

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Ana Drljo

**OPTIMIZACIJA ODVIJANJA POSTOJEĆIH PROMETNIH
TOKOVA NA RASKRIŽJU MAGISTRALNI PUT M17-
MAGISTRALNI PUT M17.3 U GRADU MOSTARU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

Zagreb, 8. svibnja 2023.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**
Predmet: **Teorija prometnih tokova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7082

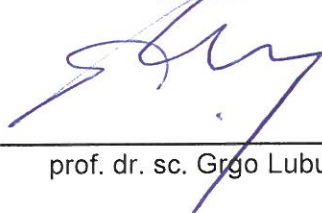
Pristupnik: **Ana Drljo (0135268270)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Optimizacija odvijanja postojećih prometnih tokova na raskrižju Magistralni put M17-Magistralni put M17.3 u gradu Mostaru**

Opis zadatka:

U diplomskom radu definirat će se mikro i makro lokacija raskrižja, te će se na temelju analize postojećeg stanja utvrditi sve nepravilnosti koje uzrokuju potrebu za optimiziranjem prometnih tokova. Izvršit će se ručno brojanje prometa kako bi se utvrdila struktura prometa koji se odvija na promatranom području, te će se na temelju dobivenih rezultata odrediti buduća prometna potražnja. Sukladno s tim, predložiti će se rješenja koja će omogućiti optimiziranje postojećih prometnih tokova, povećanje razine usluge i sigurnosti svih sudionika u prometu. U zavšnom dijelu rada prikazat će se evaluacija idejnih rješenja kako bi se utvrdila njihova opravdanost.

Mentor:



prof. dr. sc. Grgo Luburić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**OPTIMIZACIJA ODVIJANJA POSTOJEĆIH PROMETNIH TOKOVA NA
RASKRIŽJU MAGISTRALNI PUT M17- MAGISTRALNI PUT M17.3 U
GRADU MOSTARU**

**OPTIMIZATION OF EXISTING TRAFFIC FLOWS AT THE M17 AND
M17.3 INTERSECTION IN THE CITY OF MOSTAR**

Mentor: prof. dr. sc. Grgo Luburić

Student: Ana Drljo

JMBAG: 0135268270

Zagreb, srpanj 2023.

OPTIMIZACIJA ODVIJANJA POSTOJEĆIH PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJU MAGISTRALNI PUT M17- MAGISTRALNI PUT M17.3 U GRADU MOSTARU

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu dati su prijedlozi rješenja u svrhu optimizacije postojećeg stanja raskrižja u naselju Buna, u gradu Mostaru. Na osnovu provedene analize postojećeg stanja, odnosno analize prometnih tokova, brojanja prometa i analize sigurnosti, utvrđeni su nedostaci, odnosno razlozi zbog kojih dolazi do repova čekanja, prometnih nesreća, te samim time do smanjenja sigurnosti svih sudionika u prometu. Uvidom u stvarno stanje raskrižja dati su prijedlozi rješenja u skladu s prometnim zahtjevima za postojeće stanje kao i za prognozirano razdoblje za budućih 20 godina. Predložena rješenja izrađena su u programskom alatu AutoCad. Na samom kraju, u svrhu utvrđivanja učinkovitosti predloženih rješenja, pomoću programskog alata PTV Vissim provedena je evaluacija predloženih rješenja, te komparacija izlaznih rezultata simulacijskog modela. Na osnovu komparacije izlaznih rezultata predlaže se rješenje koje odgovara prometnim zahtjevima raskrižja na osnovu razine usluge, repa čekanja, maksimalnog repa čekanja i vremena kašnjenja.

KLJUČNE RIJEČI: analiza postojećeg stanja, idejno rješenje, prognoza prometa, rep čekanja, prometni tok

OPTIMIZATION OF EXISTING TRAFFIC FLOWS AT THE M17 AND M17.3 INTERSECTION IN THE CITY OF MOSTAR

SUMMARY

In this master's thesis, proposals for solutions were provided with the aim of optimizing the existing condition of the intersection in the Buna neighborhood, located in the city of Mostar. Based on the analysis of the current situation, including the analysis of traffic flows, traffic counting, and safety assessment, deficiencies and reasons for traffic congestion, accidents, and consequently reduced safety for all road users were identified. After examining the actual state of the intersection, solutions were proposed in accordance with the traffic requirements for the current condition, as well as for the projected period of the next 20 years. The proposed solutions were developed using the AutoCAD software tool. In order to determine the effectiveness of the proposed solutions, an evaluation of the proposed solutions was conducted using the PTV Vissim software tool, along with a comparison of the output results of the simulation model. Based on the comparison of the output results, a solution is proposed that meets the traffic requirements of the intersection based on the level of service, queue length, maximum queue length, and delay time.

KEYWORDS: analysis of the existing condition, conceptual solution, traffic forecast, queue length, traffic flow

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA	3
2.1. Makro zona obuhvata.....	5
2.2. Mikro zona obuhvata	6
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA	8
3.1. Analiza postojećeg stanja prometne infrastrukture.....	9
3.2. Analiza postojećih prometnih tokova	14
3.2.1. Analiza postojećih prometnih tokova za jutarnji vršni sat.....	16
3.2.2. Analiza postojećih prometnih tokova za popodnevni vršni sat	21
3.3. Analiza sigurnosti	26
4. ANALIZA PROMETNE POTRAŽNJE U BUDUĆNOSTI	32
4.1. Prognoza prometa primjenom metode jednakih budućih faktora rasta	32
4.2. Prognoza prometa za jutarnji vršni sat.....	33
4.3. Prognoza prometa za popodnevni vršni sat	38
5. PRIJEDLOZI OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA	42
5.1. Idejno rješenje 1 – Raskrižje s kružnim tokom prometa.....	43
5.2. Idejno rješenje 2 – Kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika	46
6. EVALUACIJA REZULTATA OPTIMIZACIJE PROMETNIH TOKOVA	51
6.1. Evaluacija postojećeg stanja	53
6.2. Evaluacije idejnog rješenja 1	56
6.2. Evaluacije idejnog rješenja 2	63
6.3. Komparacija predloženih rješenja.....	69
7. ZAKLJUČAK	75
LITERATURA	77
POPIS KRATICA.....	78
POPIS SLIKA:.....	79
POPIS TABLICA:	80
POPIS GRAFIKONA:	82
POPIS PRILOGA:	83

1.UVOD

Kvalitetan prometni sustav predstavlja jedan od najvažnijih čimbenika za razvoj određenog područja, pa bi se prilikom izgradnje prometnica trebala obratiti pažnja na sve brže razvijanje i povećanje prometnog sustava, te ga prilagoditi trenutnim i budućim zahtjevima korisnika, tj omogućiti da razvoj prometa prati razvoj infrastrukture kako bi se izbjeglo smanjenje sigurnosti i razine uslužnosti svih sudionika u prometu. Najčešći oblik stvaranja prometnih zagušenja očituje se na cestovnim čvorištima gdje dolazi do spajanja dviju ili više cesta, odnosno na prometnicama sa sličim intenzitetima prometa, te je vrlo kompleksan proces naći zadovoljavajuće rješenje koje omogućava sigurno i neometano odvijanje prometnih procesa.

Kroz ovaj diplomski rad prikazat će se problem nastanka zagušenja i smanjenja sigurnosti na raskrižju Magistralni put M17-Magistralni put M17.3 u gradu Mostaru, gdje dolazi do stvaranja velikih repova čekanja, prometnih nesreća i smanjenja sigurnosti svih sudionika u prometu.

Cilj diplomskog rada jeste predloženim rješenjima dovesti do optimizacije prometnih tokova na navedenom raskrižju. Idejna rješenja predlažu se na osnovu analize postojećeg stanja, u koju spadaju analiza prometne infrastrukture, analiza prometnih tokova analiza sigurnosti, te se nakon utvrđivanja problema vrši izračun prometne prognoze kako bi se mogla utvrditi opravdanost datih rješenja u budućnosti. Izlaznim podacima idejnih rješenja, dobivenih pomoću programskog alata vrši se komparacija datih rješenja s postojećim stanjem, te se predlaže rješenje koje zadovoljava trenutne i buduće zahtjeve na ovoj dionici ceste.

Sukladno s tim, ovaj rad podijeljen je u nekoliko poglavlja:

1.Uvod

2.Definiranje zone obuhvata

3.Analiza postojećeg stanja

4. Analiza prometne potražnje u budućnosti

5. Prijedlozi optimizacije odvijanja prometnih tokova

6. Evaluacija rezultata optimizacije prometnih tokova

7. Zaključak

U drugom dijelu diplomskog rada definira se zona obuhvata predmetnog raskrižja, gdje se uz mikro i makro lokaciju vrši detaljan opis samog raskrižja, kao i svih cesta i objekata koji utječu na odvijanje prometnih tokova na ovoj dionici.

Treće poglavlje odnosi se na analizu postojećeg stanja koja predstavlja najvažniji čimbenik za definiranje problematike raskrižja. Analiza postojećeg stanja podijeljena je na analizu prometne infrastrukture kojom su opisani privozi, signalizacija i stanje infrastrukture raskrižja, zatim analizu prometnih tokova kojom je kroz ručno brojanje prometa dat uvid u trenutno opterećenje raskrižja, te analizom sigurnosti koja daje brojčane podatke o prometnim nesrećama na ovom području.

Kroz četvrto poglavlje prikazan je izračun prognoze prometa primjenom metode jednakih budućih faktora rasta za prognozirana razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina, temelji se na podacima o prometnom opterećenju. Glavna svrha brojanja prometa jeste provjera opravdanosti datih rješenja kroz godine.

Peto poglavlje prikazuje prijedloge idejnih rješenja izrađenih na temelju prethodno spomenutih analiza i podataka. Kao prvo rješenje predlaže se srednje veliko kružno raskrižje, a kao drugo rješenje raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika, oba izrađena u programskom alatu Auto Cad.

Kroz šesto poglavlje data je usporedba svakog od rješenja na osnovu izlaznih podataka poput prosječnog repa čekanja, maksimalnog repa čekanja, vremena kašnjenja i razine usluge koji su dobiveni pomoću programskog alata PTV Vissim, a sve u svrhu dobivanja rješenja koje zadovoljava sve uvijete prometne potražnje.

U sedmom, ujedno i posljednjem poglavlju dati su zaključci koji potkrepljuju cjelokupni rad, te se na temelju rezultata istraživanja odabire optimalno idejno rješenje.

2. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA

Zona obuhvata odnosi se na područje koje će se analizirati i istraživati, a može se prikazati kroz šire i uže područje obuhvata. Šira zona obuhvata odnosi se na cjelokupnu prometnu mrežu u naselju Buna, odnosno na sve prometnice i elemente koji na bilo koji način utječu na funkcioniranje raskrižja Magistralni put M17 – Magistralni put M17.3, dok se uža zona obuhvata odnosi na lociranje samog raskrižja, te svih prometnica i elemenata koji su usko povezani s istim.

Prostorni obuhvat može se definirati na dva načina

- opisno: navođenjem granica područja (ulice, željezničke pruge, prometnice, rijeke itd.)
- grafički: ucrtavanjem područja obuhvata na određenoj kartografskoj podlozi (DOF, HOK, TK-25, GIS, plan grada, podloga katastra itd.) [1].

Magistralni put M17 prikazan na Slici 1. povezuje granični prijelaz GP Bosanski Šamac i granični prijelaz GP Doljani, preko Doboja, Zenice, Sarajeva, Mostara, i Čapljine. Cesta je duga 400 km, te se u Bosanskom Šamcu nadovezuje na hrvatsku državnu cestu D7, a na graničnom prijelazu GP Doljani na hrvatsku Državnu cestu D9. Magistralni put M17 također je dio i europskog međunarodnog puta E73 [2].



Slika 1. Položaj Magistralnog puta M17

Izvor: [2]

Magistralni put M17.3 prikazan na Slici 2. povezuje grad Stolac i Neum, a cesta je duga 40km i u Stocu se nadovezuje na Magistralnu cestu M6, a u Neumu na Magistralnu cestu M2. Ova cesta je od posebnog značaja budući da je to jedina veza Neuma i izlaza Bosne i Hercegovine na Jadransko more. [2].



Slika 2. Položaj Magistralnog puta M17.3

Izvor: [2]

Raskrižje Magistralni put M17 i Magistralni put M17.3 nalazi se u naselju Buna, 12km južno od grada Mostara te predstavlja glavnu poveznicu grada s južnim dijelom Republike Hrvatske, a služi i kao svakodnevna ruta velikom broju okolnog stanovništva.

Pored velikog broja osobnih automobila, te vozila javnog gradskog prijevoza, spomenutim raskrižjem svakodnevno se kreće značajan broj teretnih vozila koja putuju prema industrijskoj zoni Hodovo preko priključka M17.3, kako iz cijele Bosne i Hercegovine tako i iz Republike Hrvatske.



Slika 3. Položaj naselja Buna

[2]

Prema podacima popisa stanovništva iz 2013.godine u naselju Buna nalazi se 1.291 stanovnik, kojima promatrani prometni tokovi predstavljaju iznimnu važnost za obavljanje svakodnevnih životnih obveza. Naselje je podijeljeno na nekoliko dijelova: Blaževići, Buna, Brodari, Kula, Leke, Mlinice, Čerkezi i Pržina, a položaj naselja Buna prikazan je na Slici 3.

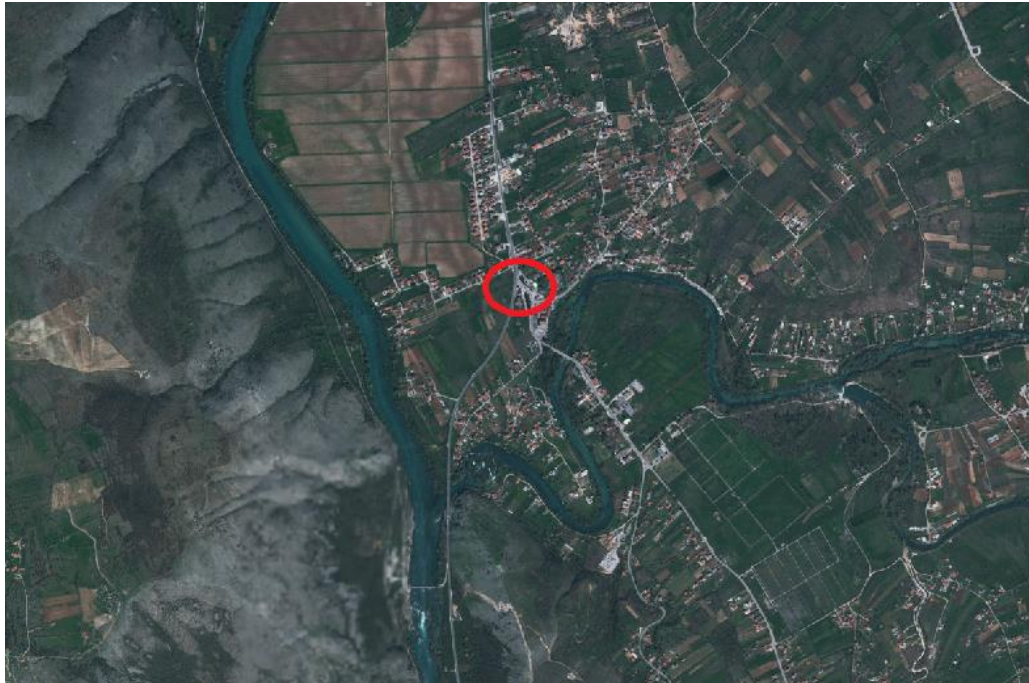
Također, važno je spomenuti da su navedeni cestovni pravci od velike važnosti za povezivanje s turističkim središtima koja se nalaze nedaleko od grada, što bi značilo da se za vrijeme ljetne sezone javljaju znatno veća zagušenja.

2.1. Makro zona obuhvata

Makro lokacijom se nastoje prikazati sve prometnice i elementi koji su od značaja za promatrano raskrižje, odnosno na određeni način utječu na odvijanje prometnih tokova. Raskrižje Magistralni put M17-Magistralni put M17.3 nalazi se na južnoj strani grada Mostara, te predstavlja glavni cestovni pravac koji se proteže sve od granice s Republikom Hrvatskom na južnoj strani, do glavnog grada Bosne i Hercegovine, Sarajeva na sjevernoj strani.

Magistralni put M17.3 koji predstavlja priključak glavnom magistralnom putu od izrazite je bitnosti budući da je jedini cestovni pravac koji spaja kako grad Mostar tako i Republiku

Hrvatsku s industrijskom zonom Hodovo, te svakodnevno, osim za stanovnike služi kao glavna prometnica za veliki broj teretnih vozila, ali i vozila javnog gradskog prometa budući da se na tom području nalazi i škola, naselje Hodbina, te grad Stolac. Makro lokacija raskrižja prikazana je na Slici 4.



Slika 4. Prikaz makro lokacije navedenog raskrižja

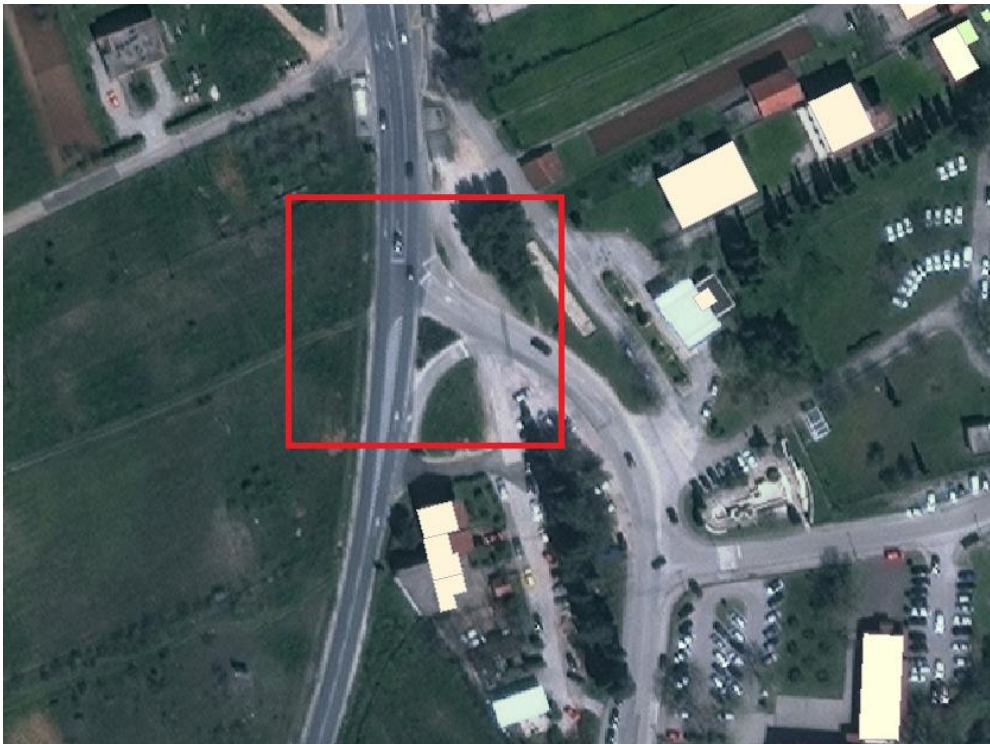
Izvor: [3]

2.2. Mikro zona obuhvata

Mikro lokacijom, odnosno užom zonom obuhvata podrazumijeva se položaj objekta, tj raskrižja na manjem području prometne mreže. U ovom radu analizirano je trokrako raskrižje u naselju Buna, koje se račva prema objektima koji veliki broj okolnog stanovništva svakodnevno posjećuje, ali i prema raznim povijesnim i prirodnim znamenitostima koje privlače veliki broj turista, što se posebno očituje u periodu od travnja do listopada.

U blizini raskrižja nalazi se osnovna škola, odmorište Bunica, hotel Buna, katolička i pravoslavna crkva, izvorište Blagaj, te mnogi drugi sadržaji koji privlače velik broj putovanja tijekom cijele godine.

Glavna cesta koja čini ovo raskrižje jeste Magistralni put M17 koji se prostire od granice s Republikom Hrvatskom sve do glavnog grada Bosne i Hercegovine, Sarajeva. Njen glavni nedostatak je što dovodi do stvaranja velikih repova čekanja na sporednom priključku Magistralnom putu M17.3, zbog velikog broja vozila, kao i zbog razvijanja velikih brzina na tom području budući da se cesta većim dijelom prostire kao pravac. Mikro lokacija raskrižja prikazana je na Slici 5.



Slika 5. Prikaz mikro lokacije navedenog raskrižja

Izvor: [3]

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Analiza postojećeg stanja predstavlja analizu svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnog procesa, a bitna je radi dobivanja uvida u stvarno stanje na analiziranim prometnicama, bez obzira radi li se samo o korekcijskim zahvatima ili nekom većem investicijskom zahvatu [1].

Na osnovu podataka dobivenih analizom postojećeg stanja na raskrižju Magistralni put M17-Magistralni put M17.3 utvrđuju se svi nedostaci odvijanja prometnih tokova, odnosno razlozi koji dovode do potrebe za optimiziranjem raskrižja, te se na temelju tih rezultata utvrđuju i predlažu idejna rješenja koja bi dovela do poboljšanja odvijanja prometnih tokova na navedenom području.

Analiza postojećeg stanja u prometu može se lako uočiti promatranjem ili mjerenjima gdje se javljaju zastoji i poteškoće u odvijanju prometa. Time se dolazi do identifikacije kritičnih mjesta koje treba sanirati. Saniranjem takvog mjesta ili više mjesta često se kao rezultat dobiju nova „uska grla” u prometu. Ovakvi primjeri su rezultat izoliranog promatranja odvijanja prometnih tokova na jednom raskrižju. Rekonstrukcije u cilju otklanjanja uskih grla u prometu mogu se javljati na različitim dijelovima mreže, a najčešće se javljaju na raskrižjima. Međutim, ovakvim se pristupom ne mogu i ne smiju rješavati problemi odvijanja prometa u mreži ulica. Manje rekonstrukcije mogu dati dobre rezultate samo onda ako se sagledavaju u okvirima ukupne organizacije prometa u mreži ulica. Ovakav pristup omogućuje, uz minimalne investicije, optimalno korištenje postojeće mreže [4].

Ovisno o vrsti rekonstrukcije, analiziraju se različiti elementi, a u slučaju rekonstrukcije ovog raskrižja izvršene su i obrađene sljedeće analize:

- analiza postojeće prometne infrastrukture,
- analiza postojećih prometnih tokova.
- analiza sigurnosti.

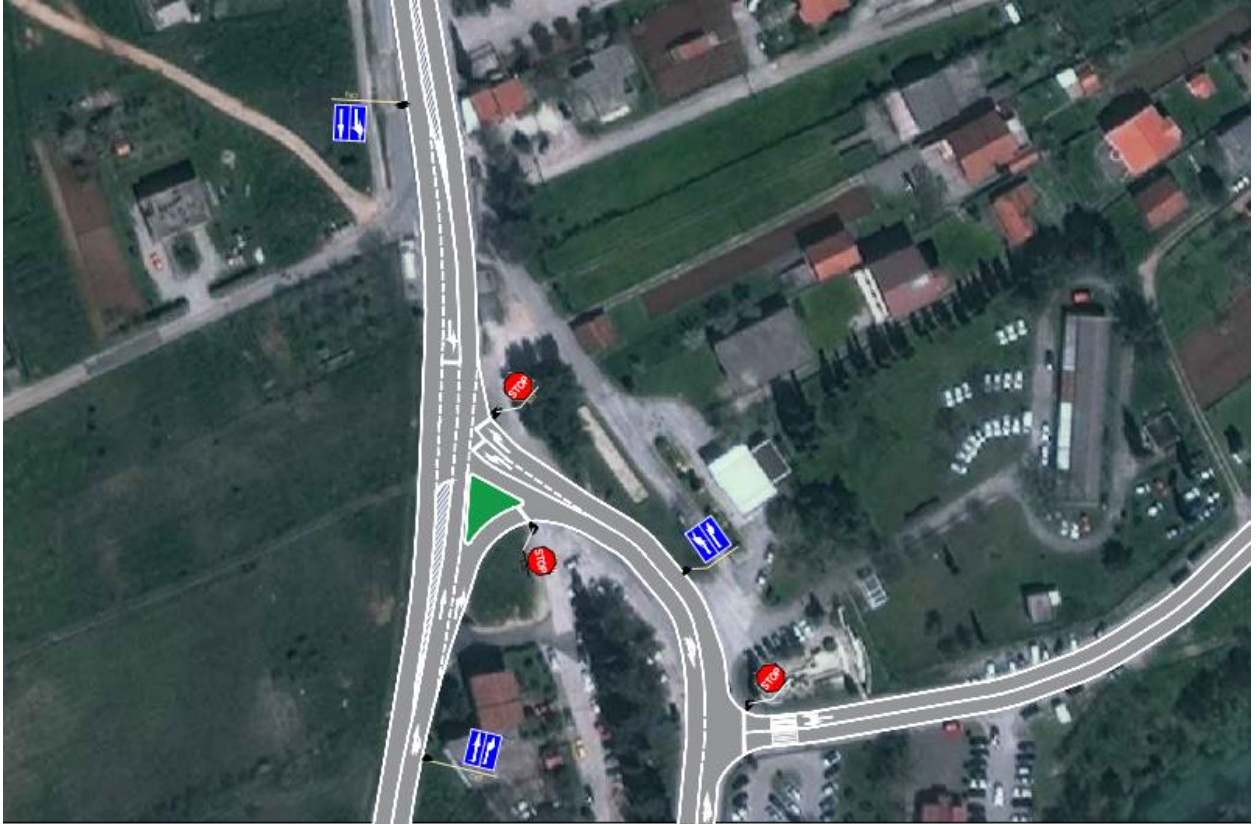
3.1. Analiza postojećeg stanja prometne infrastrukture

Analiza postojećeg stanja prometne infrastrukture na području navedenog raskrižja u gradu Mostaru bitna je kako bi se utvrdilo i ocijenilo postojeće stanje osnovnih značajki koje utječu na smanjenje sigurnosti raskrižja. Prilikom analize postojeće infrastrukture cestovnog prometa, prometnice koje imaju pristup navedenim raskrižjima predstavljaju nerazvrstane ceste.

Postojeće raskrižje nalazi se u naselju Buna, južno od grada Mostara te predstavlja glavni pravac koji povezuje južni dio Republike Hrvatske s gradom. Dionica se sastoji od dvotračne ceste s jednim prometnim trakom za oba smjera vožnje, a širina trakova iznosi 6,5 m (2*3,25 m).

Problematiku raskrižja čini njegov priključak Magistralni put M17.3 koji se proteže istočno od grada prema smjeru Stolac-Ploče i Stolac-Mostar, gdje se zbog velikog intenziteta prometa stvaraju veliki repovi čekanja prilikom uključivanja na glavni cestovni pravac, odnosno Magistralni put M17. Priključak se također sastoji od posebnog traka za svaki smjer kretanja, širine 3,25m po traku. Razlog stvaranja repova čekanja na sporednom pravcu uzorkovan je velikim intenzitetom vozila, kao i velikom brzinom kretanja vozila na glavnom cestovnom pravcu, gdje se bez obzira ograničenje brzine kretanja vozila od 60 km/h razvijaju puno veće brzine s obzirom da se navedena cesta većim dijelom proteže kao pravac, što onemogućava dovoljan vremenski razmak za uključivanje vozila sa sporednog privoza. Na navedenom raskrižju svakodnevno prolazi i veliki broj autobusa javnog gradskog prijevoza, kao i teretnih vozila koji se kreću sporednim privozom kako zbog industrijske zone Hodovo koja je važna za teretna vozila, tako i zbog autobusnih stanica i osnovne škole koja se nalazi na istočnoj strani raskrižja, a predstavlja važnost za vozila javnog gradskog prometa. Također, osim stvaranja velikih repova čekanja, veliki problem predstavlja smanjena sigurnost svih sudionika u prometu, te veliki broj prometnih nesreća koje za posljedicu imaju teško ozlijeđene ili smrtno stradale sudionike.

Prikaz postojećeg stanja raskrižja izrađen u programskom alatu AutoCad prikazan je na Slici 6.



Slika 6. Prikaz postojećeg stanja raskrižja.

Izvor: izradio autor

Slika 7. prikazuje oznake privoza raskrižja, gdje je sjeverni privoz, odnosno Magistralni put M17 (smjer sjever-jug) označen kao privoz 1, istočni privoz Magistralni put M17.3 (smjer istok-sjever, istok-jug) označen je kao privoz 2, dok je južni privoz Magistralni put M17.3 (smjer jug-sjever) označen kao privoz 3. Smjer glave ceste označavaju privozi 1 i 3.



Slika 7. Prikaz privoza raskrižja

Izvor: izradio autor

Privoz 1 odnosno Magistralni put M17 sastoji se od dvije kolničke i tri prometne trake od kojih se prometna traka za vozila iz smjera sjever-jug pred raskrižje razdvaja u dvije trake zbog vozila koja na raskrižju skreću ulijevo, tj. isključuju se s glavnog prometnog toka. Širina svih prometnih traka je 3,25m, a ograničenje brzine je 60 km/h. Prikaz privoza 1 nalazi se na Slici 8.



Slika 8. Prikaz sjevernog privoza raskrižja

Izvor: izradio autor

Privoz 2 odnosno Magistralni put M17.3 sastoji se od dvije kolničke i tri prometne trake. Dvije prometne trake su ulazne širine 3,25m od kojih je krajnja desna za vozila koja s raskrižja skreću desno, a središnja prometna traka za vozila koja na raskrižju skreću lijevo. Krajnja lijeva prometna traka čini izlaznu traku za vozila koja se isključuju s glavnog smjera, a njena širina je također 3,25m. Prikaz privoza 2 nalazi se na Slici 9.



Slika 9. Prikaz istočnog privoza raskrižja

Izvor: izradio autor

Privoz 3 čini Magistralni put M17 i nalazi se s južne strane raskrižja. Privoz se sastoji od dvije kolničke i dvije prometne trake. Desna prometna traka služi za vozila koja se kreću iz pravca jug-sjever, a pred samo raskrižje proširuje se na traku za usporenje vozila za ona vozila koja se isključuju s glavnog pravca prema istoku. Lijeva prometna traka služi za vozila koja se kreću pravcem sjever-jug, a širina trakova iznosi 3,25m. Privoz 3 prikazan je na Slici 10.



Slika 10. Prikaz južnog privoza raskrižja

Izvor: izradio autor

3.2. Analiza postojećih prometnih tokova

Analiza postojećih prometnih tokova odnosi se na brojanje prometa, te predstavlja osnovu za planiranje prometa i donošenje novih idejnih rješenja. Brojanjem prometa dobiva se uvid u trenutno opterećenje prometnica, na osnovu čega se procjenjuje potreba za rekonstrukcijom, izgradnjom novih prometnica ili optimiziranjem postojećeg stanja raskrižja.

Brojanje prometa predstavlja jedan od glavnih ulaznih podataka pri prometnom planiranju i projektiranju. Podatci dobiveni brojanjem prometa predstavljaju stvarnu trenutačnu sliku dinamike prometnih tokova. Ti podatci sastoje se od informacija kao što su: prometna opterećenja na cestovnim prometnicama, struktura prometnog toka, brzina kretanja vozila u prometnom toku, razmak između vozila u prometnom toku, smjerovi kretanja vozila u cestovnoj mreži, vršna opterećenja u određenim vremenskim rasponima i sl. Pri korištenju podataka dobivenih iz brojanja prometa poželjno je koristiti podatke iz prethodnih brojanja prometa, ako postoje. Na taj način vidljiv je razvoj neke sredine, s prometnog stajališta, u razdoblju nekoliko godina, desetljeća ili dulje [1].

Brojanja se mogu provoditi tokom jednog ili više dana, kontinuirano ili prekidno. Isto tako, potrebno je odrediti vremenske intervale unutar jednog dana, tj. broji li se samo nekoliko specifičnih sati u danu ili kontinuirano svi sati, a brojanje prometa može se obaviti [6]:

- ručno;
- automatski;
- kamerom;
- naplatno;
- satelitski;
- brojanje vozila prevezenih trajektima;
- brojanje na parkirališnim površinama.

Brojanje prometa treba planirati kada su uvjetima koji su pogodni i relevantni za promatrano područje [5]:

- u poslovnim područjima za vrijeme radnog dana u tjednu,
- u ljetu na rekreacijskim rutama,
- tijekom zime vikendom za rutu koja povezuje skijalište, itd.

Pri planiranju brojanja prometa potrebno je utvrditi da normalni prometni uvjeti nisu ometeni događajima kao što je

- rekonstrukcija ceste,
- važan kulturni događaj,
- posebna regulacija prometa zbog državnog sastanka, i drugo.

Prometni tokovi u stvarnosti sačinjeni su od različitih vrsta vozila. Prometni tok sastavljen od dvije ili više vrsta vozila naziva se nehomogeni ili mješoviti prometni tok. Nehomogeni tok potrebno je pretvoriti u uvjetno homogeni tok koji je ujedno i mjerodavan prometni tok za prometno tehnološko projektiranje. Kako bi se napravila prethodno navedena pretvorba potrebno je pojedine vrste vozila množiti s ekvivalentnom jedinicom osobnih automobila EJA. Veličina ekvivalenta je u funkciji vrste vozila, dužine vozila, voznodinamičkih karakteristika vozila, karakteristika puta i sl [6].

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, vozila će se svrstati u pet skupina. Ekvivalentne jedinice osobnih automobila za svaku skupinu vozila prikazuju se u Tablici 1. [7]:

Tablica 1. Ekvivalentne jedinice osobnih automobila za pojedine skupine vozila

KATEGORIJA	Koeficijent za pretvaranje broja vozila u EJA
Osobni automobil (OA)	1,0
Lako teretno vozilo (LT)	2,0
Teško teretno vozilo (TV)	3,0
Autobus (BUS)	2,5
Motocikl (MOT)	0,5

Izvor: Obrada više autora

U ovom slučaju brojanje prometa obavilo se ručno za svaki privoz raskrižja jutarnjem vršnom satu od 07:00 do 08:00h, dana 04.05.2023.godine (četvrtak), te u popodnevnom vršnom satu u period od 16:00-17:00h, dana 4.5.2023. (četvrtak).

3.2.1. Analiza postojećih prometnih tokova za jutarnji vršni sat

Analizom jutarnjeg vršnog sata je dobiven ukupni intenzitet prometa koji iznosi 1.770 vozila u periodu od sat vremena, od kojih je 1.601 osobnih automobila, 134 teretnih vozila, 16 autobusa i 19 motocikala. Za osobna vozila su brojana sva vozila do 6m duljine, a sva duža od toga kao teretna vozila ili autobusi. U nastavku će se tablično i grafički prikazati rezultati brojanja prometa za svaki privoz posebno u jutarnjem vršnom satu.

Tablica 2. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 1

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT
07:00-08:00	1-2	0' - 15'	54	2	1	1	0
		15' - 30'	42	1	2	0	0
		30' - 45'	30	2	2	1	1
		45 - 60'	64	3	1	1	0
		Ukupno	190	8	6	3	1
		Udio	91,35%	3,846%	2,89%	1,44%	0,48%
		EJA	190	16	18	7.5	0.5
	Sveukupno vozila	208					
Sveukupno EJA	232						

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
07:00-08:00	1-3	0' - 15'	58	4	2	0	0	
		15' - 30'	65	2	1	1	2	
		30' - 45'	74	2	2	1	0	
		45 - 60'	67	3	2	1	2	
		Ukupno	256	12	7	3	4	
		Udio	90,78%	4,26%	2,48%	1,06%	1,42%	
		EJA	256	22	21	7.5	2	
	Sveukupno vozila		282					
	Sveukupno EJA		308.5					

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 2. je vidljivo da je na privozu 1 u jutarnjem vršnom satu u period od 07:00 do 08:00h zabilježeno 490 vozila/h, odnosno 540.5 EJA/h od čega je najveći broj vozila koja se kreću glavnim pravcem prema privozu 3 (sjever-jug). Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 1, najveći broj čine osobna vozila s udjelom od 91,02% osobnih vozila, zatim 4,08% lakih teretnih vozila 2,65% teških teretnih vozila,, 1,22% autobusa i 1,02% motocikala.

Tablica 3. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 2

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
07:00-08:00	2-1	0' - 15'	128	7	4	2	3	
		15' - 30'	150	5	5	1	1	
		30' - 45'	122	6	4	1	2	
		45 - 60'	132	9	5	2	2	
		Ukupno	531	27	18	6	8	
		Udio	90,00%	4,58%	3,05%	1,02%	1,36%	
		EJA	531	54	54	15	4	
	Sveukupno vozila		590					
	Sveukupno EJA		658					

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
07:00-08:00	2-3	0' - 15'	16	2	1	0	0	
		15' - 30'	14	3	1	0	0	
		30' - 45'	15	2	2	1	1	
		45 - 60'	17	3	1	0	0	
		Ukupno	62	11	5	1	1	
		Udio	77,50%	13,75%	6,25%	1,25%	1,25%	
		EJA	62	22	15	2.5	0.5	
	Sveukupno vozila		80					
	Sveukupno EJA		102					

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 3. vidljivo je da je na privozu 2 u jutarnjem vršnom satu u period od 07:00-08:00h zabilježeno 670 voz/h, odnosno 760 EJA/h, od čega je najveći broj vozila koji se isključuju s glavnog pravca i ulijevaju u sporedni prometni tok (smjer sjever-istok) i to oko 590 voz/h. Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 2, najveći broj čine osobna vozila s udjelom od 88,51%, zatim 5,67% lakih teretnih vozila, 3,43% teških teretnih vozila, 1,34% motocikala i 1,04% autobusa.

Tablica 4. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 3

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
07:00-08:00	3-1	0' - 15'	124	7	4	1	2	
		15' - 30'	135	4	1	0	1	
		30' - 45'	142	4	3	1	0	
		45 - 60'	122	2	2	0	1	
		Ukupno	523	17	10	2	4	
		Udio	94,07%	3,06%	1,78%	0,36%	0,72%	
		EJA	523	34	30	5	2	
	Sveukupno vozila		556					
	Sveukupno EJA		594					

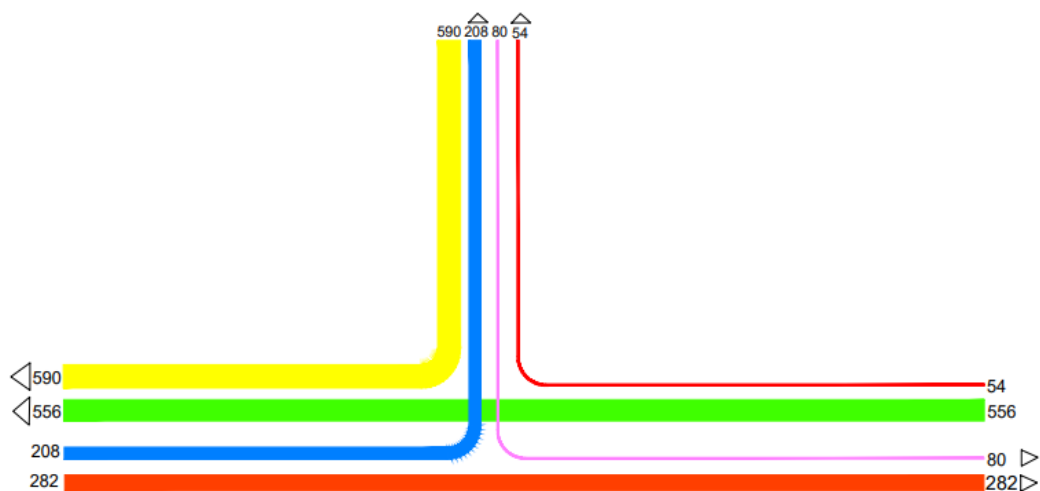
VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
07:00-08:00	3-2	0' - 15'	10	2	0	0	0	
		15' - 30'	13	1	2	1	1	
		30' - 45'	7	2	2	0	0	
		45 - 60'	9	3	1	0	0	
		Ukupno	39	8	5	1	1	
		Udio	72,22%	14,82%	9,26%	1,85%	1,85%	
		EJA	39	16	15	2.5	0.5	
	Sveukupno vozila			54				
	Sveukupno EJA			73				

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 4. vidljivo je da je na privozu 3 u jutarnjem vršnom satu u periodu od 07:00 do 08:00h zabilježeno je 610 voz/h odnosno 667 EJA/h, od čega je najveći broj vozila koja se kreću glavnim pravcem prema privozu 1 (jug-sjever). Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 3, najveći broj čine osobna vozila s udjelom od 92,13%, zatim 4,10% lakih teretnih vozila, 2,46% teških teretnih vozila 0,82% motocikla i 0,49% autobusa.

Na slici 11. prikazana je distribucija prometnih tokova u vršnom satu za svaki privoz kako slijedi:

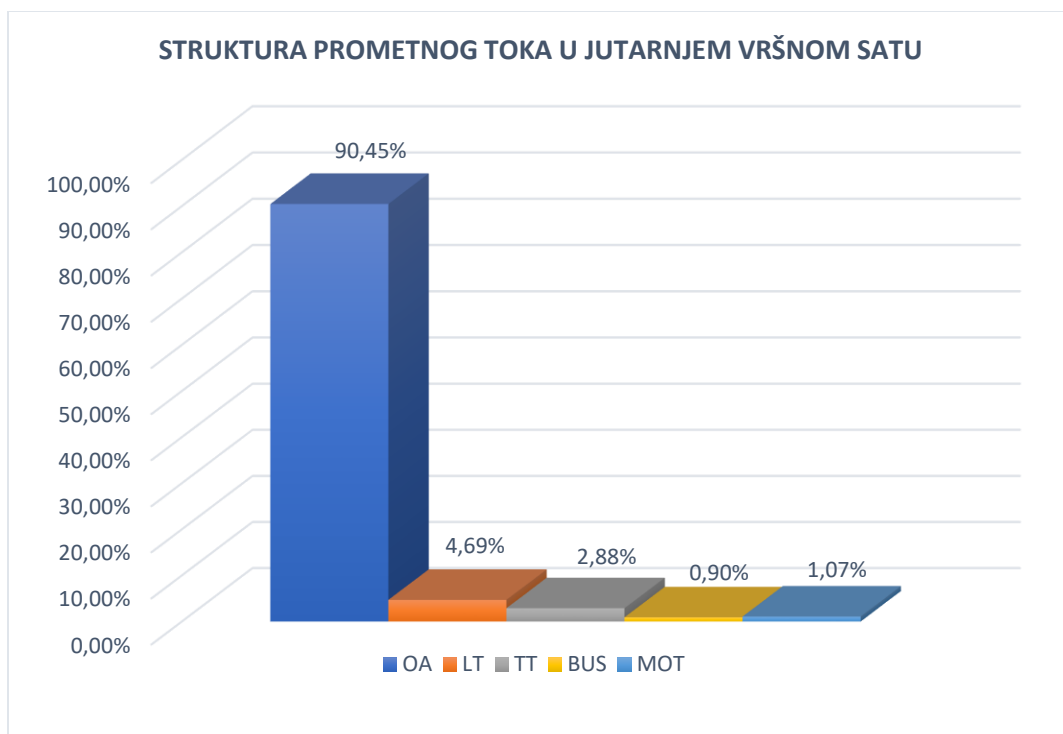
- Privoz 1 (M17) – 490 voz/h (540.5 EJA/h)
- Privoz 2 (M17.3) – 670 voz/h (760 EJA/h)
- Privoz 3 (M17) – 310 voz/h (667 EJA/h)



Slika 11. Intenzitet i distribucija prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu

Izvor: izradio autor

Na Grafikonu 1. prikazana je struktura prometnog toka u jutarnjem vršnom satu. Od ukupnog broja vozila koja su prošla raskrižjem najveći postotak čine osobni automobili s udjelom od 90,45%, zatim laka teretna vozila s udjelom od 4,69%, potom teška teretna vozila 2,88%, te motocikli s udjelom od 1,07% i autobusi od 0,90%. U teška teretna vozila podrazumijevaju se kamioni s prikolicom i tegljači s poluprikolicom.



Grafikon 1. Struktura prometnog toka u jutarnjem vršnom satu

Izvor: izradio autor

3.2.2. Analiza postojećih prometnih tokova za popodnevni vršni sat

Analizom popodnevnog vršnog sata je dobiven ukupni intenzitet prometa koji iznosi 1.983 vozila u periodu od sat vremena, od kojih je 1.809 osobnih automobila, 132 teretnih vozila, 18 autobusa i 24 motocikala. Za osobna vozila su brojana sva vozila do 6m duljine, a sva duža od toga kao teretna vozila. U nastavku će se tablično i grafički prikazati rezultati brojanja prometa za svaki privoz posebno u jutarnjem vršnom satu.

Tablica 5. Rezultati brojanja prometa u popodnevnom vršnom satu za privoz 1

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
16:00-17:00	1-2	0' - 15'	91	2	1	0	3	
		15' - 30'	93	3	3	1	1	
		30' - 45'	95	5	2	1	4	
		45 - 60'	87	2	2	0	0	
		Ukupno	366	12	8	2	8	
		Udio	92.42%	3.03%	2.02%	0.51%	2.02%	
		EJA	366	24	24	5	4	
	Sveukupno vozila		396					
	Sveukupno EJA		423					

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
16:00-17:00	1-3	0' - 15'	105	3	3	0	1	
		15' - 30'	117	5	2	1	4	
		30' - 45'	119	3	3	0	0	
		45 - 60'	113	2	1	1	1	
		Ukupno	454	13	9	2	6	
		Udio	93.80%	2.69%	1.87%	0.41%	1.24%	
		EJA	454	26	27	5	3	
	Sveukupno vozila		484					
	Sveukupno EJA		515					

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 5. vidljivo je da je na privozu 1 u popodnevnom vršnom satu u periodu od 16:00-17:00h zabilježeno 880 vozila/h, odnosno 938 EJA/h od čega je najveći broj vozila koja se kreću glavnim pravcem prema privozu 3 (jug-sjever). Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 1, najveći broj čine osobna vozila s udjelom od 93,18% osobnih vozila, zatim 2,841% lakih teretnih vozila 1,932% teških teretnih vozila, 1,59% motocikala i 0,455% autobusa.

Tablica 6. Rezultati brojanja prometa u popodnevnom vršnom satu za privoz 2

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
16:00-17:00	2-1	0' - 15'	97	7	3	2	3	
		15' - 30'	108	4	6	1	0	
		30' - 45'	117	10	4	3	0	
		45' - 60'	104	4	2	0	1	
		Ukupno	426	25	15	6	4	
		Udio	89.50%	5.25%	3.15%	1.26%	0.84%	
		EJA	426	50	45	15	2	
	Sveukupno vozila		476					
	Sveukupno EJA		538					

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
16:00-17:00	2-3	0' - 15'	12	1	0	0	0	
		15' - 30'	9	2	0	0	1	
		30' - 45'	14	2	2	1	1	
		45' - 60'	12	1	0	0	0	
		Ukupno	47	6	2	1	2	
		Udio	81.03%	10.35%	3.44%	1.74%	3.44%	
		EJA	47	12	6	2.5	1	
	Sveukupno vozila		58					
	Sveukupno EJA		68.5					

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 6. vidljivo je da je na privozu 2 u popodnevnom vršnom satu u periodu od 16:00-17:00h zabilježeno 534 vozila/h, odnosno 938 EJA/h od čega je najveći broj vozila koja se kreću prema privozu 1 (istok-jug). Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 2, najveći broj čine osobna vozila s udjelom od 88.58% osobnih vozila, zatim 5,8% lakih teretnih vozila 3,18% teških teretnih vozila, 1,31% autobusa i 1,12% motocikala.

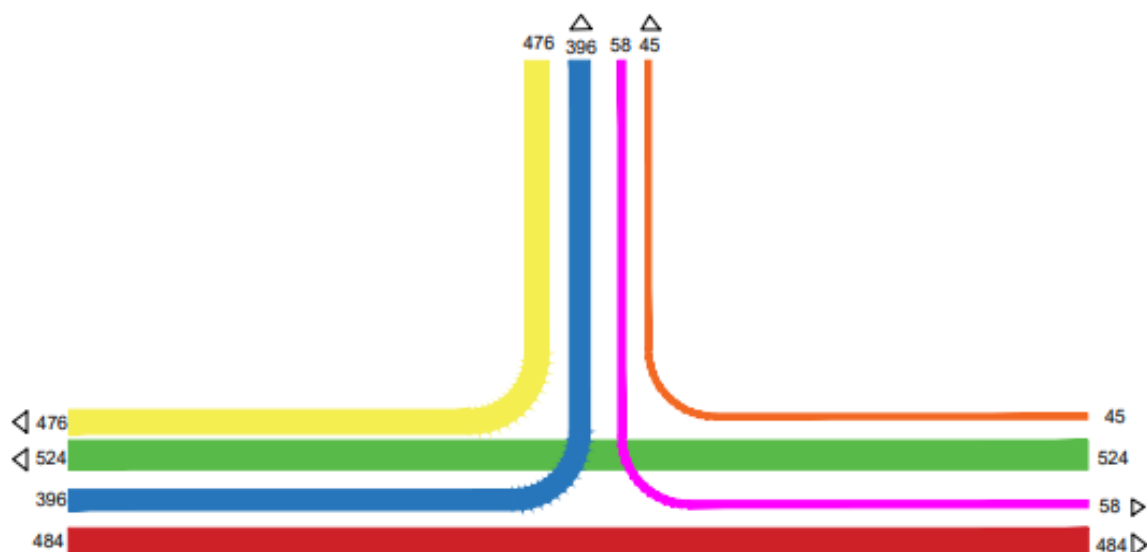
Tablica 7. Rezultati brojanja prometa u popodnevnom vršnom satu za privoz 3

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
16:00-17:00	3-1	0' - 15'	114	5	3	1	0	
		15' - 30'	117	3	2	2	2	
		30' - 45'	124	7	4	2	1	
		45 - 60'	127	6	2	1	1	
		Ukupno	482	21	11	6	4	
		Udio	91.99%	4.01%	2.09%	1.15%	0.76%	
		EJA	483	42	33	15	2	
	Sveukupno vozila		524					
	Sveukupno EJA		575					

VRIJEME	MANEVAR	15 INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
16:00-17:00	3-2	0' - 15'	9	2	0	0	0	
		15' - 30'	8	0	1	0	0	
		30' - 45'	11	3	1	1	0	
		45 - 60'	6	2	1	0	0	
		Ukupno	34	7	3	1	0	
		Udio	75.56%	15.56%	6.67%	2.22%	0,00%	
		EJA	34	14	9	0.5	0	
	Sveukupno vozila		45					
	Sveukupno EJA		57.5					

Izvor: izradio autor

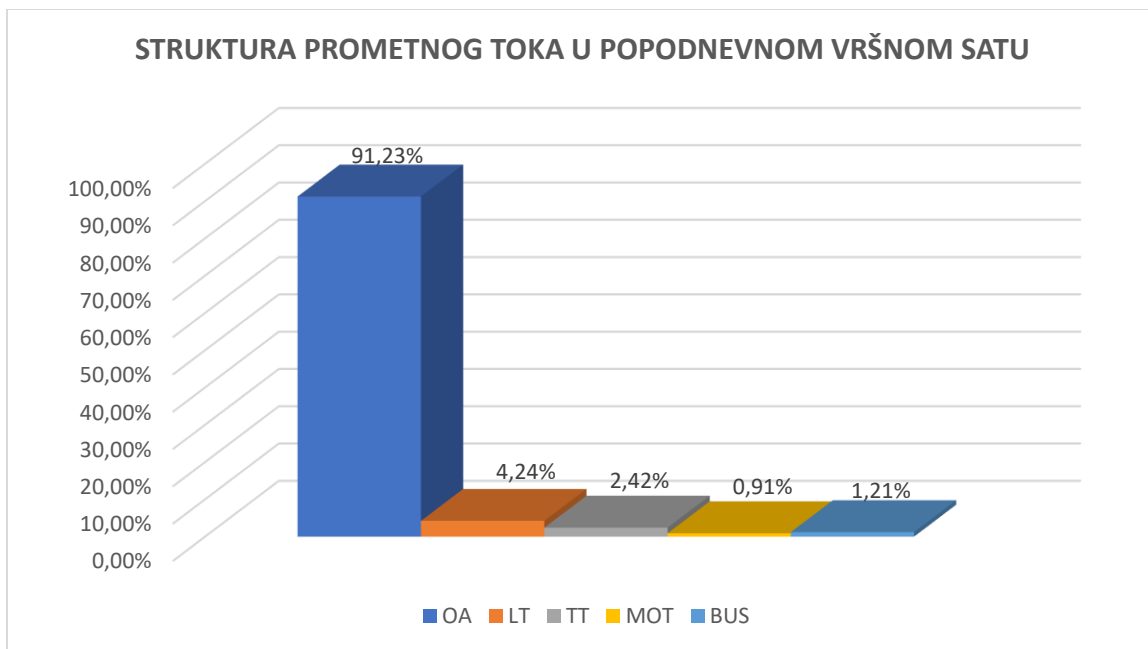
Iz tablice 7. Vidljivo je da je na privozu 3 u popodnevnom vršnom satu u periodu od 16:00-17:00h zabilježeno 569 vozila/h, odnosno 632.5 EJA/h od čega je najveći broj vozila koja se kreću prema privozu 1 (jug-sjever). Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 3, najveći broj čine osobna vozila s udjelom od 90,68% osobnih vozila, zatim 4,92% lakih teretnih vozila 2,46% teških teretnih vozila, 1,23%, autobusa i 0,70% motocikala. Slika 12. prikazuje intenzitet i distribuciju prometnih tokova u popodnevnom vršnom satu.



Slika 12. Intenzitet i distribucija prometnih tokova u popodnevnom vršnom satu

Izvor: izradio autor

Na Grafikonu 2. prikazana je struktura prometnog toka u popodnevnom vršnom satu. Od ukupnog broja vozila koja su prošla raskrižjem najveći postotak čine osobni automobili s udjelom od 91,22% što je 0,78% više u odnosu na jutarnji vršni sat, zatim laka teretna vozila s udjelom od 4,24% što je u odnosu na jutarnji vršni sat manje za 0,45%, potom slijede teška teretna vozila s udjelom od 2,42% dok su za jutarnji sat iznosila 0,46% više, te motocikli s udjelom od 1,21%, tj 0,14% više u odnosu na jutarnji vršni sat i autobusi od 0,90%, što je približno jutarnjem vršnom satu. U teška teretna vozila podrazumijevaju se kamioni s prikolicom i tegljači s poluprikolicom.



Grafikon 2. Struktura prometnog toka u popodnevnom vršnom satu

Izvor: izradio autor

3.3. Analiza sigurnosti

Analizom sigurnosti analizirana je preglednost raskrižja, sigurnost uključivanja vozila i konfliktne točke. Što se tiče preglednosti, ona je osigurana sa svih privoza, ali se zbog razvijanja velikih brzina na glavnom prometnom toku sigurnost smanjuje za vozila koja se sa sporednog prometnog toka uključuju na glavni tok, zbog otežane procjene vremenskog razmaka dovoljnog za uključivanje. Loša procjena mogućnosti uključivanja vozila, kao i prevelike brzine kretanja dovode do velikog broja prometnih nesreća koje na ovom dijelu ceste postaju sve učestalije, a za posljedicu imaju teško ozlijeđene ili smrtno stradale osobe.

Na raskrižjima je, zbog brojnih konfliktnih točaka, potrebno osigurati veću duljinu preglednosti od zaustavne. Vozač koji prilazi raskrižju treba imati pregled cijelog raskrižja, te dovoljnu preglednost da može uočiti vozila u glavnom toku i odabrati trenutak kada će se sigurno uključiti u prometni tok [8]. Duljina preglednosti duž sporedne ceste ovisi o načinu regulacije raskrižja i manevru skretanja. Vozač na sporednoj cesti mora pravovremeno uočiti vozila koja nailaze glavnom cestom te sigurno izvesti manevar uključivanja u promet ili presijecanja toka [9].

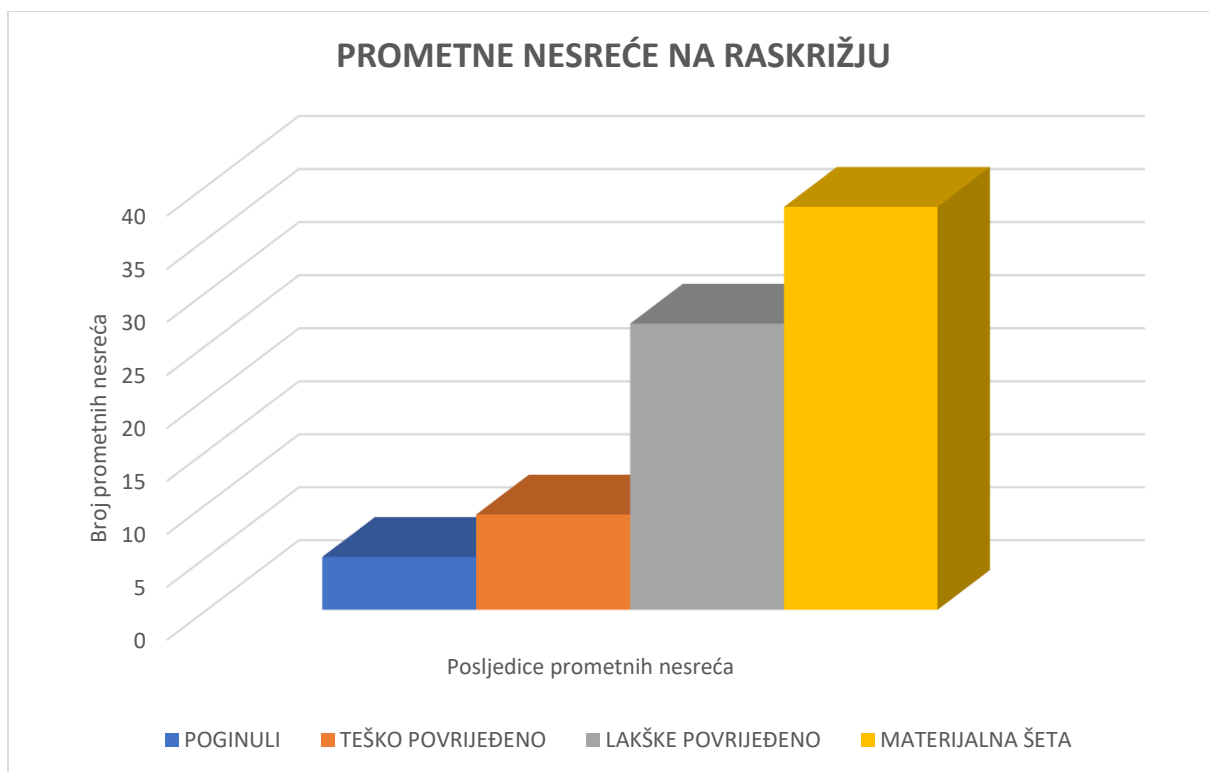
Prema statističkim podacima broj prometnih nesreća u Hercegovačko – neretvanskoj županiji za 2022.godinu iznosio je 1.740 prometnih nesreća, što je bilježilo porast od 3,45% u odnosu na 2021.godinu. Npropisna brzina i brzina neprilagođena uvjetima na cestama su jedan od najčešćih uzročnika izazivanja prometnih nesreća. Najveći broj prometnih nezgoda zabilježen je na ulicama u naselju, a zatim na magistralnim cestama, onda slijede lokalni, pa regionalne ceste, itd. [10].

Tablica 8. Broj prometnih nesreća na raskrižju tijekom 2022.godine

GODINA	BROJ PROMETNIH NESREĆA	LOKACIJA	POGINULI	TEŠKO POVRIJEĐENO	LAKŠE POVRIJEĐENO	MATERIJALNA ŠETA
2022.	38	Buna	5	9	27	38

Izvor: [11]

Prema podacima dobivenih od strane Ministarstva unutarnjih poslova grada Mostara, Tablica 8. prikazuje ukupan broj prometnih nesreća koje su se dogodile 2022.godine na navedenom raskrižju, iz koje je vidljivo se tijekom 2022.godine dogodilo 38 prometnih nesreća, od čega su dvije prometne nesreće imale za posljedicu smrtno stradale osobe (5,263%) (pet smrtno stradalih), tri prometne nesreće s teško povrijeđenim osobama (7,895%) (devet teško ozlijeđenih) a 17 s lakše povrijeđenim osobama (44,737%) (27 lakše ozlijeđenih), dok je 16 prometnih nesreća prošlo bez ozlijeđenih (42,105%). U svih 38 prometnih nesreća sudjelovala su osobna vozila kod koja je zabilježena je materijalna šteta. Grafički prikaz prometnih nesreća na raskrižju prikazan je na grafikonu 3.



Grafikon 3. Grafički prikaz prometnih nesreća na raskrižju tijekom 2022.godine

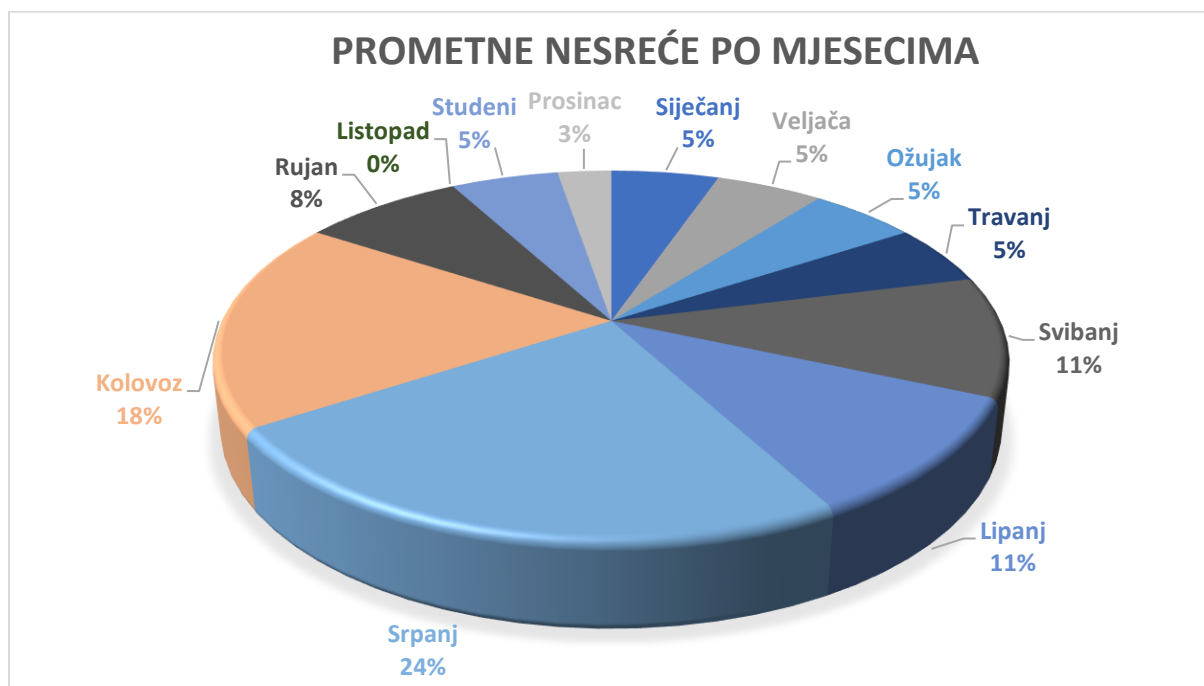
Izvor: izradio autor

Tablica 9. Prikaz prometnih nesreća na raskrižju po mjesecima tijekom 2022.godine

MJESEC	BROJ PROMETNIH NESREĆA	LOKACIJA	VOZILO	POGINULI	TEŠKO POVRIJEĐENO	LAKŠE POVRIJEĐENO	MATERIJALNA ŠETA
Sijećanj	2	M17.3	osobno	0	0	0	DA
		M17	osobno	0	0	1	DA
Veljača	2	M17	osobno	0	0	0	DA
		M17.3	osobno	1	0	0	DA
Ožujak	2	M17	osobno	0	0	2	DA
		M17.3	osobno	0	0	1	DA
Travanj	2	M17	osobno	0	0	2	DA
		M17	osobno	0	0	2	DA
Svibanj	4	M17	osobno	0	3	2	DA
		M17	osobno	0	0	0	DA
		M17.3	osobno	0	0	1	DA
		M17	osobno	0	1	1	DA
Lipanj	4	M17	osobno	0	0	2	DA
		M17.3	osobno	0	0	4	DA
		M17	osobno	0	0	1	DA
		M17	osobno	0	0	1	DA
Srpanj	9	M17.3	osobno	0	0	0	DA
		M17.3	osobno	0	0	0	DA
		M17	osobno	0	0	1	DA
		M17.3	osobno	0	0	0	DA
		M17	osobno	0	0	0	DA
		M17-M17.3	osobno	0	0	1	DA
		M17	osobno	0	0	0	DA
		M17	osobno	0	0	2	DA
Kolovoz	7	M17.3	osobno	0	0	2	DA
		M17.3	osobno	0	0	0	DA
		M17.3	osobno	0	0	0	DA
		M17-M17.3	osobno	0	0	1	DA
		M17-M17.3	osobno	0	0	0	DA
		M17.3	osobno	0	0	0	DA
		M17.3	osobno	0	0	1	DA
Rujan	3	M17.3	osobno	0	0	0	DA
		M17.3	osobno	0	0	0	DA
		M17	osobno	4	5	0	DA
Listopad	0	/	/	/	/	/	/
Studeni	2	M17.3	osobno	0	0	1	DA
		M17-M17.3	osobno	0	0	0	DA
Prosinac	1	M17	osobno	0	0	1	DA

Izvor: [11]

Najveći broj prometnih nesreća dogodio u mjesecu srpnju 2022.godine (devet prometnih nesreća) i kolovozu (sedam prometnih nesreća) upravo zbog porasta godišnjeg ljetnog prometa zbog sezone, odnosno zbog veće koncentracije vozila na tom područj. Broj prometnih nesreća po mjesecima u 2022.godini prikazan je u Tablici 9, dok je grafički prikaz prikazan na Grafikonu 4.



Grafikon 4. Grafički prikaz prometnih nesreća po mjesecima tijekom 2022.godine

Izvor: izradio autor

Također, najveći broj prometnih nesreća dogodio se na glavnoj cesti (M17), odnosno privozu 1-3 (jug sjever), 3-1 (sjever – jug), njih 18, zatim 16 prometnih nesreća na sporednoj cesti (M17.3), te četiri nesreće na križanju prometnih tokova M17-M17.3. Prikaz prometnih nesreća prema privozima prikazan je u Tablici 10, te na Slici 13.

Tablica 10. Raspodjela prometnih nesreća po privozima tijekom 2022.godine

GODINA	BROJ PROMETNIH NESREĆA	M17 (1 i 3)	M17.3 (2)	M17-M17.3
2022.	38	18	16	4

Izvor: [11]



Slika 13. Grupiranje i broj prometnih nesreća unutar uže zone obuhvata

Izvor: izradio autor

4. ANALIZA PROMETNE POTRAŽNJE U BUDUĆNOSTI

Prognoza prometa definira se kao prognoziranje buduće prometne potražnje odnosno budućeg intenziteta, distribucije i strukture prometnih tokova na prometnoj mreži. Osnovni ulazni parametri na kojima se temelji prometna prognoza su [1]:

- postojeći intenzitet prometnih tokova,
- demografska analiza,
- stupanj motorizacije (broj vozila po stanovniku),
- ekonomska analiza (BDP) i
- razvoj aktivnosti na određenom području.

Svrha prognoze prometa je prognozirati buduću prometnu potražnju kako bih se mogla utvrditi opravdanost idejnog rješenja, odnosno kako bi se moglo utvrditi hoće li određeno rješenje zadovoljavati prometnu potražnju u budućnosti. Buduće stanje prometa i njegovo oblikovanje moguće je predvidjeti ako se uzmu u obzir očekivano povećanje prometa i uočeni postojeći nedostaci u području obuhvata. Povećanje prometa od posebnog je značenja za oblikovanje prometnica i prometnih čvorova, a pritom je kao osnovica za dimenzioniranje mjerodavno vršno opterećenje. Pri izgradnji novih prometnica i čvorišta vremenska prognoza radi se za 20 godina, za veće rekonstrukcije za sresnje rekonstrukcije 15 godina, a manje rekonstrukcije za 10 godina

4.1. Prognoza prometa primjenom metode jednakih budućih faktora rasta

U ovom diplomskom radu koristi se metoda jednakih budućih faktora rasta, a predstavlja metodu kod koje se intenzitet prometnih tokova u svakom sljedećem razdoblju povećava za određeni faktor rasta u odnosu na intenzitet prometnih tokova u prethodnom razdoblju. [1]:

$$q_n = q_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \quad [1]$$

Pri čemu je [1]:

- q_n – intenzitet prometnog toka u n-toj godini [voz/h; voz/danu]
- q_0 – postojeći intenzitet prometnog toka [voz/h; voz/danu]
- p – godišnji porast prometa [%]
- n – broj godina za koje se predviđa porast prometa.

Intenzitet prometnog toka za određeno razdoblje izračunava se na način da se broj vozila dobiven prethodnim brojanjem prometa u vršnom satu pomnoži sa stopom godišnjem porasta prometa. Za potrebe ovog diplomskog rada, za provedbu buduće prognoze prometa koristit će se podaci o PGDP-u, a topa rasta iznost će 1,98% prema Tablici 11.

Tablica 11. Rast/pad PGDP-a i PLDP-a po godinama na brojačkom mjestu (Ortiješ 6242)

BROJAČKO MJESTO (6424) - ORTIJEŠ				
GODINA	PGDP	PLDP	Stopa rasta/pada PGDPA-a	Stopa rasta/pada PLDPA-a
2010	13.715	16.504	/	/
2011	13.984	16.957	1,92%	2,67%
2012	14.104	17.325	0,85%	2,12%
2013	14.156	17.648	0,37%	1,83%
2014	14.220	17.920	0,45%	1,52%
2015	13.943	17.798	-1,50%	-0,69%
2016	14.386	18.687	5,61%	4,76%
2017	15.101	19.341	4,74%	3,38%
2018	15.463	19.801	2,34%	2,32%
2019	15.952	19.553	3,07%	-1,27%
PROSJEK	14.502	18.153	1,98%	1,85%

Izvor: izradio autor

4.2. Prognoza prometa za jutarnji vršni sat

Tablica 11. prikazuje rast/pad prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP) i prosječnog godišnjeg ljetnog prometa na brojačkom mjestu Ortiješ – 6424 kroz prethodnih 10 godina. U obzir se nije uzimala 2020. i 2021. godina radi pandemije COVID19, odnosno zbog poremećaja u

odvijanju prometnih tokova. Najveći porast prometa zabilježen je 2016.godine kako za PGDP tako i za PLDP a iznosio je povećanje od 5,61% (PGDP) i 4,76% (PLDP), dok je najveći pad zabilježen 2015.godine za PGDP (-1,50%), te 2019. za PLDP (-1.27%). Prosječna stopa porasta prometa za razdoblje od 10 godina iznosi 1,98% za PGDP, te 1,85% za PLDP.

Na osnovu prethodno dobivenih podataka o intenzitetu prometnih tokova u postojećoj godini i prethodno određenoj prosječnoj stopi rasta prometa u nastavku će se navesti primjer izračuna prognoze prometa za jutarnji vršni sat za manevar 1-2. Na isti način izvršit će se izračun za ostale manevre.

$$q_n = q_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

$$q_5 = 208 \cdot \left(1 + \frac{1,98}{100}\right)^5 = 229,42 \approx 229 \text{ voz/h}$$

$$q_{10} = 208 \cdot \left(1 + \frac{1,98}{100}\right)^{10} = 253,05 \approx 253 \text{ voz/h}$$

$$q_{15} = 208 \cdot \left(1 + \frac{1,98}{100}\right)^{15} = 279,11 \approx 279 \text{ voz/h}$$

$$q_{20} = 208 \cdot \left(1 + \frac{1,98}{100}\right)^{20} = 307,86 \approx 308 \text{ voz/h}$$

Tablica 12. Intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar prema prognozi prometa za jutarnji vršni sat

PROGNOZA PROMETA - INTEZITET PROMETNIH TOKOVA ZA POJEDINI MANEVAR						
PRIVOZ	MANEVAR	POSTOJEĆI [voz/h]	5 GODINA [voz/h]	10 GODINA [voz/h]	15 GODINA [voz/h]	20 GODINA [voz/h]
1	1 - 2	208	229	253	280	308
	1 - 3	282	312	343	378	417
2	2 - 1	590	650	717	791	873
	2 - 3	80	89	98	108	119
3	3 - 1	556	614	676	746	823
	3 - 2	54	60	66	73	80

Izvor: izradio autor

Tablica 12. prikazuje intenzitet prometnih tokova svakog manevara pojedinačno za prognozirana razdoblja od 5,10,15 i 20 godina, a tablica prikazuje prometno opterećenje za svaki privoz na način da se zbroji intenzitet svih vozila koja ulaze i izlaze u/iz raskrižje krećući se navedenim privozom. Tako se naprimjer prometno opterećenje za privoz 1. dobije na način da se zbroje intenziteti prometa sljedećih manevara: 1-2, 1-3, 2-1, 3-1, a izračun je prikazan u nastavku. Na isti način izvršit će se izračun za ostale maneuvre.

$$q = 208 + 282 + 590 + 556 = 1.636 \text{ voz/h}$$

$$q_5 = 229 + 312 + 650 + 614 = 1.805 \text{ voz/h}$$

$$q_{10} = 253 + 343 + 717 + 676 = 1.989 \text{ voz/h}$$

$$q_{15} = 280 + 378 + 791 + 746 = 2.195 \text{ voz/h}$$

$$q_{20} = 308 + 417 + 823 + 873 = 2.421 \text{ voz/h}$$

Tablica 13. Prometno opterećenje pojedinog privoza prema prognozi prometa za jutarnji vršni sat

PROGNOZA PROMETA - INTEZITET PROMETNIH TOKOVA ZA POJEDINI MANEVAR					
PRIVOZ	POSTOJEĆI [voz/h]	5 GODINA [voz/h]	10 GODINA [voz/h]	15 GODINA [voz/h]	20 GODINA [voz/h]
1	1.636	1.805	1.989	2.195	2.421
2	932	1.028	1.134	1.252	1.380
3	972	1.075	1.183	1.305	1.439

Izvor: izradio autor

Nakon izračuna prometne prognoze za pojedini privoz u jutarnjem vršnom satu, slijedi izračun prometne prognoze za cjelokupno raskrižje, a prikazan je u Tablici 13. Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) izračunava se na način da se broj vozila dobiven brojanjem prometa u vršnom satu pomnoži s koeficijentom između 9 i 14 ovisno o veličini i prometnoj strukturi grada i promatrane prometnice i čvorišta. U ovom radu PGDP ćemo dobiti na način da broj vozila pomnožimo s 10.

Izračun prognoze prometa cjelokupnog raskrižja (Tablica 14.) za prognozirano razdoblje od 5,10,15 i 20 godina za jutarnji vršni sat prikazan je u nastavku:

$$q = 208 + 282 + 590 + 80 + 556 + 54 = 1.770 * 10 = 17.700 \text{ voz/dan}$$

$$q_5 = 229 + 312 + 650 + 89 + 614 + 60 = 1.954 * 10 = 19.540 \text{ voz/dan}$$

$$q_{10} = 253 + 343 + 717 + 98 + 676 + 66 = 2.153 * 10 = 21.530 \text{ voz/dan}$$

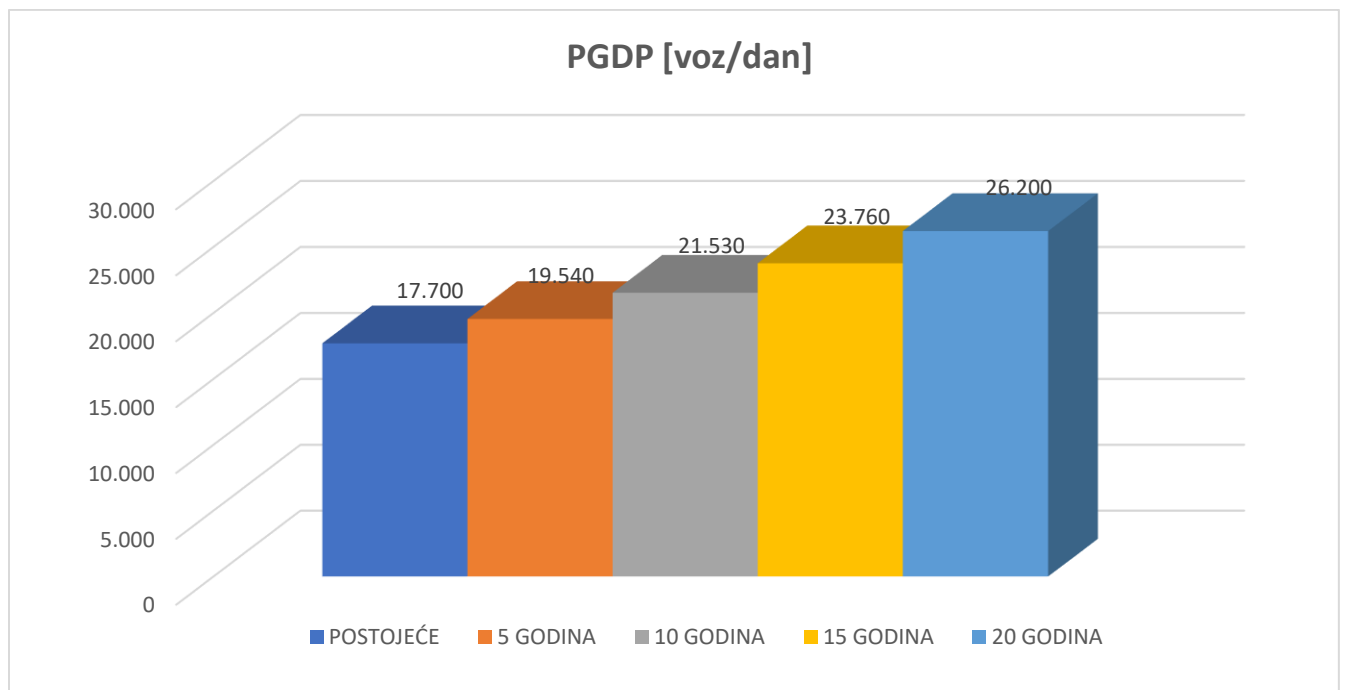
$$q_{15} = 280 + 378 + 791 + 108 + 746 + 73 = 2.376 * 10 = 23.760 \text{ voz/dan}$$

$$q_{20} = 308 + 417 + 873 + 119 + 823 + 80 = 2.620 * 10 = 26.200 \text{ voz/dan}$$

Tablica 14. Prometno opterećenje raskrižja prema prognozi prometa za jutarnji vršni sat

PROGNOZA PROMETA - PGDP		
RAZDOBLJE	VRŠNI SAT [voz/h]	PGDP [voz/dan]
POSTOJEĆE	1.770	17.700
5 GODINA	1.954	19.540
10 GODINA	2.153	21.530
15 GODINA	2.376	23.760
20 GODINA	2.620	26.200

Izvor: izradio autor



Grafikon 5. Grafički prikaz prometnog opterećenja raskrižja prema prometnoj prognozi za jutarnji vršni sat

Izvor: izradio autor

4.3. Prognoza prometa za popodnevni vršni sat

Nakon prognoze prometa za jutarnji vršni sat, na osnovu prethodno dobivenih podataka o intenzitetu prometnih tokova u postojećoj godini u popodnevnom vršnom satu i prethodno određenoj prosječnoj stopi rasta prometa u nastavku će se navesti primjer izračuna prognoze prometa za popodnevni vršni sat za manevar 1-2. Na isti način izvršit će se izračun za ostale manevre.

$$q_n = q_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

$$q_5 = 396 \cdot \left(1 + \frac{1,98}{100}\right)^5 = 436,78 \approx 437 \text{ voz/h}$$

$$q_{10} = 396 \cdot \left(1 + \frac{1,98}{100}\right)^{10} = 481,77 \approx 482 \text{ voz/h}$$

$$q_{15} = 396 \cdot \left(1 + \frac{1,98}{100}\right)^{15} = 531,47 \approx 537 \text{ voz/h}$$

$$q_{20} = 396 \cdot \left(1 + \frac{1,98}{100}\right)^{20} = 586,24 \approx 586 \text{ voz/h}$$

Tablica 15. Intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar prema prognozi prometa za popodnevni vršni sat

PROGNOZA PROMETA - INTEZITET PROMETNIH TOKOVA ZA POJEDINI MANEVAR						
PRIVOZ	MANEVAR	POSTOJEĆI [voz/h]	5 GODINA [voz/h]	10 GODINA [voz/h]	15 GODINA [voz/h]	20 GODINA [voz/h]
1	1 - 2	396	437	482	537	586
	1 - 3	484	534	589	649	716
2	2 - 1	476	525	579	639	705
	2 - 3	58	64	71	78	86
3	3 - 1	524	578	638	703	776
	3 - 2	45	50	55	60	67

Izvor: izradio autor

Tablica 15. prikazuje intenzitet prometnih tokova svakog manevra pojedinačno za prognozirana razdoblja od 5,10,15 i 20 godina, a Tablica 16. prikazuje prometno opterećenje za svaki privoz na način da se zbroji intenzitet svih vozila koja ulaze i izlaze u/iz raskrižje krećući se navedenim privozom. Tako se naprimjer prometno opterećenje za privoz 1. dobije na način da se zbroje intenziteti prometa sljedećih manevra: 1-2, 1-3, 2-1, 3-1, a izračun je prikazan u nastavku. Na isti način izvršit će se izračun za ostale manevre.

$$q = 396 + 484 + 476 + 524 = 1.880 \text{ voz/h}$$

$$q_5 = 437 + 534 + 525 + 578 = 2.074 \text{ voz/h}$$

$$q_{10} = 482 + 589 + 579 + 638 = 2.288 \text{ voz/h}$$

$$q_{15} = 531 + 649 + 639 + 703 = 2.522 \text{ voz/h}$$

$$q_{20} = 586 + 716 + 705 + 776 = 2.783 \text{ voz/h}$$

Tablica 16. Prometno opterećenje pojedinog privoza prema prognozi prometa za popodnevni vršni sat

PROGNOZA PROMETA - INTEZITET PROMETNIH TOKOVA ZA POJEDINI MANEVAR					
PRIVOZ	POSTOJEĆI [voz/h]	5 GODINA [voz/h]	10 GODINA [voz/h]	15 GODINA [voz/h]	20 GODINA [voz/h]
1	1.880	2.074	2.288	2.522	2.783
2	975	1.076	1.187	1.308	1.444
3	1.111	1.226	1.353	1.490	1.645

Izvor: izradio autor

Nakon izračuna prometne prognoze za pojedini privoz u popodnevnom vršnom satu, slijedi izračun prometne prognoze za cjelokupno raskrižje, a prikazan je u Tablici 17. Prosječni godišnji 39nevni promet (PGDP) izračunava se na način da se broj vozila dobiven brojanjem prometa u vršnom satu pomnoži s koeficijentom između 9 i 14 ovisno o veličini i prometnoj strukturi grada i promatrane prometnice i čvorišta. U ovom radu PGDP ćemo dobiti na način da broj vozila pomnožimo s 10.

Izračun prognoze prometa cjelokupnog raskrižja za prognozirano razdoblje od 5,10,15 I 20 godina za popodnevni vršni sat prikazan je u nastavku:

$$q = 396 + 484 + 476 + 58 + 524 + 45 = 1.983 * 10 = 19.830 \text{ voz/dan}$$

$$q_5 = 437 + 534 + 525 + 64 + 578 + 50 = 2.188 * 10 = 21.880 \text{ voz/dan}$$

$$q_{10} = 482 + 589 + 579 + 71 + 638 + 55 = 2.414 * 10 = 24.140 \text{ voz/dan}$$

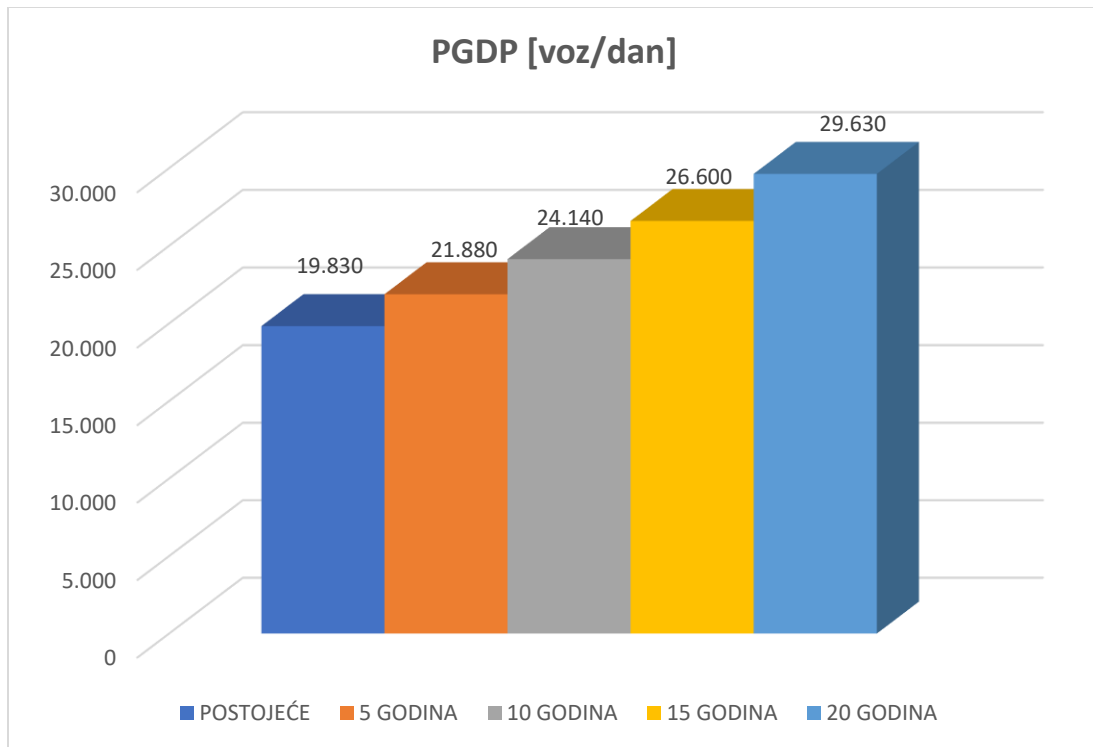
$$q_{15} = 531 + 649 + 639 + 78 + 703 + 60 = 2.660 * 10 = 26.600 \text{ voz/dan}$$

$$q_{20} = 586 + 716 + 705 + 86 + 776 + 67 = 2.936 * 10 = 29.360 \text{ voz/dan}$$

Tablica 17. Prometno opterećenje raskrižja prema prognozi prometa za popodnevni vršni sat

PROGNOZA PROMETA – PGDP		
RAZDOBLJE	VRŠNI SAT [voz/h]	PGDP [voz/dan]
POSTOJEĆE	1.983	19.830
5 GODINA	2.188	21.880
10 GODINA	2.414	24.140
15 GODINA	2.660	26.600
20 GODINA	2.963	29.630

Izvor: izradio autor



Grafikon 6. Grafički prikaz prometnog opterećenja raskrižja prema prometnoj prognozi za popodnevni vršni sat

Izvor: izradio autor

5. PRIJEDLOZI OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA

Prijedlozi rješenja prometne studije su prijedlozi mjera i zahvata na području obuhvata studije kojima je moguće unaprijediti stanje prometnog sustava. Prijedlozi mjera su prijedlozi kojima se predlažu promjene u organizaciji prometnog sustava i prometnoj politici, a prijedlozi zahvata su prijedlozi kojima se daju rješenja za izgradnju ili rekonstrukciju elemenata prometne infrastrukture [1].

Prijedlozi rješenja izrađuju se na temelju:

- rezultata analize postojećeg stanja (ustanovljeni problemi);
- prognoze prometa (trend porasta ili smanjenja intenziteta prometnih tokova);
- najnovijih znanstvenih i stručnih spoznaja na području tehnologije prometa i transporta.

Analizom postojećeg stanja utvrđuju se problemi u prometnom sustavu na osnovu čega se daju prijedlozi koji bi utjecali na poboljšanje cjelokupnog sustava. Kako bi rješenja bila dugoročno održiva ne smiju se izrađivati za postojeća prometna opterećenja već ih treba prilagoditi budućem intenzitetu prometnih tokova. Iz tog razloga, kao predfaza kreiranja rješenja izrađuje se prognoza prometa. Temeljem rezultata analize postojećeg stanja i predviđenog intenziteta prometnih toka predlažu se rješenja koja se izrađuju u skladu s najnovijim znanstvenim i stručnim dostignućima iz područja tehnologije prometa i transporta [1].

Prijedlozi rješenja se prema periodu realizacije, odnosno prema razdoblju za koje se predlaže njihovo provođenje dijele na:

- trenutne: realizacija do 2 god. od prihvaćanja studije;
- kratkoročne: realizacija od 5 god. od prihvaćanja studije;
- srednjoročne: realizacija od 5 do 10 god. nakon prihvaćanja studije;
- dugoročne: realizacija od 10 do 20 god. nakon prihvaćanja studije.

5.1 Idejno rješenje 1 – Raskrižje s kružnim tokom prometa

Kao prvo idejno rješenje predlaže se rekonstrukcija klasičnog trokrakog raskrižja u srednje veliko raskrižje s kružnim tokom prometa. Srednje velika kružna raskrižja izvode se na križanjima javnih cesta na prometno opterećenim raskrižjima i na raskrižjima gdje su velike brzine i smanjena sigurnost odvijanja prometa. U raskrižju je uobičajena brzina kretanja 40 km/h. Pješački i biciklistički promet je u zoni urbanih kružnih raskrižja potrebno voditi na posebnim površinama odvojeno od tokova motornog prometa [12].

Propusna moć srednje velikih raskrižja s kružnim tokom prometa iznosi 20.000 (22.000) voz/dan, a prikazana je u Tablici 18. te bih prema postojećem stanju i prometnoj prognozi zadovoljilo prometnu potražnju za sljedećih 10 godina.

Tablica 18. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama

TIP KRUŽNOG RASKRIŽJA	VANJSKI POLUMJER (m)	OKVIRNI KAPACITET (voz/dan)
Mini urbano	7,0 – 12,5	10.000 (15.000)
Malo urbano	11,0 – 17,5	15.000 (18.000)
Srednje veliko urbano	15,0 – 20,0	20.000 (22.000)

Izvor: [12]

Predloženo idejno rješenje, tj srednje veliko raskrižje s kružnim tokom prometa sastoji se od središnjeg otoka koji je definiran s dva radijusa, od kojih je jedan neprovozan, a drugi uvjetno provozan dio. Neprovozni dio, odnosno zelena površina koja se nalazi u središnjem dijelu kružnog raskrižja definirana je radijusom od 15,5m, a uvjetno provozni dio, crvena površina koja je izgrađena od kamenih kocki, definirana je radijusom od 16m, odnosno 0.5m odmaknuta od neprovoznog dijela središnjeg otoka. Širina asfaltne površine, odnosno prometnog toka iznosi 5,5m.

Privoz 1 (M17) smjer jug-sjever i jug-istok sastoji se od dvije kolničke trake, od kojih jedna služi za ulaz vozila u kružni tok, a druga za izlaz vozila iz kružnog toka, te se na izlazni trak također spaja i poseban trak za desne skretače koji skreću iz pravca istok-jug (privoz 2-1). Širina traka 30m od ulaza, odnosno izlaza iz kružnog toka iznosi 5,5m, nakon čega se sužava na standardnu širinu

traka na tom području od 3,25m. Ulazni i izlazni trak fizički su odvojeni središnjim razdjelnim otokom na dužini od 15m, te oznakama na kolniku (poljima za usmjeravanje prometa) također na dužini od 15m iza razdjelnog otoka. Ulazni i izlazni radijus iznose 12m što omogućuju neometano kretanje mjerodavnog vozila,. Izlazni trak je pomoću denileatora fizički odvojen od traka za desno skretanje privoza 2, na dužini od 30m nakon izlaza iz raskrižja kako bi se onemogućilo prestrojavanje vozila s odvojenog traka u unutarnji dio kružnog kolnika. Širina denileatora iznosi 2m a prikazan je zelenom bojom, te je izgrađen od uzdignute travnate površine, dok širina desnog traka s privoza 2 u zoni ulijevanja u privoz 1 iznosi 5,5m.

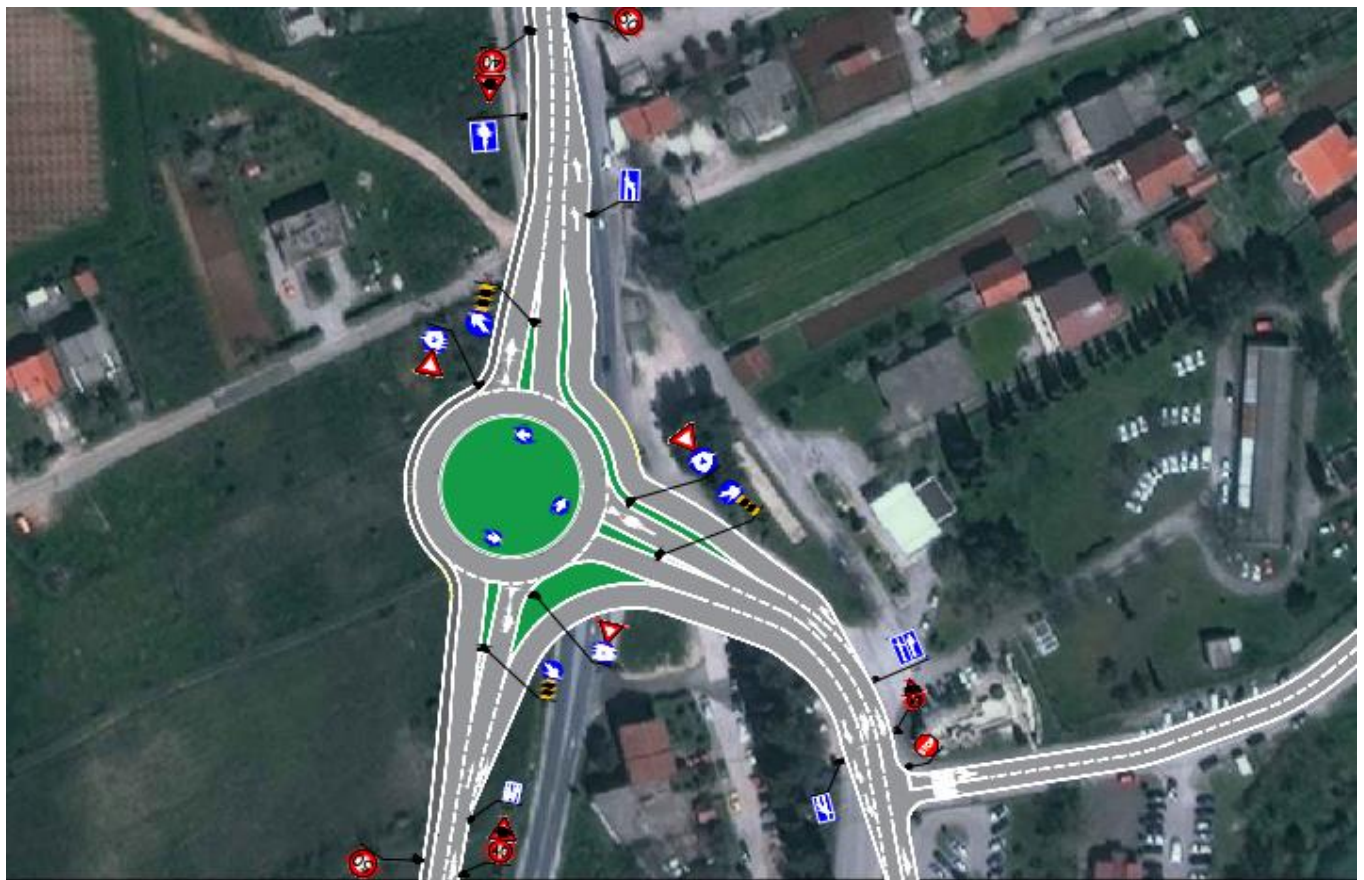
Privoz 2 (M17.3) smjer istok-jug i istok-sjever sastoji se od tri kolničke trake od kojih dvije trake predstavljaju ulaznu i izlaznu traku u/iz kružnog toka, a treća predstavljaja odvojen trak za vozila koja s ovog privoza skreću desno, odnosno koja se iz privoza 2 kreću prema jugu, tj ulijevaju se u privoz 1. Također, na ovom privozu se na izlazni trak iz kružnog toka ulijevaju vozila koja se s privoza 3 kreću odvojenim trakom za desne skretače prema istoku. Širina traka 30m od ulaza, odnosno izlaza iz kružnog toka iznosi 5,5m, nakon čega se sužava na standardnu širinu traka na tom području od 3,25m. Ulazni i izlazni trak fizički su odvojeni središnjim razdjelnim otokom na dužini od 15m, te oznakama na kolniku (poljima za usmjeravanje prometa) također na dužini od 15m iza razdjelnog otoka. Ulazni i izlazni radijus iznose 12m što omogućuju neometano kretanje mjerodavnog vozila, Ulazni trak je pomoću denileatora fizički odvojen od traka za desno skretanje, na dužini od 30m prije ulaska u kružni tok, kako bi se onemogućilo prestrojavanje vozila pred samo raskrižje i time smanjila sigurnost prometa. Širina denileatora iznosi 2m a prikazan je zelenom bojom, izgrađen od uzdignute travnate površine, dok širina desnog traka s privoza 3 u zoni ulijevanja u privoz 1 iznosi 5,5m.

Privoz 3 (M17) smjer sjever-jug, sjever-istok sastoji se od tri kolničke trake od kojih dvije trake predstavljaju ulaznu i izlaznu traku u/iz kružnog toka, a treća predstavljaju odvojen trak za vozila koja s ovog privoza skreću desno, odnosno koja se iz privoza 3 kreću prema istoku, tj ulijevaju se u privoz 2. Širina traka 30m od ulaza, odnosno izlaza iz kružnog toka iznosi 5,5m, nakon čega se sužava na standardnu širinu traka na tom području od 3,25m. Ulazni i izlazni trak fizički su odvojeni središnjim razdjelnim otokom na dužini od 15m, te oznakama na kolniku (poljima za usmjeravanje prometa) također na dužini od 15m iza razdjelnog otoka. Ulazni i izlazni

radijus iznose 12m što omogućuju neometano kretanje mjerodavnog vozila, Trak za desno skretanje cijelom dužinom iznosi 5,5m, a radijus ovog traka jeste 30m.

Prethodno opisano idejno rješenje izrađeno je u programskom alatu AutoCad. a sve je izrađeno na digitalnoj ortofoto podlozi, te je prikazano na Slici 14.

Prometni znakovi kao i oznake na kolniku postavljene su u skladu u s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19).



Slika 14. Tlocrt idejnog rješenja 1

Izvor: izradio autor

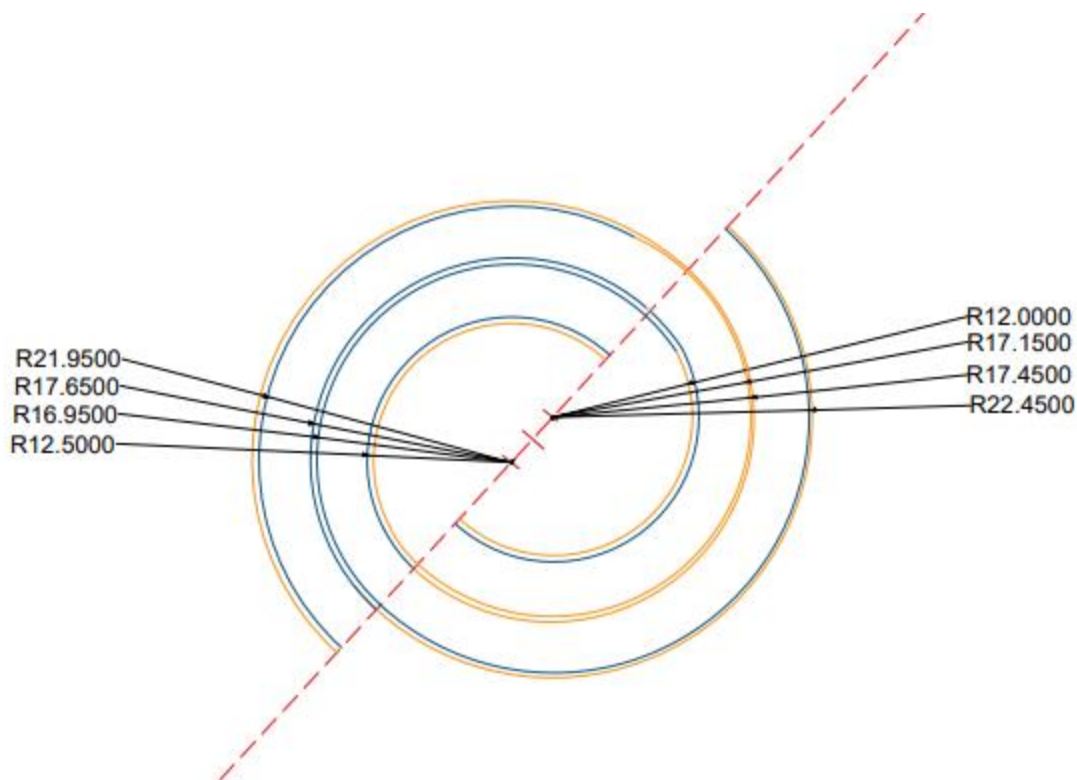
5.2. Idejno rješenje 2 – Kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika

Kao drugo rješenje predlaže se rekonstrukcija postojećeg trokrakog raskrižja u razini u standardno kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika (turbo kružno raskrižje). S obzirom na prometno opterećenje raskrižja, klasično srednje veliko kružno raskrižje ne bi zadovoljilo prometnu potražnju dobivenu prognozom prometa budući da mu je okvirni kapacitet do 22.000 voz/danu. Izgradnja kružnog raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika povećala bi propusnu moć raskrižja budući da podržava kapacitet od preko 25000 voz/danu. Ovakav tip raskrižja ujedno povećava sigurnost prometa, ali i broj konfliktnih točaka u raskrižju, osobito točaka preplitanja.

Turbo kružno raskrižje je kanalizirano dvotračno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika, na kojeg se priključuju priključne ceste, a vozni trakovi su međusobno odvojeni uzdignutim razdjelnim elementima (delineatorima) koji sprječavaju promjenu voznog traka (preplitanje prometnih tokova) na samom kružnom kolniku. Osnovni elementi turbo kružnog raskrižja su [13]:

- turbo blok,
- polumjeri turbo kružnog raskrižja,
- središnji otok,
- delineator,
- špica,
- središnji razdjelni otok.

Geometrijski oblik turbo kružnog raskrižja formira se pomoću tzv. „turbo bloka”. Turbo blok predstavlja skup svih potrebnih polumjera koje je potrebno na određeni način zarotirati i tako definirati trajektorije kretanja ili vozne linije, odnosno, vozne trakove [14].



Slika 15. Turbo blok

Izvor: izradio autor

Slika 15. prikazuje turbo blok koji je izrađen za potrebe ovog diplomskog rada, a izrađen je od osam polumjera, od kojih četiri formiraju projektno tehničke elemente, a četiri oznake na kolniku. Za izradu ovog diplomskog rada koristile su se dimenzije standardnog turbo kružnog raskrižja koje su prikazane u Tablici 19.

Tablica 19. Preporučene dimenzije turbo kružnog raskrižja u ovisnosti o njegovoj veličini

ELEMENTI TURBO KRUŽNOG RASKRIŽJA				
Element	Mini	Standardno	Srednje veliko	Veliko
R ₁	10,45	12	14,95	19,95 (21,70)
R ₂	15,85	17,15	20,2	24,90 (27,10)
R ₃	16,15	17,45	20,3	25,20 (27,40)
R ₄	21,2	22,45	25,25	29,95 (32,80)
r ₁	10,95	12,5	15,45	20,45
r ₂	15,65	16,95	19,8	24,7
r ₃	16,35	17,65	20,5	25,4
r ₄	20,7	21,95	24,75	29,45
B _v	5,05	5	4,95	4,75
B _u	5,4	5,15	5,05	4,95
b _v	4,35	4,3	4,25	4,05
b _u	4,7	4,45	4,35	4,25
D _v	5,75	5,3	5,15	5,15 (5,50)
D _u	5,05	5	4,95	4,75 (5,50)

Izvor: [14]

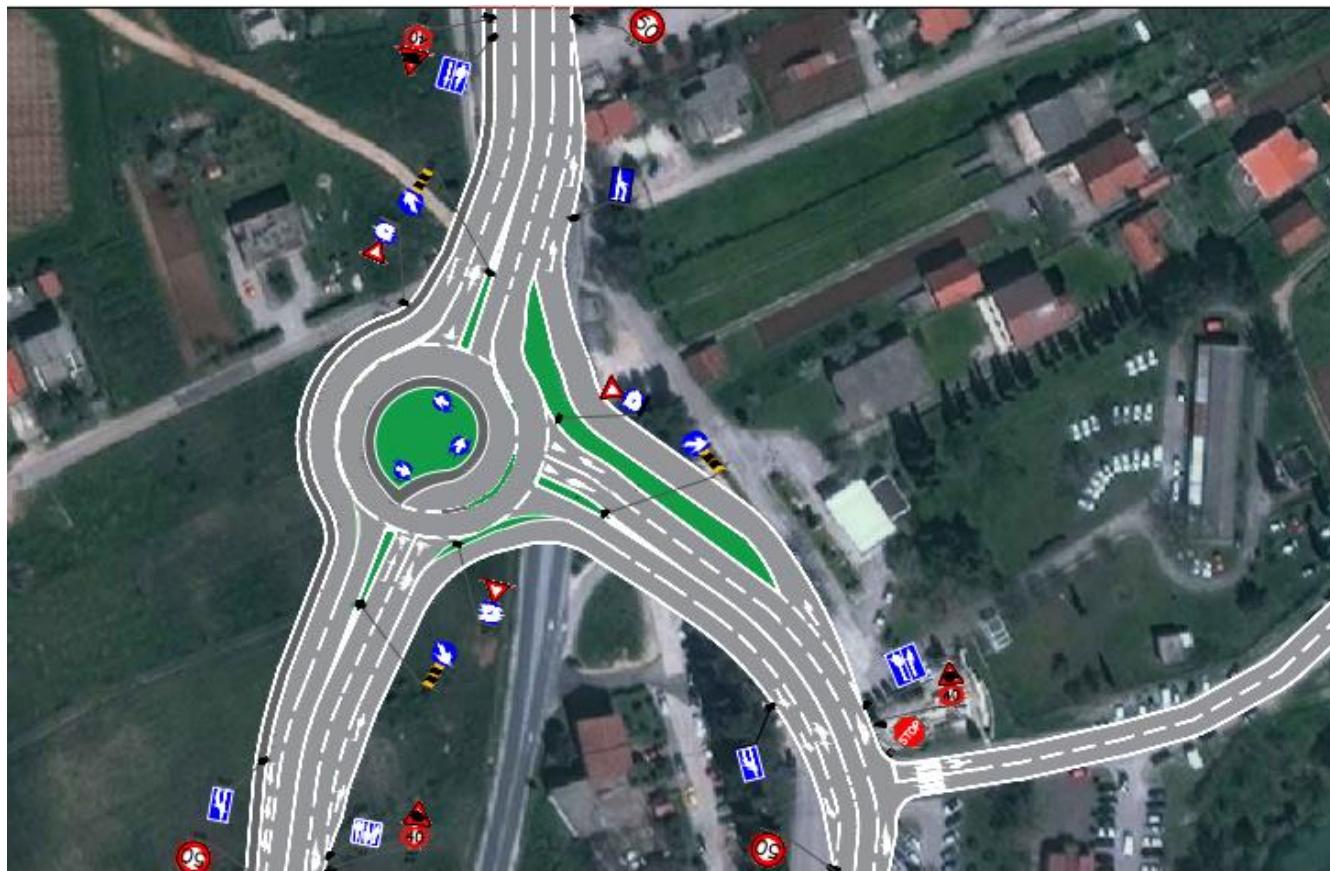
Središnji dio kružnog raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika sastoji se od središnjeg otoka, dva kružna prometna traka, četiri delinatora i tri špice. Središnji otok formiran je pomoću dva radijusa, od kojih jedan čini neprovozni dio kružnog kolnika, a drugi uvjetno provozni dio. Zelena površina koja predstavlja neprovozni dio definirana je radijusom od 12m, dok je širina uvjetno provoznog dijela 2m, te je izgrađena od kamene kocke. Unutarnji prometni trak kružnog kolnika izrađen od asfalta iznosi 5,15m, a vanjski trak 5m. Unutarnji prometni trak sadrži i tri špice koje onemogućavaju ulazak vozila iz vanjskog prometnog traka na privozu u unutarnji prometni trak kružnog kolnika, te četiri delinatora širine 0,30m koji fizički odvajaju vanjski i unutarnji prometni trak, te onemogućavaju prestrojavanje vozila unutar kružnog kolnika.

Privoz 1 (M17) sastoji se od dvije kolničke i četiri prometne trake, po dvije za svaki smjer kretanja vozila čija je širina 3,25m. Vanjski ulazni prometni trak namijenjen je za vozila koja na raskrižju idu ravno, dok je unutarnji prometni trak namijenjen za vozila koja na raskrižju idu ravno i lijevo. Vanjski i unutarnji prometni trakovi također su širine 3,25m, te se na vanjski izlazni trak ulijevaju i vozila s privoza 2 koja se kreću odvojenim trakom i priključuju se u ovaj privoz. Ulazni trakovi odvojeni su od izlaznih prometnih trakova razdjelnim otokom širine 2m i dužine 15m. Zbog omogućavanja prolaska mjerodavnog vozila kroz raskrižje, ulazni radijus iznosi 20m, a vanjski 12m. Izlazni vanjski trak odvojen je od traka za desno skretanje s privoza 2 pomoći delineatora širine 3.5m na dužini od 15 od izlaza iz raskrižja kako bi se onemogućilo direktno uključivanje vozila i time smanjila sigurnost raskrižja.

Privoz 2 (M17.3) sastoji se od dvije kolničke i pet prometnih traka, od kojih dvije čine izlazne trake širine 3,25m, a tri ulazne prometne trake. Ulazna prometna traka služi za vozila koja skreću lijevo, a vanjska prometna traka za vozila koja skreću desno, obje prometne trake su širine 3,25m. Također, zbog velikog broja desnih skretača na ovom privozu izrađen je poseban trak za desne skretače širine 3,5m radijusa 20m. Ulazni trakovi odvojeni su od izlaznih prometnih trakova razdjelnim otokom širine 2m i dužine 15m. Zbog omogućavanja prolaska mjerodavnog vozila kroz raskrižje, ulazni radijus iznosi 20m, a vanjski 12m. Vanjski ulazni trak je pomoću denileatora fizički odvojen od traka za desno skretanje, na dužini od 60 prije ulaska u kružni tok, kako bi se onemogućilo prestrojavanje vozila pred raskrižje i time smanjila sigurnost prometa. Širina denileatora iznosi 3.5m a prikazan je zelenom bojom.

Privoz 3 (M17) sastoji se od dvije kolničke i pet prometnih traka, po dvije za svaki smjer vožnje, širine 3,25m. Vanjski ulazni prometni trak namijenjen je za vozila koja na raskrižju idu ravno i desno, a unutarnji za vozila koja na raskrižju idu ravno. Također zbog teretnih vozila koja s ovog privoza skreću desno izveden je poseban trak za desne skretače širine 3.5m, radijusa 20m. Ulazni trakovi odvojeni su od izlaznih prometnih trakova razdjelnim otokom širine 2m i dužine 15m. Zbog omogućavanja prolaska mjerodavnog vozila kroz raskrižje, ulazni radijus iznosi 20m, a vanjski 12m. Vanjski ulazni trak odvojen je od traka za skretanje udesno pomoću delineatora kako bi se fizički odvojili trakovi i tako povećala sigurnost onemogućavanjem prestrojavanja vozila u samom raskrižju

Prikaz idejnog rješenja 2 u programskom alatu AutoCad prikazan je na Slici 16.



Slika 16. Tlocrt idejnog rješenja 2

Izvor: izradio autor

6.EVALUACIJA REZULTATA OPTIMIZACIJE PROMETNIH TOKOVA

Evaluacija rezultata optimizacije prometnih tokova izrađena je pomoću programskog alata PTV Vissim. PTV Vissim je mikroskopski simulacijski alat koji se koristi za modeliranje gradske prometne mreže i operacija javnog gradskog prijevoza te tokova pješaka. [15]

Procjena postojećeg prometnog stanja ali i komparacija zbog uvida opravdanosti na postojećem raskrižju kao i na predloženim idejnim rješenjima očitovat će se kroz razinu usluge, prosječni rep čekanja, maksimalni rep čekanja i vrijeme kašnjenja.

Izrada simulacije u programskom alatu PTV Vissim sastoji se od nekih glavnih koraka koji su obavezni za izradu simulacije koja je vjerodostojna stvarnom stanju prometnih tokova. Prvi korak pri izradi jeste postavljanje podloge, u ovom slučaju koristila se jednaka ortofoto podloga kao za izradu rješenja u programskom alatu AutoCAD, zatim ucrtavanje i određivanje širine linkova i konektora koji predstavljaju prometnice. Nakon toga potrebno je unijeti ulazne podatke za izradu simulacije kao što su unos kompozicije vozila, prometo opterećenje za svaki privoz kao i za svaki manevar. Nakon unosa svih podataka programski alat određuje konfliktne točke nakon kojih je potrebno odrediti koji manevar ima prednost prolaska nad ostalim.

Kao ulazni podaci koriste se podaci brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu, te se pored izrade simulacije postojećeg stanja provode i simulacije za predložena idejna rješenja za period od 5,10, 15 i 20 godina. Prema preporukama, trajanje simulacije iznosit će 4500 sekundi, od čega se 900 sekundi odnosi na punjenje prometnice vozilima, a ostatak na analizirani vršni sat. Broj simulacija postaviti će se na 5 u svrhu dobivanja što realnijih podataka simulacijskog modela, te se kao izlazni podaci uzimaju prosječne vrijednosti ovih iteracija.

Rezultati simulacijskog modela koji će se koristiti za određivanje validnosti rješenja su sljedeći:

- duljina repa čekanja,
- maksimalna duljina repa čekanja,
- vrijeme kašnjenja,
- emisija ispušnih plinova,

- potrošnja goriva.

Razina usluge određuje se na osnovu vremena kašnjenja, a kriterija za određivanje propisani su HCM-om, te su prikazani u Tablici 20.

Tablica 20. Kriterij za određivanje razine usluge prema (HCM 2010.) [13]

Prosječno vrijeme kašnjenja (s/vozilo)	Razina usluge
0-10	A
>10-20	B
>20-35	C
>35-55	D
>55-80	E
>80	F

Nakon izrade prethodno opisanog simulacijskog modela i dobivenih izlaznih podataka potrebno je provjeriti njegovu validaciju. Jedan od načina izračuna validacije jeste korištenjem GEH statistike, na način da se uspoređi broj vozila dobiven simulacijom, te broj vozila dobiven brojanjem prometa. Formula za izračun GEH statistike prikazana je u nastavku:

$$GEH = \sqrt{\frac{2*(X-Y)^2}{X+Y}} \quad [1]$$

Pri čemu je:

x- prometno opterećenje prema simulaciji [voz/h],

y- protok vozila dobiven brojanjem prometa [voz/h]

Simulacijski model smatra se prihvatljivim ako je rezultat GEH statistike manji od 5, u svakom drugom slučaju je potrebno ispitivanje simulacijskog modela u svrhu dobivanja vjerodostojnih podataka [1].

Sukladno s gore navedenim, u nastavku će se prikazati GEH statistika postojećeg stanja raskrižja, te izlazni podaci simulacijskog modela.

6.1. Evaluacija postojećeg stanja

Simulacijski model postojećeg stanja izrađen je u programskom alatu PTV Vissim, a prikazan je na Slici 17. Postojeće stanje predstavlja klasično trokrako raskrižje u razini, a kao ulazni podaci koristit će se podaci o prometnom opterećenju, distribuciji, strukturi prometnih tokova i sl. koji su dobiveni brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu, te radi provjere kvalitete predloženih rješenja koristit će se i podaci dobiveni prognozom prometa.



Slika 17. Prikaz postojećeg stanja raskrižja u programskom alatu PTV Vissim

Provjera ispravnosti simulacijskog modela izrađenog u PTV Vissim-u prikazat će se pomoću GEH statistike. Za rad na modeliranju prometa, GEH manji od 5 smatra se prihvatljivim između modeliranih i stvarnih podataka po satu. Prikaz postupka izračun GEH statistike za manevar 1-3 prikazana je u nastavku. Na isti način izračunati su i ostali manevri. Izračun GEH statistike za cijelo raskrižje prikazan je u Tablici 21.

$$GEH = \sqrt{\frac{2*(X-Y)^2}{X+Y}}$$

$$GEH = \sqrt{\frac{2*(268-282)^2}{268+282}}$$

$$GEH = 0,844$$

Tablica 21. GEH statistika za simulacijski model postojećeg stanja

Manevar	Stvarno opterećenje [voz/h]	Opterećenje prema simulaciji [voz/h]	GEH
1-3	282	268	0.84
1-2	208	203	0.348
3-1	556	517	1.68
3-2	54	44	1.42
2-1	590	563	1.12
2-3	80	64	1.88

Izvor: izradio autor

Iz tablice je vidljivo kako je vrijednost GEH statistike za svaki manevar manja od 5 što znači da je model prihvatljiv. Nakon utvrđivanja validacije simulacijskog modela postojećeg stanja, prikazat će se evaluacija sa svim prethodno navedenim parametrima. Prikaz simulacije prikazan je u Tablici 22.

Tablica 22. Rezultati simulacije postojećeg stanja

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. Rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	11	203	268	LOS_B	11	1501	292	348	21
Average	900-4500	1-2	85	148	203	LOS_E	68	1136	221	263	16
Average	900-4500	3-1	10	45	517	LOS_B	12	1015	15	58	12
Average	900-4500	3-2	19	24	44	LOS_B	10	44	8	10	1
Average	900-4500	2-1	142	253	563	LOS_F	128	3812	742	883	55
Average	900-4500	2-3	95	215	64	LOS_F	71	578	112	134	8
Average	900-4500	1	60	253	1659	LOS_E	61	8048	1390	1696	121

Izvor: izradio autor

Prema rezultatima simulacije postojećeg stanja na privozu dobiveno je ukupno opterećenje raskrižja koje iznosi 1659 voz/h. Na privozu jedan zabilježen je maksimalni rep čekanja od 203m, te vrijeme kašnjenja od 68s što je prema HCM-ovoj odredbi razina usluge F. Privoz dva iznosi maksimalni rep čekanja od 253m što je ujedno najveći maksimalni rep čekanja na raskrižju, a vrijeme kašnjenja iznosi 128 sekundi, te je razina usluge F. Na privozu 3 zabilježen je maksimalni rep čekanja od 45m i vremenom kašnjenja od 12 sekundi što odgovara razini usluge B. Što se tiče cjelokupnog raskrižja, razina usluge jeste E, budući da je vrijeme kašnjenja 61 sekunda, a maksimalni rep čekanja 253m.

Što se tiče potrošnje goriva na promatranom raskrižju u period od sat vremena potroši se oko 121 litar, dok se u okoliš emitira oko 8084 grama ugljikovog monoksida, 1390 grama dušikovog oksida 1696 grama organskih spojeva.

Za postojeće stanje raskrižja neće se izrađivati simulacija modela za sljedećih 5,10,15 I 20 godina, budući da je dobivena razina usluge na ovom raskrižju E.

6.2. Evaluacije idejnog rješenja 1

Simulacija idejnog rješenja 1 izrađena je na isti način kao i prethodno postojeće stanje raskrižja u simulacijskom modelu PTV Vissim, a predstavlja srednje veliko kružno raskrižje koje je u programskom alatu izrađeno uz pomoć kružnih linkova koji su sa privozima povezani pomoću konektora. Kao ulazi podaci koristit će se podaci koji su dobiveni brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu, te podaci koji su dobiveni prognozom prometa za budućih 5,10, 15 i 20 godina. Slika 18 prikazuje izgled simulacijskog modela idejnog rješenja 1.



Slika 18. Prikaz idejnog rješenja 1 u programskom alatu PTV Vissim

Izvor: izradio autor

Prikaz postupka izračun GEH statistike za manevar 1-3 prikazana je u nastavku. Na isti način izračunati su i ostali manevri. Izračun GEH statistike za cijelo raskrižje prikazan je u Tablici 23.

$$GEH = \sqrt{\frac{2*(X-Y)^2}{X+Y}}$$

$$GEH = \sqrt{\frac{2*(280-282)^2}{280+282}}$$

$$GEH = 0,119$$

Tablica 23. GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 1

Manevar	Stvarno opterećenje [voz/h]	Opterećenje prema simulaciji [voz/h]	GEH
1-3	282	280	0.119
1-2	208	207	0.348
2-1	590	547	1.80
2-3	80	62	2.13
3-1	556	548	0.340
3-2	54	52	0.274

Izvor: izradio autor

Iz tablice je vidljivo kako je vrijednost GEH statistike za svaki manevar manja od 5 što znači da je model prihvatljiv. Nakon utvrđivanja validacije simulacijskog modela postojećeg stanja, prikazat će se evaluacija sa svim prethodno navedenim parametrima. Prikaz simulacije idejnog rješenja 1 za trenutnu prometnu potražnju prikazan je u Tablici 24.

Tablica 24. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za trenutnu prometnu potražnju

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. Rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	1	3	280	LOS_A	1	127	25	29	2
Average	900-4500	1-2	2	43	207	LOS_B	10	113	22	26	2
Average	900-4500	2-1	3	61	547	LOS_B	18	618	120	143	9
Average	900-4500	2-3	4	35	62	LOS_B	11	65	13	15	1
Average	900-4500	3-1	3	36	548	LOS_A	7	383	75	89	5
Average	900-4500	3-2	2	12	52	LOS_B	18	100	20	23	1
Average	900-4500	1	3	61	1644	LOS_B	10	1307	254	303	20

Izvor: izradio autor

Prema rezultatima simulacije postojećeg stanja na privozu dobiveno je ukupno opterećenje raskrižja koje iznosi 1644 voz/h. Na privozu jedan zabilježen je maksimalni rep čekanja od 43m, te vrijeme kašnjenja od 10s što je prema HCM-ovoj odredbi razina usluge B. Na privozu 2 zabilježen je maksimalni rep čekanja od 61m što je ujedno najveći maksimalni rep čekanja na raskrižju, a vrijeme kašnjenja iznosi 18 sekundi, te je razina usluge B. Na privozu 3 zabilježen je maksimalni rep čekanja od 36m i vremenom kašnjenja od 11 sekundi što odgovara razini usluge B. Što se tiče cjelokupnog raskrižja, razina usluge jeste B, budući da je vrijeme kašnjenja 10 sekundi, a maksimalni rep čekanja 61m.

Što se tiče potrošnje goriva na promatranom raskrižju u period od sat vremena potroši se oko 20 litara, dok se u okoliš emitira oko 303 grama ugljikovog monoksida, 254 grama dušikovog oksida 1307 grama organskih spojeva.

Prema simulaciji predloženog idejnog rješenja za cjelokupno raskrižje došlo je do smanjenja repa čekanja za 253m na 61m, odnosno za 75.999%, te je raskrižje s razine usluge E

došlo na razinu usluge B budući da se vrijeme kašnjenja smanjilo za 51 sekundu, odnosno za 84,717%.

Zbog variranja podataka o prometnom opterećenju, odnosno zbog njegovog povećanja kroz godine, za ovo idejno rješenje radit će se njegova opravdanost za sljedećih 5,10,15 i 20 godina.

Tablica 25. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 5 godina

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	6	97	248	LOS_A	8	0	243	56	3
Average	900-4500	1-2	7	54	201	LOS_B	11	2	0	0	8
Average	900-4500	2-1	11	43	575	LOS_C	21	3	1	1	2
Average	900-4500	2-3	2	43	77	LOS_C	24	123	24	29	2
Average	900-4500	3-1	3	62	539	LOS_B	12	504	98	117	7
Average	900-4500	3-2	2	61	54	LOS_B	11	1	5	6	1
Average	900-4500	1	8	97	1694	LOS_B	15	633	371	209	23

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 25. koja prikazuje simulaciju postojećeg stanja prometne potražnje za budućih pet godina koja je izrađena prema prethodno napravljenoj prognozi prometa može se zaključiti da predloženo rješenje zadovoljava promjene prometne potražnje za promatrano razdoblje, s blagim povećanjem vremena kašnjenja s 10 na 15 sekundi, kao i repa čekanja sa 61 na 97m, što je i više nego prihvatljivo s obzirom na postojeće stanje.

Tablica 26. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 10 godina

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. Rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	51	124	265	LOS_C	27	4	5	1	3
Average	900-4500	1-2	55	145	204	LOS_C	30	502	98	116	7
Average	900-4500	2-1	4	89	564	LOS_B	24	14	14	4	12
Average	900-4500	2-3	3	94	79	LOS_D	37	126	24	29	7
Average	900-4500	3-1	30	48	541	LOS_D	50	24	18	19	8
Average	900-4500	3-2	35	66	45	LOS_D	54	75	14	17	1
Average	900-4500	1	29	145	1698	LOS_D	37	745	173	187	38

Izvor: izradio autor

Prema Tablici 26. koja prikazuje simulaciju postojećeg stanja prometne potražnje za budućih 10 godina koja je izrađena prema prethodno napravljenoj prognozi prometa može se zaključiti da povećanjem prometnog opterećenja raskrižja u razdoblju od 10 godina, dolazi do osjetnog pada razine usluge za dvije kategorije, tj s kategorije B na kategoriju D, budući da se vrijeme kašnjenja povećalo za 27 sekundi, a rep čekanja za 84m.

Tablica 27. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 15 godina

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. Rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	67	146	270	LOS_D	38	814	158	189	12
Average	900-4500	1-2	55	145	204	LOS_D	30	502	98	116	7
Average	900-4500	2-1	2	68	576	LOS_E	79	5	1	2	4
Average	900-4500	2-3	2	63	69	LOS_D	45	97	19	22	7
Average	900-4500	3-1	35	66	545	LOS_E	56	1	1	19	8
Average	900-4500	3-2	37	72	42	LOS_E	65	2	14	17	6
Average	900-4500	1	30	146	1706	LOS_D	44	1421	291	366	44

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 27. koja prikazuje simulaciju postojećeg stanja prometne potražnje za budućih 15 godina koja je izrađena prema prethodno napravljenoj prognozi prometa, vidljivo je da je razina usluge za promatrano raskrižje niža za dvije razine sukladno s povećanjem broja vozila. Rep čekanja s 10 sekundi povećao se na 44 sekunde, dok se rep čekanja povećao za 85m.

Tablica 28. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 20 godina

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. Rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	79	145	265	LOS_D	45	915	178	212	13
Average	900-4500	1-2	82	147	200	LOS_E	64	492	26	45	4
Average	900-4500	2-1	3	103	579	LOS_D	43	54	14	12	6
Average	900-4500	2-3	14	130	73	LOS_D	53	1.375	268	319	20
Average	900-4500	3-1	37	65	540	LOS_E	59	6	11	5	9
Average	900-4500	3-2	39	67	42	LOS_E	55	71	14	17	2
Average	900-4500	1	48	147	1699	LOS_E	55	2913	511	610	54

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 28. koja prikazuje simulaciju postojećeg stanja prometne potražnje za budućih dvadeset godina koja je izrađena prema prethodno napravljenoj prognozi prometa, vidljivo je da je došlo do pogoršanja razine usluge za tri razine, točnije na razinu E. Maksimalni rep čekanja povećao se sa 61m na 147m odnosno, dok se vrijeme kašnjenja povećalo za 45 sekundi.

Kroz prethodno provedene evaluacije idejnog rješenja 1 vidljivo je kako dato rješenje, tj srednje veliko raskrižje s kružnim tokom prometa zadovoljava trenutnu prometnu potražnju kao i prometnu potražnju za sljedećih 5 godina, dok kod ostalih godina dolazi do pogoršanja razine usluge na raskrižju budući da dolazi do preopterećenja propusne moći raskrižja povećanjem PGDP-a kroz godine. Datim idejnim rješenjem došlo je do poboljšanja s razine usluge E na razinu usluge B, odnosno za 3 stupnja, te se nakon 20 godina evaluacije, povećanjem broja vozila razina usluge smanjila za 3 stupnja odnosno na razinu E, što je s aspekta razine usluge i dalje učinkovito u odnosu na sadašnju situaciju.

Predloženo rješenje zadovoljava uvijete prometne potražnje za određeno vremensko razdoblje, međutim, stalni porast prometa koji godišnje prosječno iznosi između 2 i 3% doveo bi do preopterećenja raskrižja, te bi tako znatno smanjio razinu usluge, s toga je potrebno predložiti

ново idejno rješenje koje će omogućiti dugoročno zadovoljavanje prometnih zahtjeva na ovom području.

6.2. Evaluacije idejnog rješenja 2

Simulacija idejnog rješenja 2 predstavlja raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika a izrađen je u programskom alatu PTV Vissim. Raskrižje se sastoji od dva unutrašnja kružna prometna kolnika koji su izrađeni uz pomoć kružnih linkova, te su na privoze povezani pomoću konektora. Kao ulazi podaci koriste se podaci koji su dobiveni brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu, te podaci koji su dobiveni prognozom prometa za budućih 5,10, 15 i 20 godina. Slika 19 prikazuje izgled simulacijskog modela idejnog rješenja 2 u programskom alatu PTV Vissim.



Slika 19. Prikaz idejnog rješenja 2 u programskom alatu PTV Vissim

Izvor: izradio autor

Prikaz postupka izračuna GEH statistike za manevar 1-3 prikazan je u nastavku. Na isti način izračunati su i ostali manevri. Izračun GEH statistike za cijelo raskrižje prikazan je u Tablici 29.

$$GEH = \sqrt{\frac{2*(X-Y)^2}{X+Y}}$$

$$GEH = \sqrt{\frac{2*(268-282)^2}{268+282}}$$

$$GEH = 0.78$$

Tablica 29. GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 2

Manevar	Stvarno opterećenje [voz/h]	Opterećenje prema simulaciji [voz/h]	GEH
1-3	282	268	0.78
1-2	208	200	0.56
2-1	590	551	1.15
2-3	80	67	1.07
3-1	556	550	0.18
3-2	54	48	0.84

Izvor: izradio autor

Iz tablice je vidljivo kako je vrijednost GEH statistike za svaki manevar manja od 5 što znači da je model prihvatljiv. Nakon utvrđivanja validacije simulacijskog modela postojećeg stanja, prikazat će se evaluacija sa svim prethodno navedenim parametrima. Prikaz simulacije idejnog rješenja 1 za trenutnu prometnu potražnju prikazan je u Tablici 30.:

Tablica 30. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za trenutnu prometnu potražnju

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. Rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	0	5	268	LOS_A	5	117	38	34	3
Average	900-4500	1-2	2	35	200	LOS_A	8	123	47	44	2
Average	900-4500	2-1	4	42	551	LOS_A	9	98	19	31	2
Average	900-4500	2-3	2	24	67	LOS_A	8	101	58	24	3
Average	900-4500	3-1	2	29	550	LOS_A	4	97	51	38	2
Average	900-4500	3-2	2	9	48	LOS_A	5	44	14	25	2
Average	900-4500	1	2	24	1684	LOS_A	7	580	227	196	14

Izvor: izradio autor

Prema rezultatima simulacije postojećeg stanja na privozu dobiveno je ukupno opterećenje raskrižja koje iznosi 1684 voz/h. Na privozu jedan zabilježen je maksimalni rep čekanja od 35m, te vrijeme kašnjenja od 8s što je prema HCM-ovoj odredbi razina usluge A. Privoz dva iznosi maksimalni rep čekanja od 42m što je ujedno najveći maksimalni rep čekanja na raskrižju, a vrijeme kašnjenja iznosi 9 sekundi, te je razina usluge A. Na privozu 3 zabilježen je maksimalni rep čekanja od 29m i vremenom kašnjenja od 5 sekundi što odgovara razini usluge A. Što se tiče cjelokupnog raskrižja, razina usluge jeste A, budući da je prosječno vrijeme kašnjenja 7 sekundi, a prosječni maksimalni rep čekanja 24m.

Što se tiče potrošnje goriva na promatranom raskrižju u period od sat vremena potroši se oko 14 litara, dok se u okoliš emitira oko 245 grama ugljikovog monoksida, 227 grama dušikovog oksida i 928 grama organskih spojeva.

Prema simulaciji predloženog idejnog rješenja za cjelokupno raskrižje došlo je do smanjenja repa čekanja sa 253m na 24m, odnosno za 92.624%, te je raskrižje s razine usluge E

došlo na razinu usluge A budući da se vrijeme kašnjenja smanjilo za 54 sekunde, odnosno za 88.635%.

Tablica 31. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za 5 godina

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. Rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	5	15	275	LOS_A	6	94	38	33	3
Average	900-4500	1-2	4	17	198	LOS_A	9	101	47	44	2
Average	900-4500	2-1	9	25	557	LOS_B	10	105	28	36	3
Average	900-4500	2-3	3	29	54	LOS_A	9	97	58	24	3
Average	900-4500	3-1	3	42	548	LOS_A	6	102	51	38	4
Average	900-4500	3-2	2	34	57	LOS_A	8	72	32	26	2
Average	900-4500	1	4	27	1689	LOS_A	8	571	254	201	17

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 31. koja prikazuje simulaciju postojećeg stanja prometne potražnje za budućih pet godina koja je izrađena prema prethodno napravljenoj prognozi prometa može se zaključiti da predloženo rješenje zadovoljava promjene prometne potražnje za promatrano razdoblje, sa zanemarivim vremenom kašnjenja od 1 sekundu, te povećanjem repa čekanja od 3 metra.

Tablica 32. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za 10 godina

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. Rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	11	39	271	LOS_A	7	42	38	33	6
Average	900-4500	1-2	8	45	201	LOS_B	10	101	47	28	4
Average	900-4500	2-1	14	31	555	LOS_B	10	98	28	36	4
Average	900-4500	2-3	11	39	57	LOS_A	9	97	58	24	6
Average	900-4500	3-1	7	43	550	LOS_A	8	102	51	30	4
Average	900-4500	3-2	8	36	54	LOS_A	9	87	32	26	5
Average	900-4500	1	10	39	1688	LOS_A	9	527	254	177	29

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 32. koja prikazuje simulaciju postojećeg stanja prometne potražnje za budućih deset godina koja je izrađena prema prethodno napravljenoj prognozi prometa, vidljivo je da bi predloženo rješenje zadovoljilo prometnu potražnju za 10 godina, budući da je prosječno vrijeme kašnjenja 9 sekundi, a prosječni rep čekanja 39m. Maksimalni rep čekanja u odnosu na prethodnih 5 godina povećao se sa 24m na 39m, dok se vrijeme kašnjenja povećalo za 2 sekunde, što čini razinu usluge A.

Tablica 33. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za 15 godina

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. Rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	18	48	264	LOS_A	9	87	40	37	6
Average	900-4500	1-2	21	64	195	LOS_B	13	109	49	34	7
Average	900-4500	2-1	26	72	561	LOS_B	14	101	31	41	8
Average	900-4500	2-3	18	62	61	LOS_B	12	99	56	29	9
Average	900-4500	3-1	20	45	547	LOS_A	9	108	49	33	4
Average	900-4500	3-2	24	52	56	LOS_A	11	97	34	27	5
Average	900-4500	1	21	64	1684	LOS_B	11	601	259	201	39

Izvor: izradio autor

Iz Tablice 33. koja prikazuje simulaciju postojećeg stanja prometne potražnje za budućih petnaest godina koja je izrađena prema prethodno napravljenoj prognozi prometa, vidljivo je da bi predloženo rješenje zadovoljilo prometnu potražnju za 15 godina, budući da se razina usluge smanjila za jedan stupanj što je za 3 stupnja više u odnosu na sadašnje stanje raskrižja. Maksimalni rep čekanja povećao se za 40 metara, dok se vrijeme kašnjenja povećalo za 4 sekunde.

Tablica 34. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za 20 godina

REZULTATI SIMULACIJE POSTOJEĆEG STANJA											
SimRun	Vremenski interval	Kretanja vozila	Duljina repa čekanja	Maks. Rep čekanja	Vozila (sva)	LOS (sva)	Vrijeme kašnjenja	Emisije CO	Emisije Nox	Emisije VOC	Potrošnja goriva
Average	900-4500	1-3	48	75	269	LOS_B	19	115	90	98	8
Average	900-4500	1-2	37	82	201	LOS_C	29	152	49	51	7
Average	900-4500	2-1	51	87	561	LOS_C	33	112	84	42	12
Average	900-4500	2-3	30	69	67	LOS_C	28	121	56	84	9
Average	900-4500	3-1	25	48	544	LOS_B	19	98	49	47	7
Average	900-4500	3-2	28	47	48	LOS_B	19	101	44	32	5
Average	900-4500	1	37	87	1690	LOS_C	25	699	372	354	48

Izvor: izradio autor

Iz tablice 34. koja prikazuje simulaciju postojećeg stanja prometne potražnje za budućih dvadeset godina koja je izrađena prema prethodno napravljenoj prognozi prometa, vidljivo je da je došlo do blagog pogoršanja razine usluge u odnosu na prethodno razdoblje ali i dalje zadovoljavajuću razinu usluge C s prosječnim vremenom kašnjenja od 25 sekundi, te maksimalnim repom čekanja od 87 sekundi.

Kroz prethodno provedene evaluacije idejnog rješenja 2 vidljivo je kako dato rješenje, tj raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika zadovoljava trenutnu prometnu potražnju i prometnu potražnju za prognoziranih 20 godina. Datim idejnim rješenjem došlo je do poboljšanja s razine usluge E na razinu usluge A, odnosno za 4 stupnja, te se nakon 20 godina evaluacije, povećanjem broja vozila razina usluge smanjila za dva stupnja, odnosno na razinu C, što je s aspekta razine usluge i dalje učinkovito u odnosu na sadašnju situaciju.

U nastavku će se komparacijom predloženih rješenja i sadašnjeg stanja raskrižja utvrditi opravdanost njihove izvedbe, odnosno koje rješenje više zadovoljava prometnu potražnju analiziranog područja.

6.3. Komparacija predloženih rješenja

U svrhu provjere opravdanosti predloženih rješenja provest će se komparacija izlaznih parametara na osnovu kojih će se provjeriti poboljšanja ili eventualna pogoršanja idejnih rješenja analiziranog područja. U ovom diplomskom radu koristit će se sljedeći izlazni podaci:

- prosječni red čekanja
- maksimalni rep čekanja,
- razina usluge,
- vremena kašnjenja.

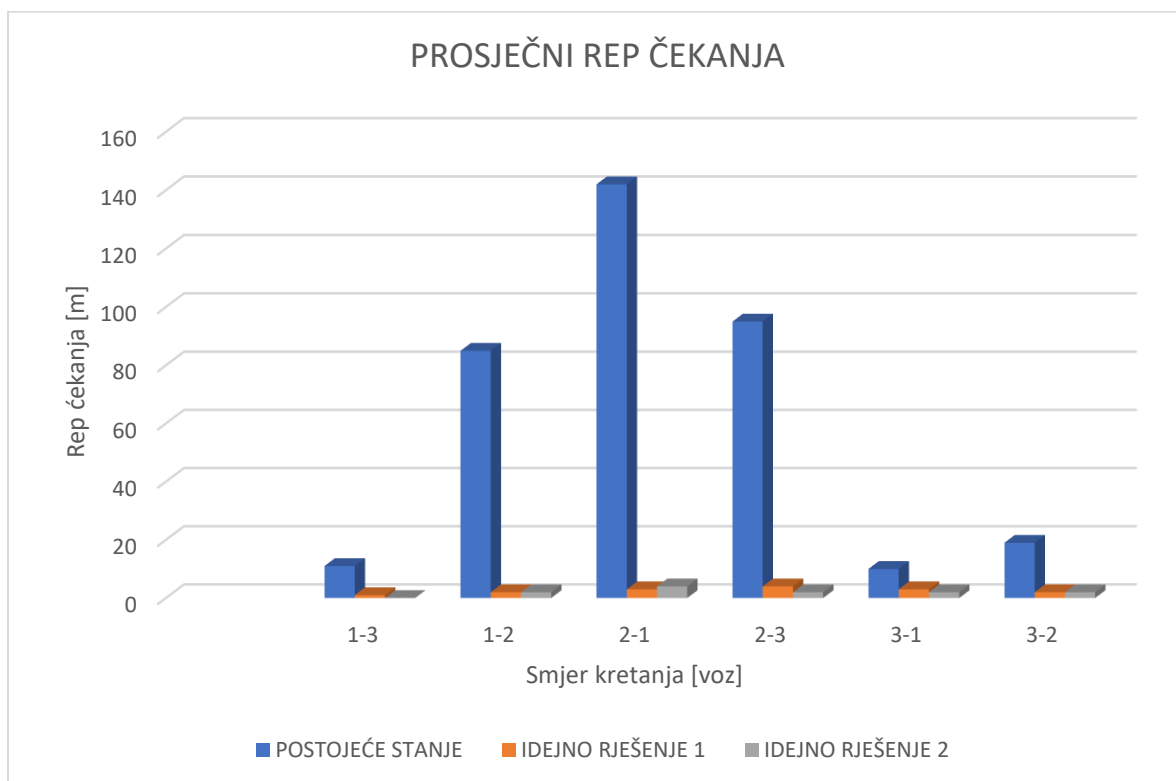
Zelena boja u tablici predstavlja poboljšanja u odnosu na sadašnje stanje prometne mreže, crvena boja prikazuje pogoršanja u odnosu na sadašnje stanje, a roza boja obilježavaju se vrijednosti koje su ostale nepromijenjene.

Tablica 35. Komparacija prosječnog repa čekanja postojećeg stanja i idejnih rješenja

PROSJEČNI REP ČEKANJA			
SMJER	POSTOJEĆE STANJE	IDEJNO RJEŠENJE 1	IDEJNO RJEŠENJE 2
1-3	11	1	0
1-2	85	2	2
2-1	142	3	4
2-3	95	4	2
3-1	10	3	2
3-2	19	2	2

Izvor: izradio autor

Tablica 35. prikazuje komparaciju prosječnog repa čekanja iz koje je vidljivo da su se na oba predložena rješenja javila osjetna smanjenja repa čekanja za sve smjerove vožnje, s tim da je na idejnom rješenju 2 došlo do većeg smanjenja repa čekanja u odnosu na idejno rješenje 1, a grafički prikaz prosječnog repa čekanja prikazan je na Grafikonu 7.



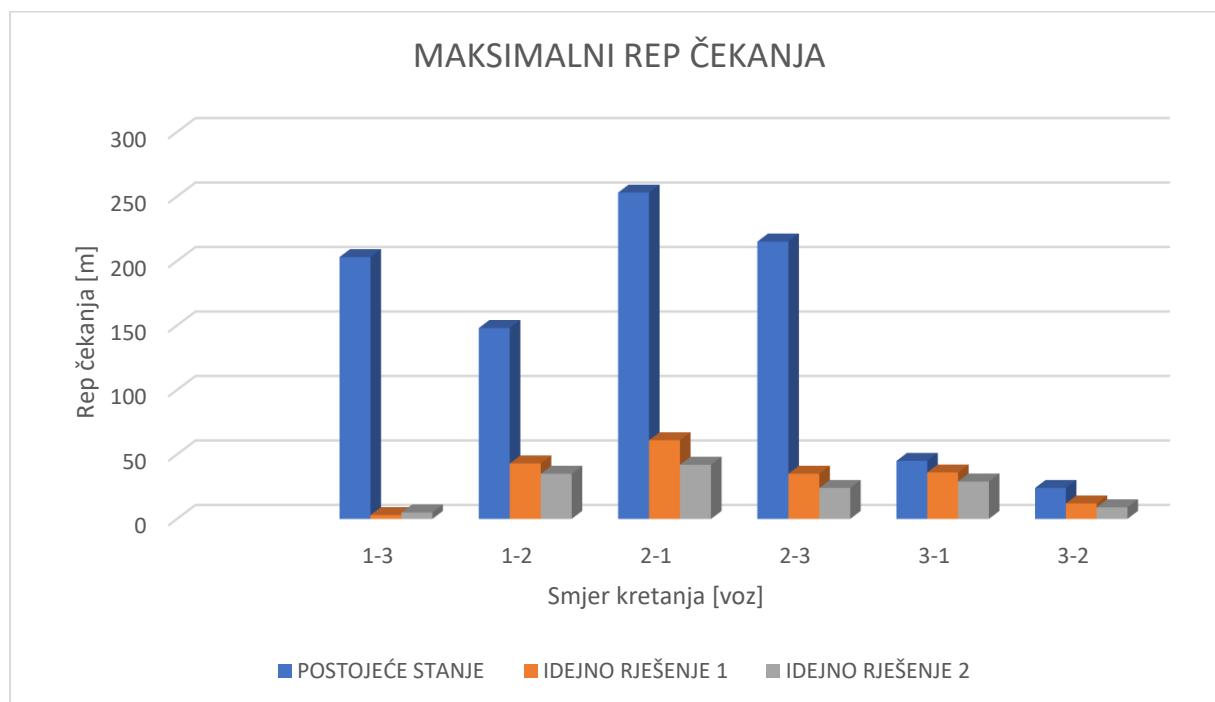
Grafikon 7. Grafički prikaz prosječnog repa čekanja

Tablica 36. Komparacija maksimalnog repa čekanja postojećeg stanja i idejnih rješenja

MAKSIMALNI REP ČEKANJA			
SMJER	POSTOJEĆE STANJE	IDEJNO RJEŠENJE 1	IDEJNO RJEŠENJE 2
1-3	203	3	5
1-2	148	43	35
2-1	253	61	42
2-3	215	35	24
3-1	45	36	29
3-2	24	12	9

Izvor: izradio autor

Prema Tablici 36. koja prikazuje komparaciju prema maksimalnom repu čekanja vidljivo je da su oba idejna rješenja dovela do pozitivnog smanjenja maksimalnog repa čekanja na svim privozima. Grafički prikaz maksimalnog repa čekanja prikazan je na Grafikonu 8.

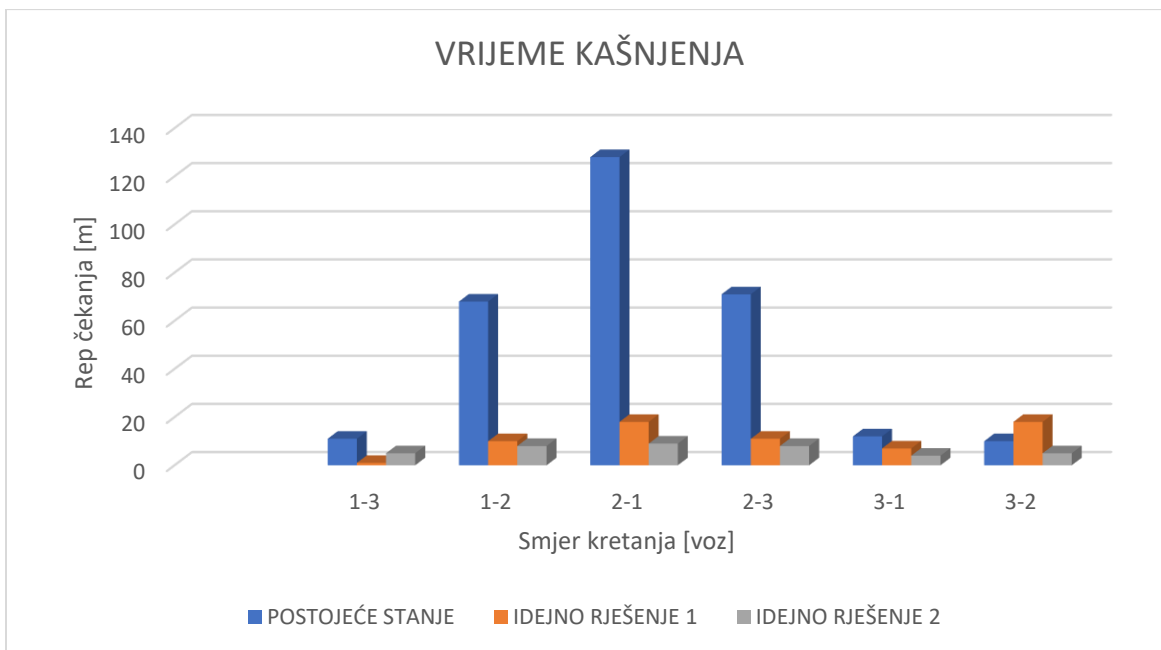


Grafikon 8. Grafički prikaz maksimalnog repa čekanja

Tablica 37. Komparacija vremena kašnjenja postojećeg stanja i idejnih rješenja

VRIJEME KAŠNENJA			
SMJER	POSTOJEĆE STANJE	IDEJNO RJEŠENJE 1	IDEJNO RJEŠENJE 2
1-3	11	1	5
1-2	68	10	8
2-1	128	18	9
2-3	71	11	8
3-1	12	7	4
3-2	10	18	5

Izvor: izradio autor



Grafikon 9. Grafički prikaz vremena kašnjenja

Što se tiče komparacije vremena kašnjenja prikazane u Tablici 37, vidljivo je da idejno rješenje 1 dovodi do smanjenja vremena kašnjenja na svim privozima osim na privozu 3, točnije manevru 3-2, gdje je došlo do blagog pogoršanja vremena kašnjenja, dok idejno rješenje 2 dovodi do smanjenja vremena kašnjenja na svim privozima.

Tablica 38. Komparacija razine usluge postojećeg stanja i idejnih rješenja

RAZINA USLUGE			
SMJER	POSTOJEĆE STANJE	IDEJNO RJEŠENJE 1	IDEJNO RJEŠENJE 2
1-3	LOS_B	LOS_A	LOS_A
1-2	LOS_E	LOS_B	LOS_A
2-1	LOS_B	LOS_B	LOS_A
2-3	LOS_B	LOS_B	LOS_A
3-1	LOS_F	LOS_A	LOS_A
3-2	LOS_F	LOS_B	LOS_A

. Izvor: izradio autor

Tablica 38. prikazuje komparaciju postojećeg stanja raskrižja s predloženim rješenjima prema razini usluge. Idejno rješenje 2 dovelo je do izvrsnih rezultata povećanja razine usluge na svim privozima na maksimalnu razinu, dok je idejno rješenje 1 dovelo do povećanja razine usluge na svim privozima, osim na privozu 2, gdje je kategorija ostala nepromijenjena.

Predložena rješenja dovela bi do poboljšanja trenutnog odvijanja prometnih tokova na promatranom području s aspekta trenutne prometne potražnje. Što se tiče dugoročnog rješenja, za navedeno područje preporučuje se izrada raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika, odnosno idejnog rješenja 2 koje bi za prognozirano razdoblje od 20 godina dovelo do blagog povećanja vremena kašnjenja, a samim time i smanjenja razine usluge za 2 stupnja, što je u odnosu na trenutno stanje raskrižja zadovoljavajuće.

U tablici 39. prikazana je usporedba razine usluge idejnog rješenja 1 i idejnog rješenja 2 za prognozirana razdoblja od 5,10,15 i 20 godina.

Tablica 39. Usporedba razine usluge idejnog rješenja 1 i idejnog rješenja 2

RAZINA USLUGE								
SMJER	5 GODINA		10 GODINA		15 GODINA		20 GODINA	
	IDEJNO RJEŠENJE 1	IDEJNO RJEŠENJE 2	IDEJNO RJEŠENJE 1	IDEJNO RJEŠENJE 2	IDEJNO RJEŠENJE 1	IDEJNO RJEŠENJE 2	IDEJNO RJEŠENJE 1	IDEJNO RJEŠENJE 2
1-3	LOS_A	LOS_A	LOS_C	LOS_A	LOS_D	LOS_A	LOS_D	LOS_B
1-2	LOS_B	LOS_A	LOS_C	LOS_B	LOS_D	LOS_B	LOS_E	LOS_C
2-1	LOS_C	LOS_B	LOS_B	LOS_B	LOS_E	LOS_B	LOS_D	LOS_C
2-3	LOS_C	LOS_A	LOS_D	LOS_A	LOS_D	LOS_B	LOS_D	LOS_C
3-1	LOS_B	LOS_A	LOS_D	LOS_A	LOS_E	LOS_A	LOS_E	LOS_B
3-2	LOS_B	LOS_A	LOS_D	LOS_A	LOS_E	LOS_A	LOS_E	LOS_B

Izvor: izradio autor

Iz tablice je vidljivo da idejno rješenja 2 u većini slučajeva postiže veću razinu usluge u odnosu na idejno rješenje 1, osobito kada se radi o prognoziranom razdoblju od 15 i 20 godina gdje dolazi do povećanja PGDP-a, te samim time se zahtjeva veća propusna moć raskrižja, što u ovom slučaju kružno raskrižje sa spiralnim tokom kolnika može zadovoljiti. Budući da se za prognozirano razdoblje od 20 godina očekuje povećanje PGDP-a na više od 26.000 voz/danu srednje veliko kružno raskrižje s maksimalnom propusnom moći do 22.000 voz/dan nije najprihvatljivije rješenje ako se gleda dugoročno rješenja za ovo područje obuhvata.

7.ZAKLJUČAK

Naselje Buna smješteno je 12 km od grada Mostara, te zbog svog položaja privlači veliki broj vozila osobito za vrijeme ljetne sezone (od lipnja do listopada). Raskrižje se sastoji od dvije ceste od kojih jednu čini Magistralni put M17, a drugu – sporednu cestu, Magistralni put M17.3. Potreba za optimizacijom postojećih prometnih tokova javlja se zbog zagušenja koja se svakodnevno javljaju na Magistralnom putu M17, a razlog tome je velika koncentracija vozila na glavnom cestovnom pravcu (Magistralni put M17.3), te velike brzine kretanja vozila koje onemogućuju dovoljan vremenski razmak za uključivanje vozila sa sporednog toka.

U svrhu poboljšanja postojećeg stanja prometnih tokova provedeno je nekoliko analiza kako bi se otkrio uzrok stvaranja zagušenja i smanjenja sigurnosti, a zaključci dobiveni provedenim analizama obrađeni su u nastavku.

Analizom prometne infrastrukture nisu utvrđeni značajni nedostaci koji bi utjecali na sigurnost odvijanja prometa, osim eventualne potrebe za ugradnjom ‘radara’, tj. kamera za kontrolu brzine kretanja vozila ili sličnih naprava za podizanje svijesti vozača. Što se tiče analize prometnih tokova u popodnevnom vršnom satu zabilježena su 283 vozila više u odnosu na jutarnji vršni sat, s najvećim udjelom osobnih vozila koja se uključuju s privoza 2 na privoz 1. Analizom sigurnosti utvrđena je problematika odvijanja postojećih prometnih tokova na ovom raskrižju najčešće zbog prevelikih brzina na glavnom prometnom pravcu, odnosno zbog dugih repova čekanja koji prilikom vožnje kreni-stani na sporednoj cesti uzrokuju nalet na stražnji dio vozila ispred sebe. Na ovoj dionici ceste zabilježeno je 38 prometnih nesreća tijekom 2022. godine.

Provedenom prognozom prometa utvrđeno je kako se prosječni godišnji dnevni promet povećanja za 1.98% svake godine, te se izračunom prometnog opterećenja za sljedećih 20 godina dobiva povećanje PGDP-a sa 17.700 na 26.200 voz/danu, odnosno za 20,534%.

Na osnovu prognoze prometa predlažu se rješenja koja bi dovela do rješavanja problema zagušenja na ovom raskrižju. Kao prvo rješenja predlaže se izgradnja srednje velikog raskrižja s kružnim tokom prometa, dok se kao drugo rješenje predlaže klasično raskrižje sa spiralnim tokom kružnom kolnika. U nastavku je dat uvid u učinkovitost predloženih rješenja na osnovu izlaznih parametra simulacijskog modela.

Idejno rješenja 1 dovelo bi do smanjenja maksimalnog repa čekanja za cijelo raskrižje za 253 na 61m, točnije za 75,89%. Prosječno vrijeme kašnjenja smanjilo bi se za 51 sekundu (83,61%), te bi se razina usluge raskrižja povećala za 3, odnosno s razine usluge E na razinu usluge B. Tijekom prognoziranog razdoblja od 20 godina razina usluge realizacijom idejnog rješenja 1 iznosila bi razinu E, što bi značilo da bi razina usluge za prognozirano razbolje bila povoljnija nego za postojeće stanje raskrižja.

Idejno rješenja 2 dovelo bi do smanjenja maksimalnog repa čekanja za cijelo raskrižje s 253 na 24 m, odnosno za 90,624%. Prosječno vrijeme kašnjenja smanjilo bi se za 54 sekunde, točnije za 88,635%, te bi razina usluge bila A što je povećanje za 4 u odnosu na postojeće stanje gdje je razina usluge E. Tijekom prognoziranog razdoblja od 20 godina razina usluge realizacijom idejnog rješenja 2 iznosila bi razinu usluge C, što bi značilo da bi razina usluge za prognozirano razdoblje bila povoljnija za 2 stupnja u donosu na postojeće stanje raskrižja.

Budući da je cilj ovog diplomskog rada pronaći optimalno rješenje po pitanju sigurnosti i protočnosti na ovoj dionici ceste kao optimalno rješenje odabire se idejno rješenje 2. Ovo rješenje odabrano je zbog značajnog utjecaja na povećanje razine uslužnosti kako za postojeće stanje raskrižja, tako i za prognozirano razdoblje od 20 godina. Realizacijom idejnog rješenja 2 smanjile bi se brzine kretanja na ovom dijelu ceste kao i repovi čekanja na sporednom privozu, što bi ujedno dovelo i do povećanja sigurnosti, te smanjenja prometnih nesreća.

Na samom kraju možemo zaključiti kako bi idejno rješenje 2 kroz povećanje razine uslužnosti i sigurnosti na ovom raskrižju dovelo do optimizacije prometnih tokova, te time zadovoljilo svrhu ovog istraživanja.

LITERATURA

- [1] Šoštarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.
- [2] Žemljarić, J: Odluka o utvrđivanju magistralnih puteva, Beograd, 1987.
- [3] <https://www.katastar.ba/geoportal/preglednik/>
- [4] Dadić, I., i suradnici,: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
- [5] Slavulj M.: Brojanje prometa, Autorizirana predavanja, Zagreb, 2010
- [6] Dadić, I., Kos, G., Ševrović, M.: Teorija prometnog toka, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.,
- [7] Luburić, G., Ševrović, M., Jovanović, B.: Teorija prometnih tokova – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2022.
- [8] Cvitanić,D., Vujasinović, A., Stazić, T.: Preglednost cestovnih raskrižja u razini, , Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, 2011.
- [9] Luburić, G., Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.
- [10] BIHAMK., Informacije o saobraćajnim/prometnim nezgodama, njihovim uzrocima i posljedicama u Bosni i Hercegovini u 2022. godini,, Sarajevo, 2023.
- [11] Ministarstvo unutarnjih poslova grada Mostara: Mjesečni pregled prometnih nesreća na području PS za SP/BS Mostar u 2022.godini, Mostar, 2023.
- [12] Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2014.
- [13] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
- [14] Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2014.
- [15] Vujić, M., Dedić, L.: Priručnik za izradu osnovnog modela semaforiziranog raskrižja korištenjem mikrosimulacijskog alata PTV Vissim, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb,

POPIS KRATICA

LOS (engl. Level of Service) Razina usluge

HCM (engl. Highway Capacity Manual) Standard u projektiranju i planiranju cesta

EJA Ekvivalent jedinice automobile

PGDP Prosječni godišnji dnevni promet

PLDP Prosječni ljetni dnevni prome

CO (engl. Carbon Monoxide) Ugljični monoksid

NOx (engl. Nitrogen Oxides) Dušikovi oksidi

VOc (engl. Volatile Organic Compounds) Hlapljivi organski spojevi

POPIS SLIKA:

Slika 1. Položaj Magistralnog puta M17.....	3
Slika 2. Položaj Magistralnog puta M17.3.....	4
Slika 3. Položaj naselja Buna.....	5
Slika 4. Prikaz makro lokacije navedenog raskrižja	6
Slika 5. Prikaz mikro lokacije navedenog raskrižja.....	7
Slika 6. Prikaz postojećeg stanja raskrižja.....	10
Slika 7. Prikaz privoza raskrižja	11
Slika 8. Prikaz sjevernog privoza raskrižja.....	12
Slika 9. Prikaz istočnog privoza raskrižja.....	13
Slika 10. Prikaz južnog privoza raskrižja	14
Slika 11. Intenzitet i distribucija prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu	20
Slika 12. Intenzitet i distribucija prometnih tokova u popodnevnom vršnom satu	25
Slika 13. Grupiranje i broj prometnih nesreća unutar uže zone obuhvata	31
Slika 14. Tlocrt idejnog rješenja 1	45
Slika 15. Turbo blok	47
Slika 16. Tlocrt idejnog rješenja 2	50
Slika 17. Prikaz postojećeg stanja raskrižja u programskom alatu PTV Vissim	53
Slika 18. Prikaz idejnog rješenja 1 u programskom alatu PTV Vissim.....	56
Slika 19. Prikaz idejnog rješenja 2 u programskom alatu PTV Vissim.....	63

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Ekvivalentne jedinice osobnih automobila za pojedine skupine vozila.....	16
Tablica 2. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 1	16
Tablica 3. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 2	17
Tablica 4. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 3	18
Tablica 5. Rezultati brojanja prometa u popodnevnom vršnom satu za privoz 1	21
Tablica 6. Rezultati brojanja prometa u popodnevnom vršnom satu za privoz 2.....	23
Tablica 7. Rezultati brojanja prometa u popodnevnom vršnom satu za privoz 3.....	24
Tablica 8. Broj prometnih nesreća na raskrižju tijekom 2022.godine	27
Tablica 9. Prikaz prometnih nesreća na raskrižju po mjesecima tijekom 2022.godine	29
Tablica 10. Raspodjela prometnih nesreća po privozima tijekom 2022.godine	30
Tablica 11. Rast/pad PGDP-a i PLDP-a po godinama na brojačkom mjestu (Ortiješ 6242)	33
Tablica 12. Intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar prema prognozi prometa za jutarnji vršni sat.....	35
Tablica 13. Prometno opterećenje pojedinog privoza prema prognozi prometa za jutarnji vršni sat	36
Tablica 14. Prometno opterećenje raskrižja prema prognozi prometa za jutarnji vršni sat.....	37
Tablica 15. Intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar prema prognozi prometa za popodnevni vršni sat	38
Tablica 16. Prometno opterećenje pojedinog privoza prema prognozi prometa za popodnevni vršni sat	39
Tablica 17. Prometno opterećenje raskrižja prema prognozi prometa za popodnevni vršni sat...	40
Tablica 18. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama.....	43
Tablica 19. Preporučene dimenzije turbo kružnog raskrižja u ovisnosti o njegovoj veličini	48
Tablica 20. Kriterij za određivanje razine usluge prema (HCM 2010.) [13].....	52
Tablica 21. GEH statistika za simulacijski model postojećeg stanja.....	54
Tablica 22. Rezultati simulacije postojećeg stanja	55
Tablica 23. GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 1	57
Tablica 24. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za trenutnu prometnu potražnju	58
Tablica 25. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 5 godina.....	59

Tablica 26. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 10 godina.....	60
Tablica 27. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 15 godina.....	61
Tablica 28. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 20 godina.....	62
Tablica 29. GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 2.....	64
Tablica 30. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za trenutnu prometnu potražnju.....	65
Tablica 31. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za 5 godina.....	66
Tablica 32. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za 10 godina.....	67
Tablica 33. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za 15 godina.....	67
Tablica 34. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za 20 godina.....	68
Tablica 35. Komparacija prosječnog repa čekanja postojećeg stanja i idejnih rješenja	69
Tablica 36. Komparacija maksimalnog repa čekanja postojećeg stanja i idejnih rješenja	71
Tablica 37. Komparacija vremena kašnjenja postojećeg stanja i idejnih rješenja	72
Tablica 38. Komparacija razine usluge postojećeg stanja i idejnih rješenja.....	73
Tablica 39. Usporedba razine usluge idejnog rješenja 1 i idejnog rješenja 2.....	74

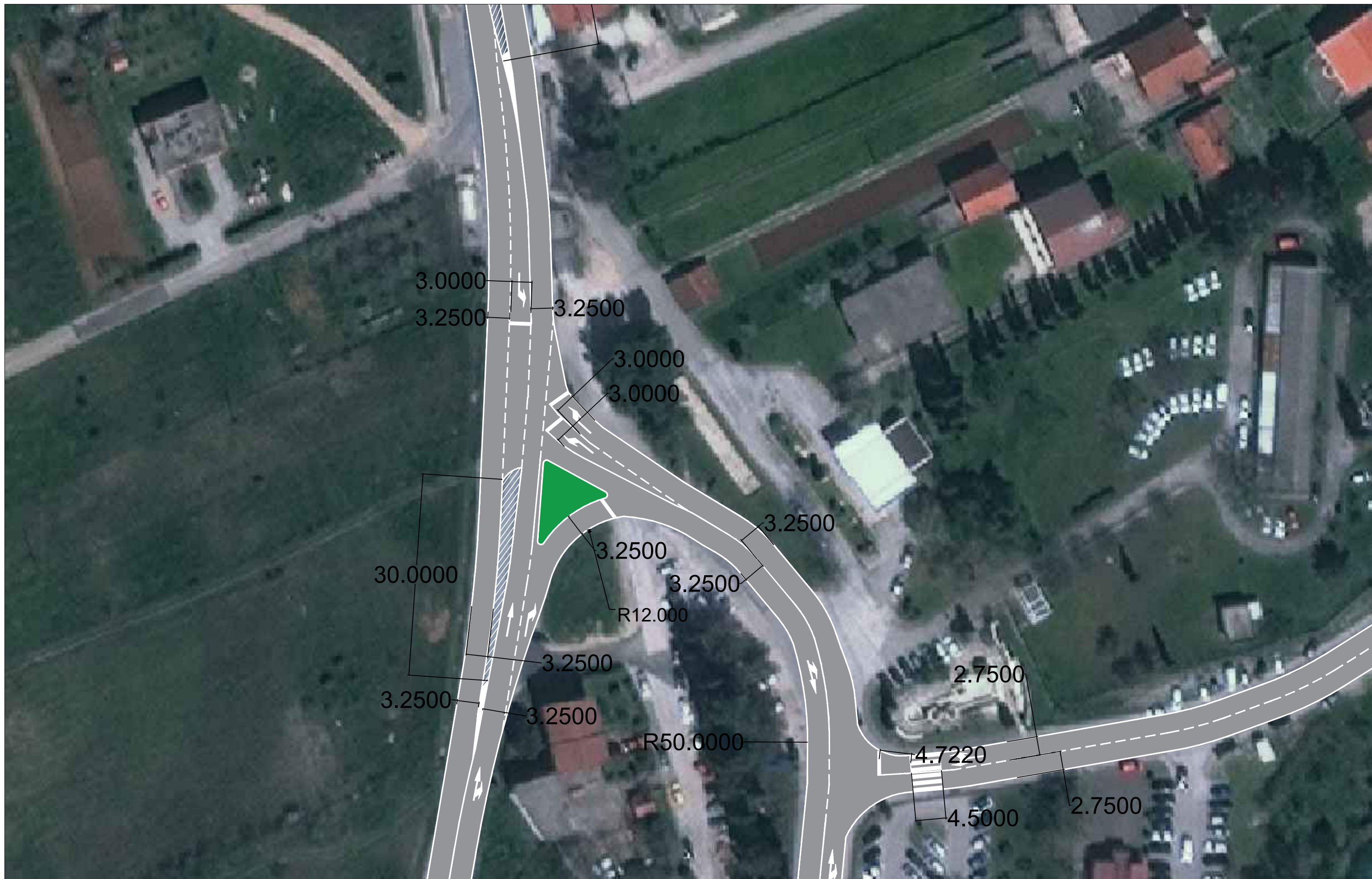
POPIS GRAFIKONA:

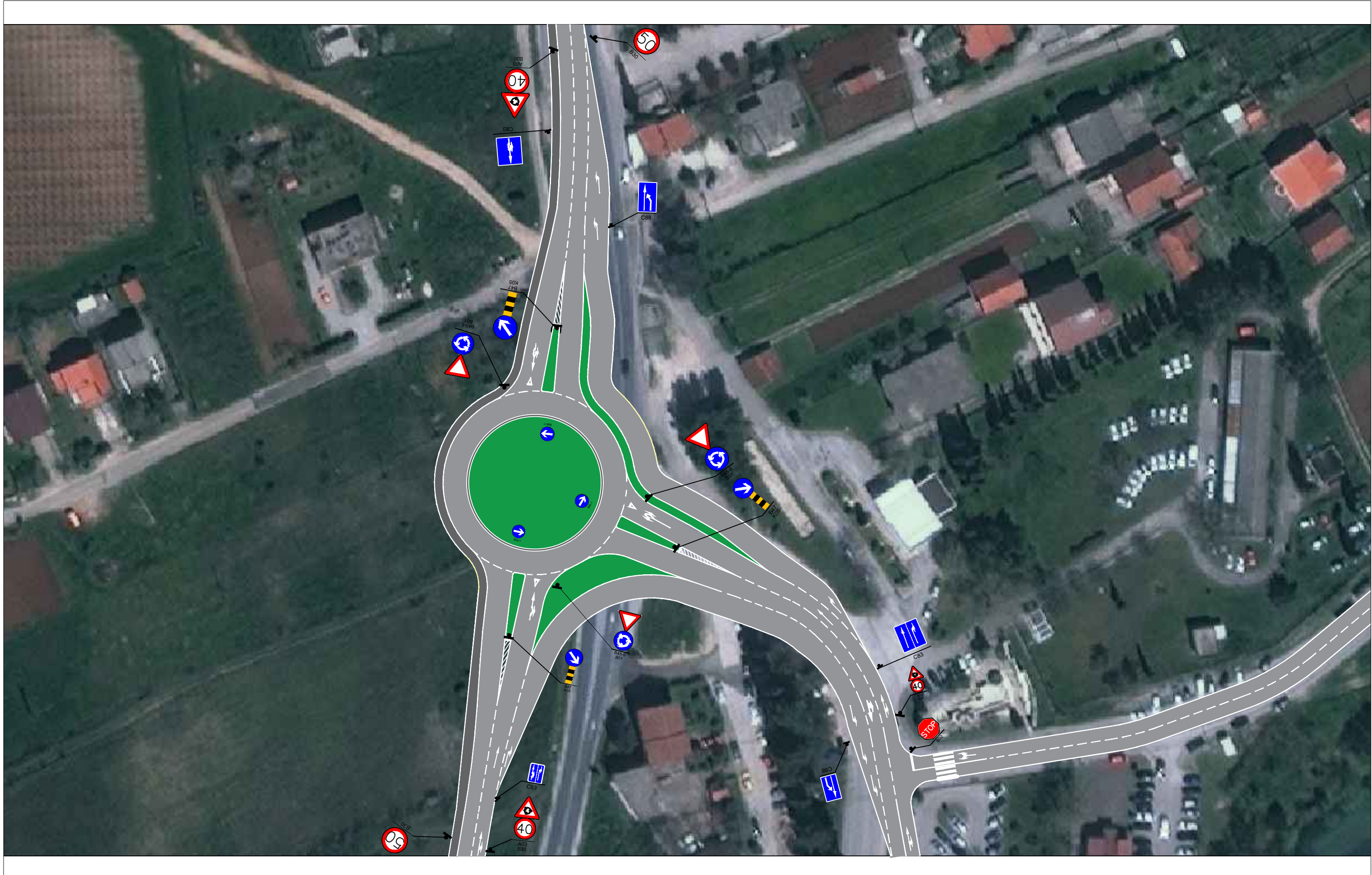
Grafikon 1. Struktura prometnog toka u jutarnjem vršnom satu	21
Grafikon 2. Struktura prometnog toka u popodnevnom vršnom satu.....	26
Grafikon 3. Grafički prikaz prometnih nesreća na raskrižju tijekom 2022.godine	28
Grafikon 4. Grafički prikaz prometnih nesreća po mjesecima tijekom 2022.godine	30
Grafikon 5. Grafički prikaz prometnog opterećenja raskrižja prema prometnoj prognozi za jutarnji vršni sat	37
Grafikon 6. Grafički prikaz prometnog opterećenja raskrižja prema prometnoj prognozi za popodnevi vršni sat	41
Grafikon 7. Grafički prikaz prosječnog repa čekanja	70
Grafikon 8. Grafički prikaz maksimalnog repa čekanja	71
Grafikon 9. Grafički prikaz vremena kašnjenja	72

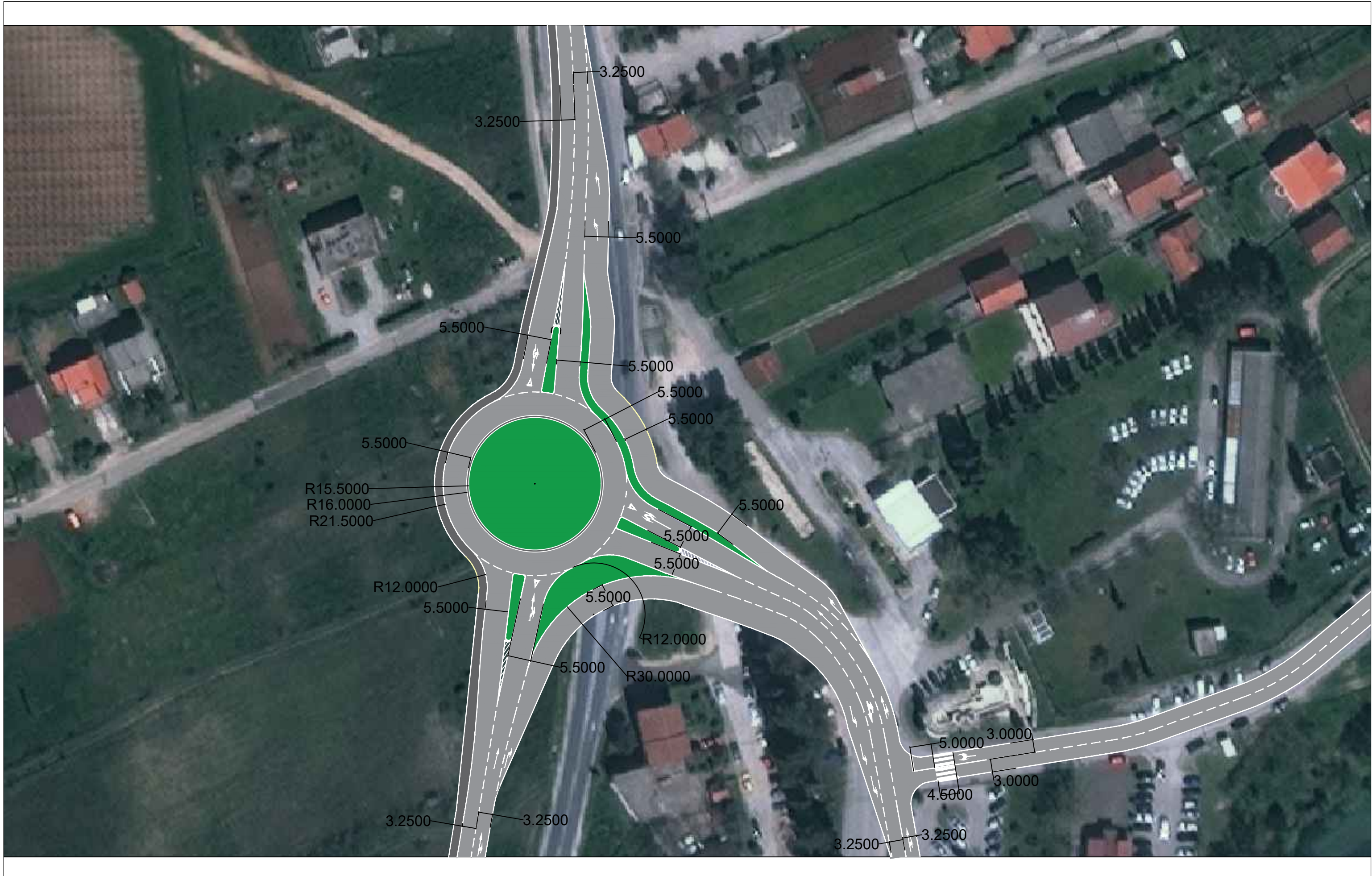
POPIS PRILOGA:

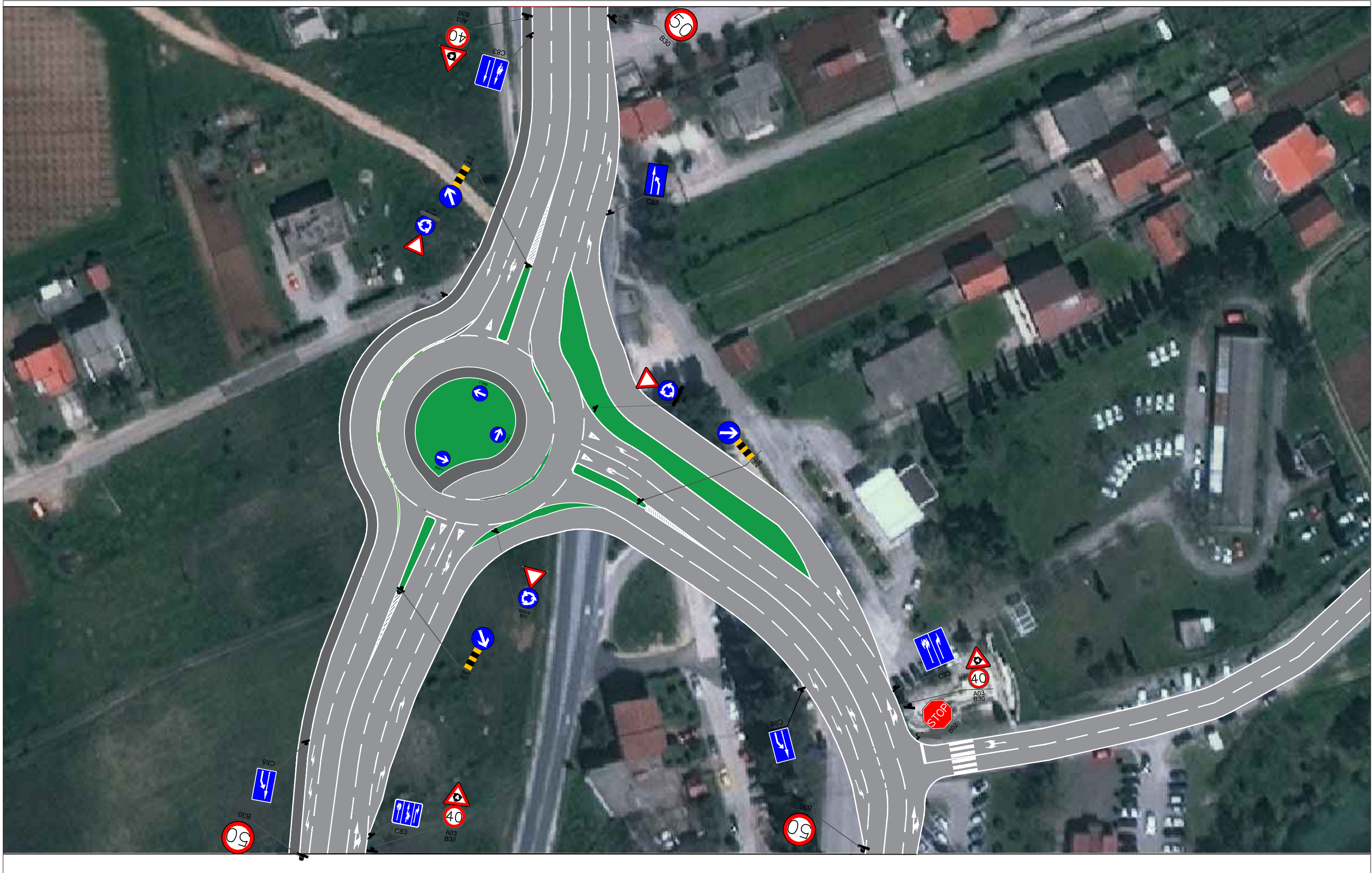
1. Postojeće stanje- Tlocrt
2. Postojeće stanje – Kote
3. Idejno rješenje 1- Tlocrt
4. Idejno rješenje 1 – Kote
5. Idejno rješenje 2 – Tlocrt
6. Idejno rješenje 2 - Kote

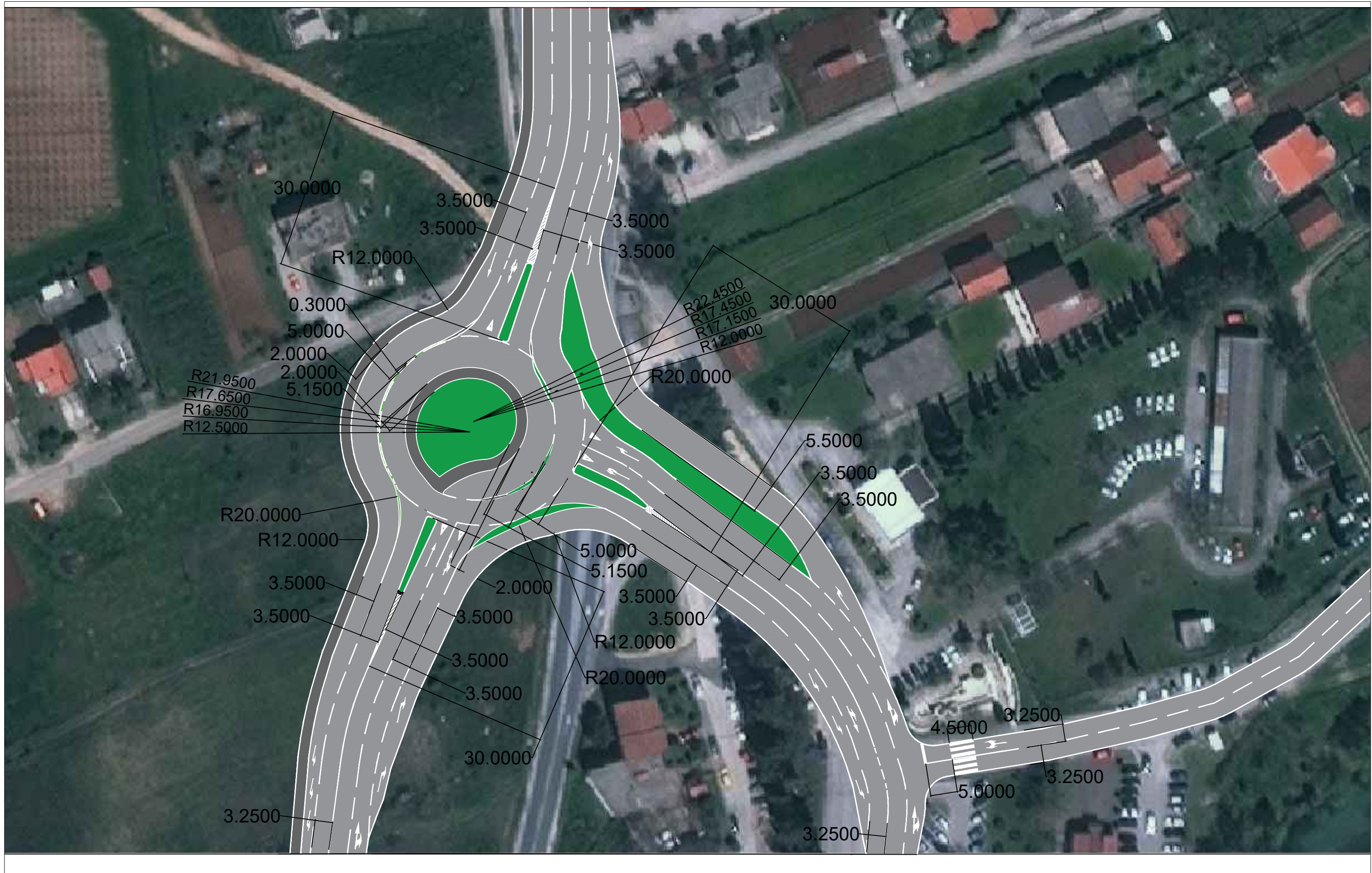












Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ diplomski rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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 **Optimizacija odvijanja postojećih prometnih tokova na raskrižju Magistralni put M17- Magistralni put M17.3 u gradu Mostaru**, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

Ana Drago

U Zagrebu, 14.6.2023.

(ime i prezime, potpis)