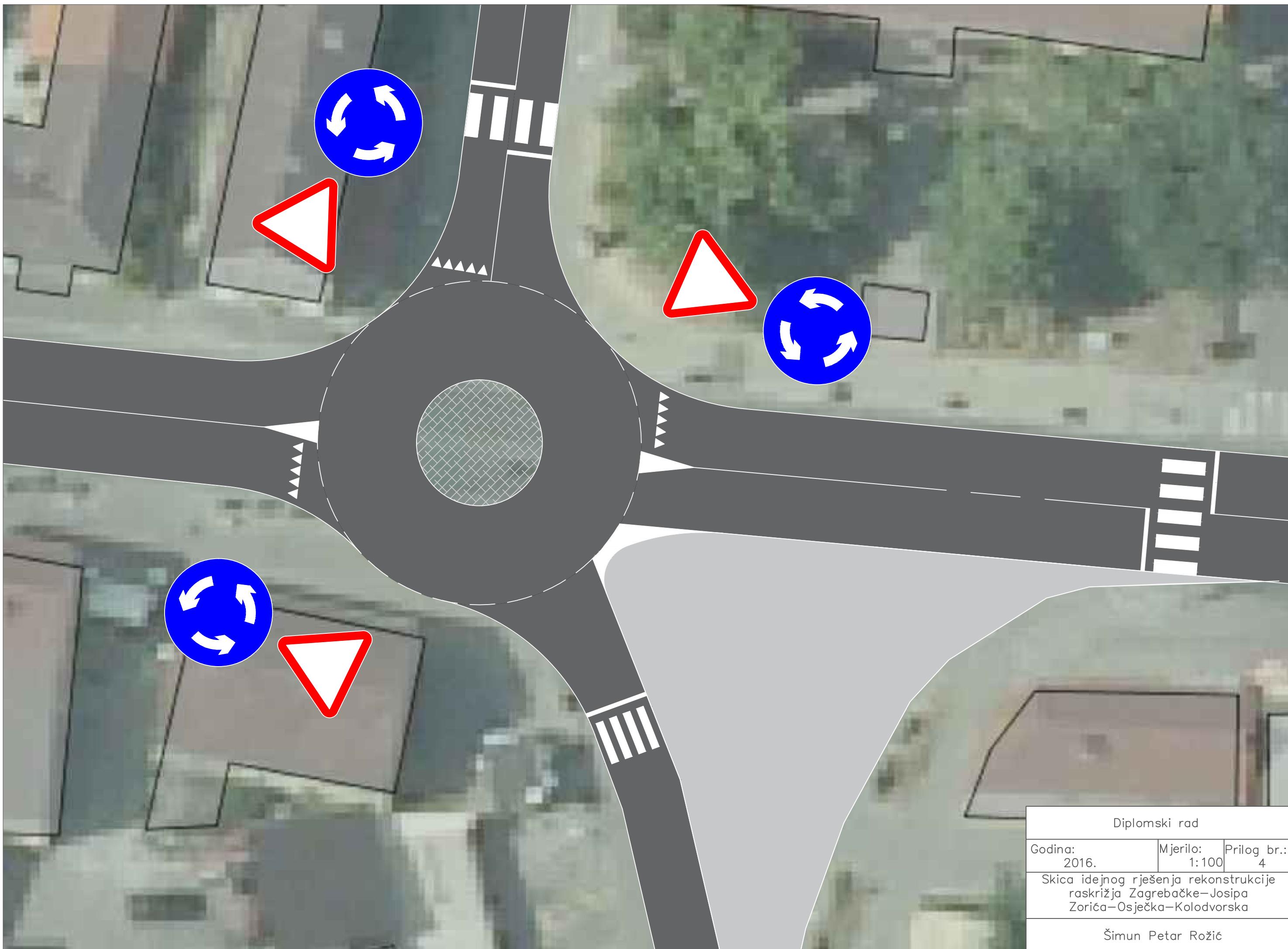
Nezavisne lokacije za kalibriranje i validaciju modela						
Cesta	Ulica	Kućni broj	Smjer 1 [vozila]	Smjer 2 [vozila]	Smjer 1	Smjer 2
Nerazvrstana	Hrvatskog preporoda	19	62	56	Zapad	Istok
Nerazvrstana	Radnička	9	13	21	Zapad	Istok
Nerazvrstana	Matije Gupca	21	126	54	Zapad	Istok
Nerazvrstana	Sajmišna	11	134	104	Istok	Zapad
Nerazvrstana	Ferenčakova	16	12	21	Sjever	Jug
Nerazvrstana	Oborovska	13	154	100	Jug	Sjever
Nerazvrstana	Hrvatskih branitelja	5	159	135	Sjever	Jug
Nerazvrstana	Vatroslava Lisinskog	28	7	4	Istok	Zapad
Nerazvrstana	Vladimira Nazora	15	13	6	Zapad	Istok
Nerazvrstana	Marije Jurić Zagorke	53	54	193	Sjever	Jug
Nerazvrstana	B.A. Kažotića	6	83	32	Istok	Zapad
Nerazvrstana	Kopčevečka	3	21	63	Jug	Sjever
Nerazvrstana	Braće Radić	3	36	34	Jug	Sjever
Nerazvrstana	Osječka	9	151	145	Sjever	Jug
Nerazvrstana	Dragutina Domjanića	35	125	83	Zapad	Istok
Nerazvrstana	Tina Ujevića	19	9	9	Zapad	Istok
Nerazvrstana	Marije Jurić Zagorke	23	98	36	Zapad	Jug

Prilog 2. Postojeća razina usluge analiziranih raskrižja

Postojeća razina usluge analiziranih raskrižja							
Broj	Naziv raskrižja	Upravljanje	Metodologija	Kritični manevar	V/C	Kašnjenje (s/vozilu)	Razina usluge
1	Zagrebačka-Josipa Zorića-Osječka-Kolodvorska	Prometni znakovi	HCM 2010	Sjever-Jug ravno	0.11	25.7	D
2	Josipa Zorića-Kolodvorska	Prometni znakovi	HCM 2011	Istok-Zapad lijevo	0.092	8.1	A
3	Zagrebačka-Josipa Predavca	Prometni znakovi	HCM 2012	Jug-Sjever lijevo	0.373	29.2	D
4	Josipa Zorića-Hrvatskih branitelja	Prometni znakovi	HCM 2013	Jug-Sjever lijevo	0.191	22	C
5	Josipa Zorića-Oborovska	Prometni znakovi	HCM 2014	Jug-Sjever lijevo	0.266	50	E
6	Zagrebačka-A. I B. Božikovića	Prometna svjetla	HCM 2015	Jug-Sjever desno	0.473	13	B
7	Zagrebačka-Kaufland	Prometna svjetla	HCM 2016	Jug-Sjever desno	0.362	9.3	A

Prilog 3. Razina usluge nakon rekonstrukcije analiziranih raskrižja

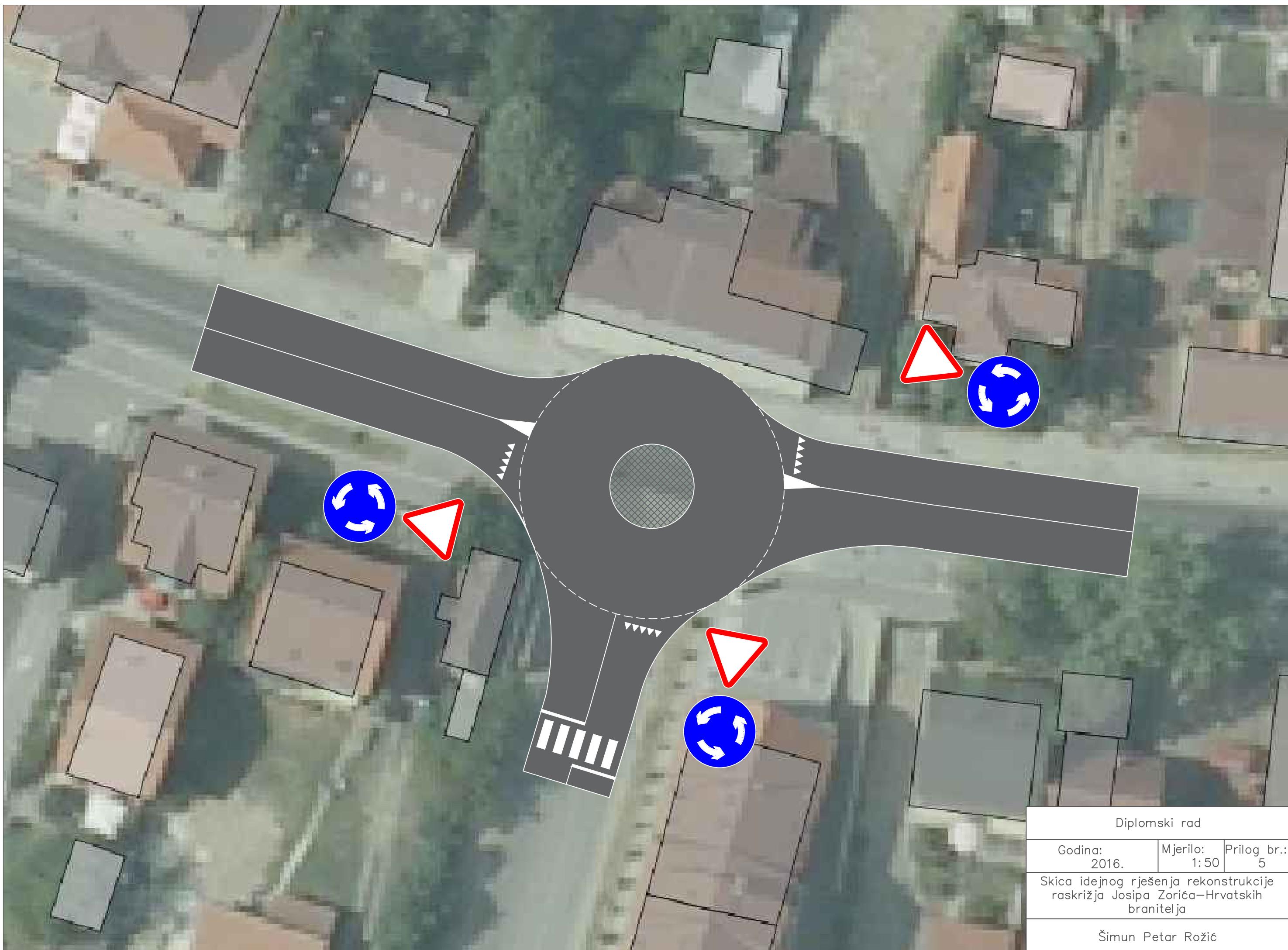
Razina usluge nakon rekonstrukcije analiziranih raskrižja						
Broj	Naziv raskrižja	Upravljanje	Metodologija	Kritični manevar	Kašnjenje (s/vozilu)	Razina usluge
1	Zagrebačka-Josipa Zorića-Osječka-Kolodvorska	Kružni tok prometa	HCM 2010	Istok-zapad ravno	8.3	A
3	Zagrebačka-Josipa Predavca	Kružni tok prometa	HCM 2012	Istok-zapad ravno	9.3	A
4	Josipa Zorića-Hrvatskih branitelja	Kružni tok prometa	HCM 2013	Istok-zapad ravno	8.5	A
5	Josipa Zorića-Oborovska	Kružni tok prometa	HCM 2014	Istok-zapad ravno	14.8	B

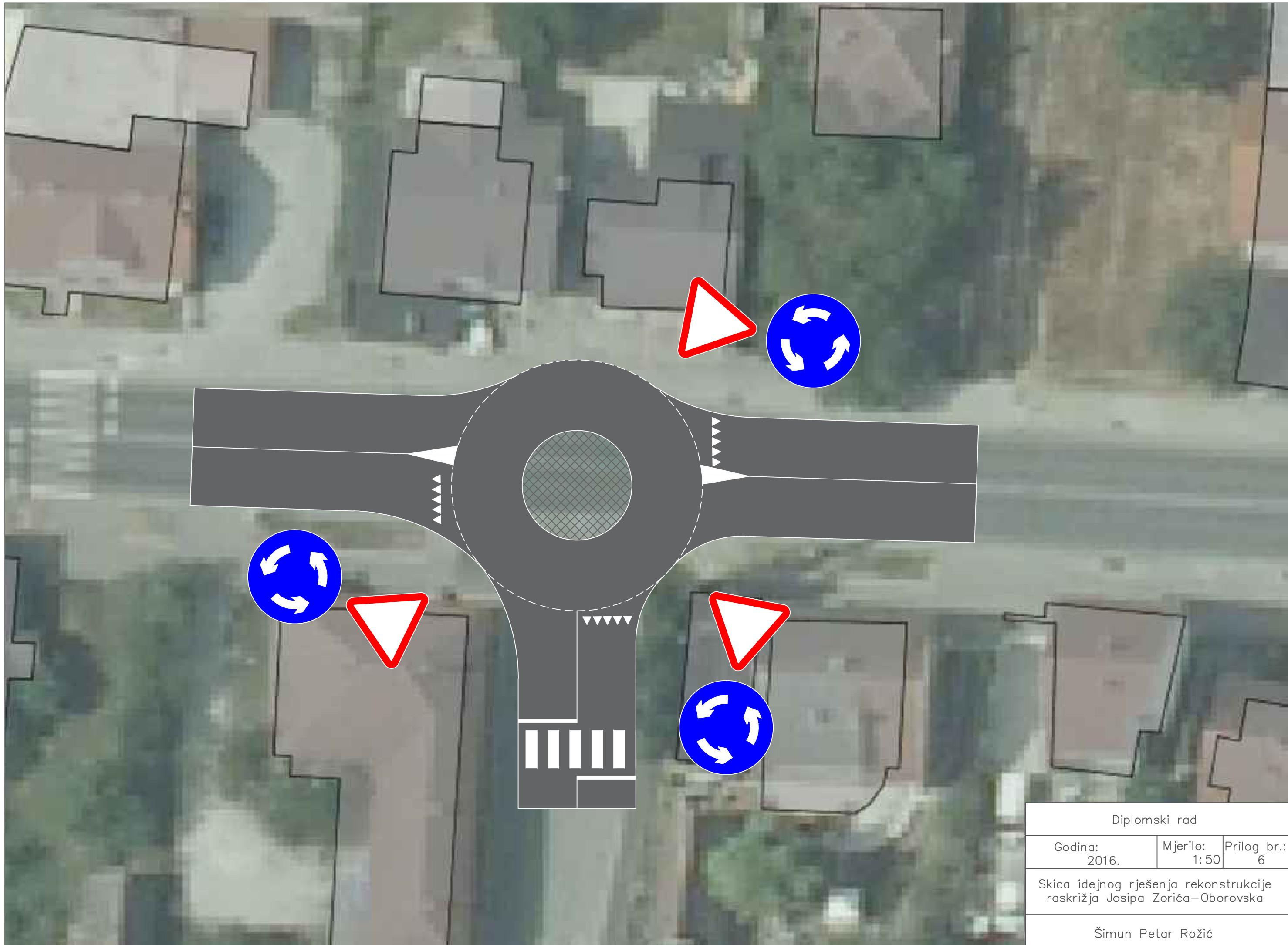


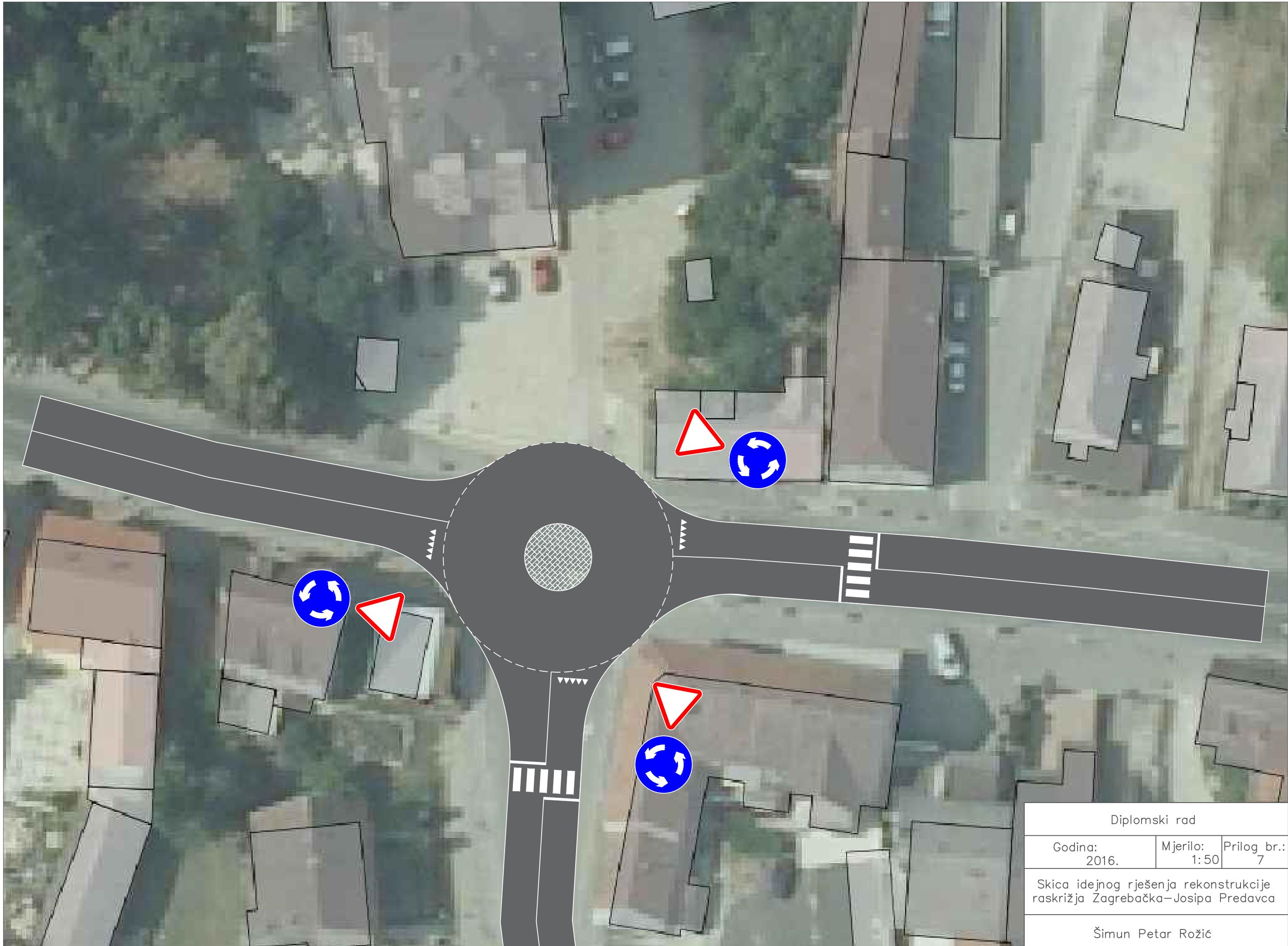
Diplomski rad

Godina: 2016.	Mjerilo: 1:100	Prilog br.: 4
Skica idejnog rješenja rekonstrukcije raskrižja Zagrebačke–Josipa Zorića–Osječka–Kolodvorska		

Šimun Petar Rožić







Diplomski rad

Godina: 2016.	Mjerilo: 1: 50	Prilog br.: 7
------------------	-------------------	------------------

Skica idejnog rješenja rekonstrukcije
raskrižja Zagrebačka–Josipa Predavca

Šimun Petar Rožić



Diplomski rad

Godina: 2016.	Mjerilo: 1:150	Prilog br.: 8
------------------	-------------------	------------------

Skica trase deniveliranih
željezničko–cestovnih prijelaza s
profilom prometnice

Šimun Petar Rožić

METAPODACI

Naslov rada: Prijedlozi rješenja za optimizaciju prometnih tokova u prometnom sustavu grada Dugog Sela

Student: Šimun Petar Rožić

Mentor: dr.sc. Marko Šoštarić

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Preliminary solutions for optimization of traffic streams of traffic system in city of Dugo Selo

Povjerenstvo za obranu:

- prof. dr. sc. Andelko Ščukanec - predsjednik
- dr. sc. Marko Šoštarić - mentor
- dr. sc. Luka Novačko - član
- izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan - zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: diplomski

Studij: Promet

Datum obrane diplomskog rada: 27.09.2016.

Napomena: pod datum obrane diplomskog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.

METADATA

Title: Preliminary solutions for optimization of traffic streams of traffic system in city of Dugo Selo

Student: Šimun Petar Rožić

Mentor: dr.sc. Marko Šoštarić

Title in Croatian:

Prijedlozi rješenja za optimizaciju prometnih tokova u prometnom sustavu grada Dugog Sela

Thesis defence committee:

- prof.dr.sc. Andelko Ščukanec - chairperson
- dr.sc. Marko Šoštarić - mentor
- dr.sc. Luka Novačko - member
- izv.prof.dr.sc. Dubravka Hozjan - substitute

Institution which awards the academic degree: Faculty of Transport and Traffic Sciences,
University of Zagreb

Department: Department of road transport

Level of study: graduate

Study programme: Transport

Date of thesis defence: 27.09.2016.

Note: Date of thesis defence should be the first arranged defence date.



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 Prijedlozi rješenja za optimizaciju prometnih tokova u prometnom sustavu grada Dugog Sela

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

U Zagrebu, 26-09-16

Student/ica:

Š. Róžid
(potpis)



University of Zagreb
Faculty of Transport and Traffic Sciences
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

DECLARATION OF ACADEMIC INTEGRITY AND CONSENT

I declare and confirm by my signature that this diplomski rad
is an exclusive result of my own work based on my research and relies on published literature,
as can be seen by my notes and references.

I declare that no part of the thesis is written in an illegal manner,
nor is copied from unreferenced work, and does not infringe upon anyone's copyright.

I also declare that no part of the thesis was used for any other work in
any other higher education, scientific or educational institution.

I hereby confirm and give my consent for the publication of my diplomskog rada
titled Preliminary solutions for optimization of traffic streams of traffic
system in city of Dugo Selo

on the website and the repository of the Faculty of Transport and Traffic Sciences and
the Digital Academic Repository (DAR) at the National and University Library in Zagreb.

In Zagreb, 26 September 2016

Student:
Š. Rožić
(signature)