

Analiza s prijedlogom poboljšanja projektno-oblikovnih elemenata raskrižja na području grada Koprivnice

Pintar, Vedran

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:948548>

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

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



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Vedran Pintar

**ANALIZA S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA
PROJEKTNO-OBLIKOVNIH ELEMENATA
RASKRIŽJA NA PODRUČJU GRADA
KOPRIVNICE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA
PROJEKTNO-OBLIKOVNIH ELEMENATA
RASKRIŽJA NA PODRUČJU GRADA
KOPRIVNICE**

**ANALYSIS WITH IMPROVEMENT PROPOSALS
OF INTERSECTION DESIGN ELEMENTS IN
THE CITY OF KOPRIVNICA**

Mentor: Doc. dr. sc. Luka Novačko

Student: Vedran Pintar, 011 9011 558

Zagreb, 2018.

ANALIZA S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA PROJEKTNO-OBLIKOVNIH ELEMENTATA RASKRIŽJA NA PODRUČJU GRADA KOPRIVNICE

SAŽETAK: U diplomskom radu bi se analiziralo nekoliko kritičnih raskrižja u gradu Koprivnici s aspekta protočnosti i sigurnosti prometa. Brojanjem prometa dobiveni su podaci o postojećem stanju odabranih raskrižja uz pomoć kojih se došlo do rješenja postojećih problema. Predložila bi se nova rješenja projektno-oblikovnih elemenata raskrižja koja bi povećala razinu sigurnosti prometa i propusnu moć odabranih raskrižja, smanjila vrijeme čekanja na raskrižjima te smanjila razinu buke i emisije štetnih plinova. Analizirano je pet raskrižja te su predložene rekonstrukcije postojećih. Data rješenja raskrižja su izrađena u programskom alatu AutoCAD, na temelju kojih su napravljene simulacije u programskom alatu PTV Vissim i Sidra Intersection.

KLJUČNE RIJEČI: Koprivnica, raskrižje, brojanje prometa, analiza postojećeg stanja, analiza podataka o prometnim nesrećama, AutoCAD, PTV Vissim.

SUMMARY: In the graduate thesis several critical crossings in the city of Koprivnica were analyzed from the point of view of traffic flow and traffic safety. By traffic counting, data on the current state of the selected intersections were obtained, with the help of which the existing problems were solved. Improvement proposals of intersection design elements would increase the level of traffic safety and capacity, decrease latency, level of noise and combustion gases emission. Five intersections were conducted and reconstructions were suggested. The data of the intersection data was made in AutoCAD software were presented as solutions based on which simulations were made in program tool PTV Vissim and Sidra Intersection.

KEYWORDS: City of Koprivnica, traffic counting, Analysis of current situation, data Analysis about traffic accidents, AutoCAD, PTV Vissim.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Analiza prostorno-prometne dokumentacije grada Koprivnice	3
3. Analiza i kritički osvrt na postojeće stanje odabranih raskrižja na području grada Koprivnice	9
3.1. Raskrižje na Trgu Mladosti.....	10
3.2. Raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana.....	13
3.3. Raskrižje Zagrebačke ulice - Varaždinske ceste.....	14
3.4. Raskrižje Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice - Ivanjske ceste.....	18
3.5. Raskrižje Kolodvorske ulice - Ulice Ivana Meštrovića	19
4. Analiza podataka o brojanju prometa na odabranim lokacijama u gradu Koprivnici	22
4.1. Ručno brojanje prometa	22
4.2. Automatsko brojanje prometa.....	23
4.3. Brojanje prometa kamerom.....	23
4.4. Satelitsko brojanje prometa.....	23
4.5. Brojanje prometa na odabranim raskrižjima.....	24
4.5.1. Rezultati brojanja prometa na raskrižju Trg Mladosti	25
4.5.2. Rezultati brojanja prometa na raskrižju Ulica Antuna Mihanovića - Ulica Grgura Karlovčana - Cvjetna ulica.....	26
4.5.3. Rezultati brojanja prometa na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste.....	29
4.5.4. Rezultati brojanja prometa na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta	32
4.5.5. Rezultati brojanja prometa na raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića	34
4.5.6. Analiza prometnih nesreća na području grada Koprivnice.....	36
5. Prijedlozi poboljšanja odabranih raskrižja na području grada Koprivnice	38

5.1. Prijedlog poboljšanja raskrižja na Trgu Mladosti	38
5.2. Prijedlog poboljšanja raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	41
5.3. Prijedlog poboljšanja raskrižja Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste	44
5.4. Prijedlog poboljšanja raskrižja Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice i Ivanjske ceste ..	48
5.5. Prijedlog poboljšanja raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića.....	49
6. Simulacija i evaluacija predloženih rješenja rekonstrukcije raskrižja	53
6.1. Simulacija i evaluacija raskrižja na Trgu Mladosti.....	54
6.2. Simulacija i evaluacija raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	57
6.3. Simulacija i evaluacija raskrižja Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste.....	61
6.4. Simulacija i evaluacija raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića	64
7. Zaključak.....	68
Literatura.....	70
Popis priloga	72
Popis slika	72
Popis tablica	74
Popis grafova	75
Popis priloga	75

1. UVOD

Raskrižje se može opisati kao prometna površina na kojoj se križaju ili spajaju dvije ili više cesta. U širem kontekstu prometa raskrižja predstavljaju točke na cestovnoj mreži gdje se prometni tokovi sijeku, spajaju, isprepliću ili razdvajaju. Raskrižja mogu biti izvan razine, u razini, kombinirana te posebna. Najčešća izvedba raskrižja je ona u razini gdje se prometni tokovi nalaze na istoj prometnoj plohi. Pravilnim vođenjem prometnih tokova unutar raskrižja može se postići veća propusna moć i sigurnost prometa u raskrižju, kao i smanjiti emisija štetnih plinova i razina buke.

Grad Koprivnica nalazi se u središtu Koprivničko-križevačke županije, između gore Bilogore na jugu, kalničkog gorja na jugozapadu te rijeke Drave na sjevernoj strani. Grad je ujedno i sjedište Koprivničko-križevačke županije. Kroz grad Koprivnicu prolazi državna cesta D2 koja povezuje sjever i istok Republike Hrvatske. Osim D2, kroz Koprivnicu prolazi državna cesta D41 koja povezuje središnju Hrvatsku s Mađarskom a ujedno i s istočnom Europom. Koprivnica je važno središte prehrambene industrije i tamo se nalaze dvije tvrtke, Podravka i Carlsberg Croatia, koje svaki radni dan generiraju velik broj ljudi iz okolnih naselja. Prema popisu stanovništva iz 2011. godine grad Koprivnica ima 30.854 stanovnika. Grad Koprivnica ima razvijen sustav biciklističke mreže zvan BicKo. To je javni servis za prijevoz biciklima koji omogućuje građanima Koprivnice i turistima da biciklom dođu do bilo koje točke u gradu.

Tema diplomskog rada je Analiza s prijedlogom poboljšanja projektno-oblikovnih elemenata raskrižja na području grada Koprivnice, u kojem se na temelju podataka o brojanju prometa i analizi podataka o prometnim nesrećama dobivenim od Policijske uprave (PU) Koprivnica dobilo postojeće stanje kritičnih raskrižja u Koprivnici. Dobivena analiza će poslužiti za izradu prijedloga poboljšanja projektno-oblikovnih elemenata raskrižja. Prijedlozi novih rješenja će se izraditi uz pomoć programskog alata AutoCAD te će sa simulacijskim programima PTV Vissim i Sidra Intersection izvršiti simulacija predloženih rješenja na kritičnim raskrižjima.

Sadržaj ima 7 poglavlja:

1. Uvod
2. Analiza prostorno-prometne dokumentacije grada Koprivnice
3. Analiza i kritički osvrt na postojeće stanje odabranih raskrižja na području grada Koprivnice
4. Analiza podataka o brojanju prometa na odabranim lokacijama u gradu Koprivnici
5. Prijedlozi poboljšanja odabranih raskrižja na području grada Koprivnice
6. Simulacija i evaluacija predloženih rješenja rekonstrukcije raskrižja
7. Zaključak

Literatura

2. ANALIZA PROSTORNO-PROMETNE DOKUMENTACIJE GRADA KOPRIVNICE

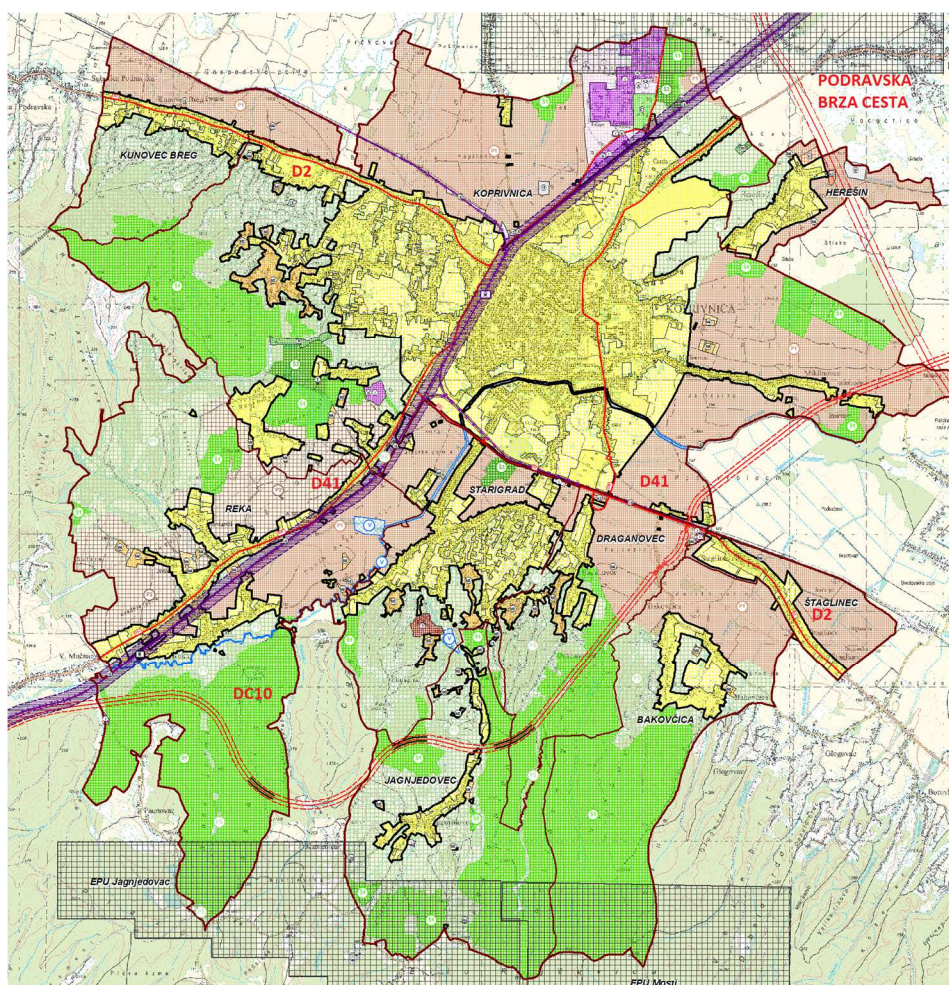
U ovom poglavlju bit će analizirana prostorno-prometna dokumentacija grada Koprivnice. Dostupni dokumenti koji su korišteni u ovom radu su: Generalni urbanistički plan Koprivnice, Prostorni plan uređenja grada Koprivnice, Plan održive urbane mobilnosti grada Koprivnice, te Strategija razvoja grada Koprivnice za razdoblje od 2015. do 2020. godine.

Koprivnica je smještena na povoljnom području između gore Bilogore na jugu, kalničkog gorja na jugozapadu te močvarnog područja rijeke Drave na sjeveru koja je ujedno i granica s Republikom Mađarskom. Koprivnica ima povoljan geoprometni položaj, cestovna udaljenost od grada Zagreba iznosi 102 km, 50 km od grada Varaždina te 63 km od grada Virovitice. Nalazi se na 149 m nadmorske visine, dok je ukupna površina grada i prigradskih naselja 91,05 km². Ukupan broj stanovnika prema popisu stanovništva iz 2011. godine je 30.854 stanovnika dok sam grad ima 23.955 stanovnika. Gustoća naseljenosti po površini koju zauzima grad Koprivnica iznosi 338,87 stanovnika/km² [1].

Prostorni plan uređenja grada Koprivnice još obuhvaća i prigradska naselja a to su, abecednim redom: Bakovčice, Draganovec, Herešin, Jagnjedovec, Kunovec Breg, Reka, Starigrad i Štaglinec. Prema prostornom planu, kroz grad prolaze državne ceste, dok su sve ostale ceste kategorizirane kao nerazvrstane ceste. Od ostalih prometnih objekata u gradu Koprivnici se nalaze pješačke i biciklističke staze, parkirališta te dvije željezničke pruge od značaja za međunarodni i regionalni promet uz pripadajuće pružne prijelaze.

Državne ceste koje prolaze kroz grad Koprivnicu su državna cesta D2 (tzv. podravska magistrala) od Dubrave Križovljanske preko Varaždina, Koprivnice, Virovitice, Našica i Osijeka do graničnog prijelaza Ilok koja je svojim tokom paralelna s rijekom Dravom i njena duljina kroz grad iznosi 10,0 km te državna cesta D41 od graničnog prijelaza u Goli preko Koprivnice, Križevaca, Sesveta do Zagreba, koja je od iznimne važnosti zbog povezivanja Republike Mađarske i grada Zagreba te je njena duljina kroz grad 11,1 km [2].

Kroz grad Koprivnicu ne prolaze županijske i lokalne ceste već sve ceste na području grada (osim ranije navedene dvije državne ceste) spadaju pod nerazvrstane ceste čije upravljanje i održavanje do 2012. godine obavlja upravni odjel za komunalno gospodarstvo, prostorno uređenje i zaštitu okoliša. Odlukom o komunalnim djelatnostima, koju je Grad Koprivnica donio u lipnju 2012., upravljanje nerazvrstanim cestama je preneseno na trgovačko društvo u vlasništvu grada Koprivnice. Prema podacima grada, ukupna duljina nerazvrstanih cesta u naseljima na području grada Koprivnice iznosi 204,03 km od čega se na asfaltirane ceste odnosi 148,26 km dok duljina makadamske ceste iznosi 55,77 km te je potrebno uložiti određena sredstva u njihovo asfaltiranje kako bi se povećala udobnost i sigurnost vožnje [3].



Slika 1. Cestovna mreža grada Koprivnice

Izvor: [2]

Na slici 1 crvenom debelom crtom prikazane su trase državnih cesta D41 i D2 dok su trostrukom isprekidanom crvenom crtom prikazane trase budućih državnih cesta D10 i Podravske brze ceste koje će svojim kratkim dijelom prolaziti kroz grad Koprivnicu. Podravska brza cesta prema trenutno prikazanom planu prolazi jednim manjim dijelom kroz prigradsko

naselje Herešin dok državna cesta D10 prolazi uz jugoistočni rub grada Koprivnice te bi se raskrižjem iznad razine spojilo na državnu cestu D2 između prigradskog naselja Draganovec i Štaglinec.

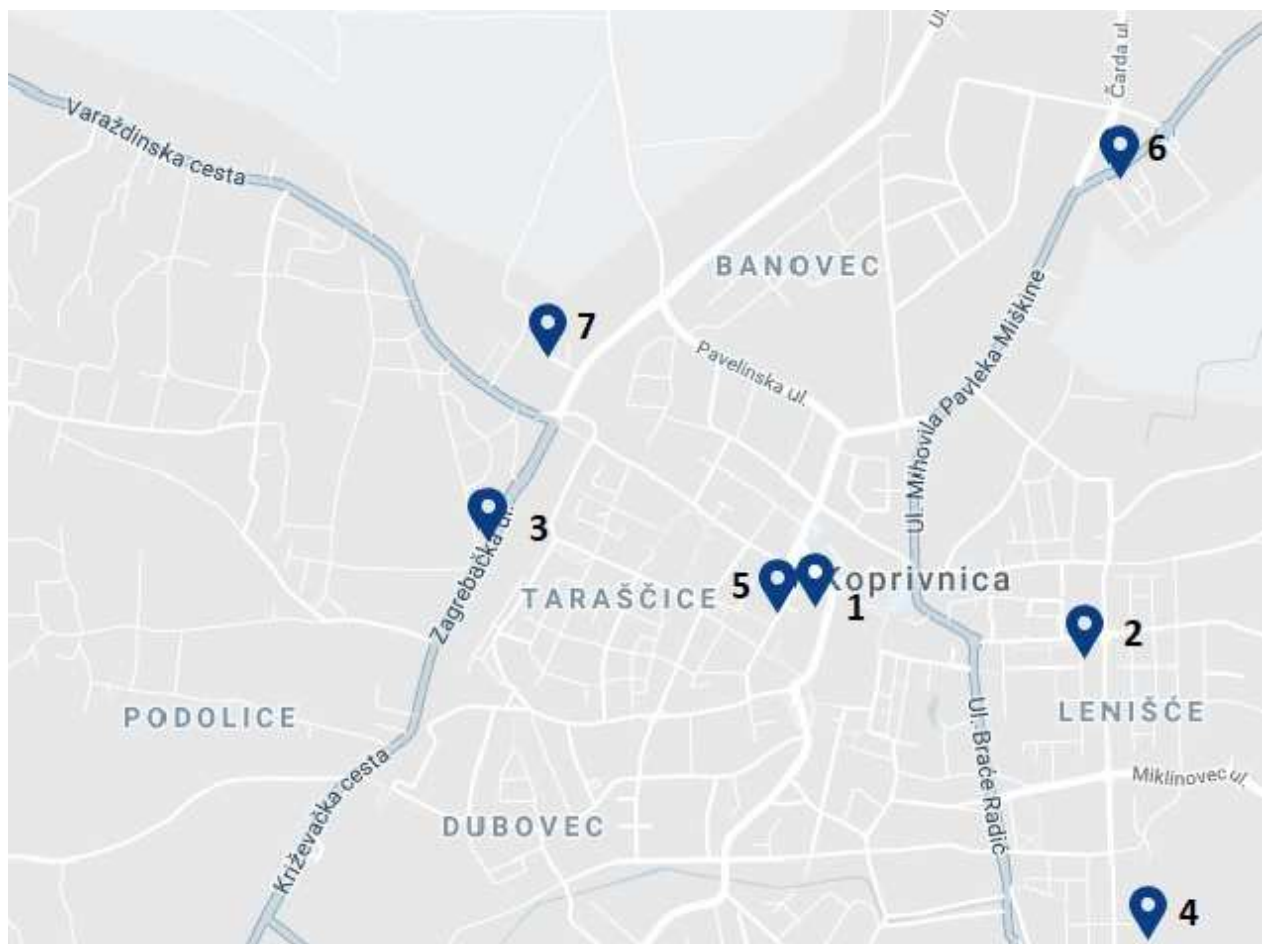
Grad Koprivnica ima jedan od najrazvijenijih sustava za prijevoz biciklima u Hrvatskoj s velikim brojem biciklističkih staza koje prolaze kroz grad i razvijenim javnim servisom za prijevoz biciklima BicKo. U gradu se nalazi sedam terminala s biciklima koje mogu koristiti osobe koje su registrirane preko BicKo sustava. Bicikl nakon otključavanja pomoću posebne RFID kartice ili jednokratnog koda se može koristiti 120 minuta te se nakon mora vratiti na prvi slobodni terminal i zaključati. Na slici 2 prikazan je terminal s parkiranim biciklima kod Glavnog kolodvora.



Slika 2. Terminal BicKo u blizini Glavnog kolodvora

Lokacije BicKo terminala, koje se mogu vidjeti na slici 3, su sljedeće:

1. Zrinski trg
2. Lenišće
3. Glavni kolodvor
4. Gradski bazeni "Cerine"
5. Dom mladih
6. Kampus
7. Ulica Ivana Česmičkog [4]



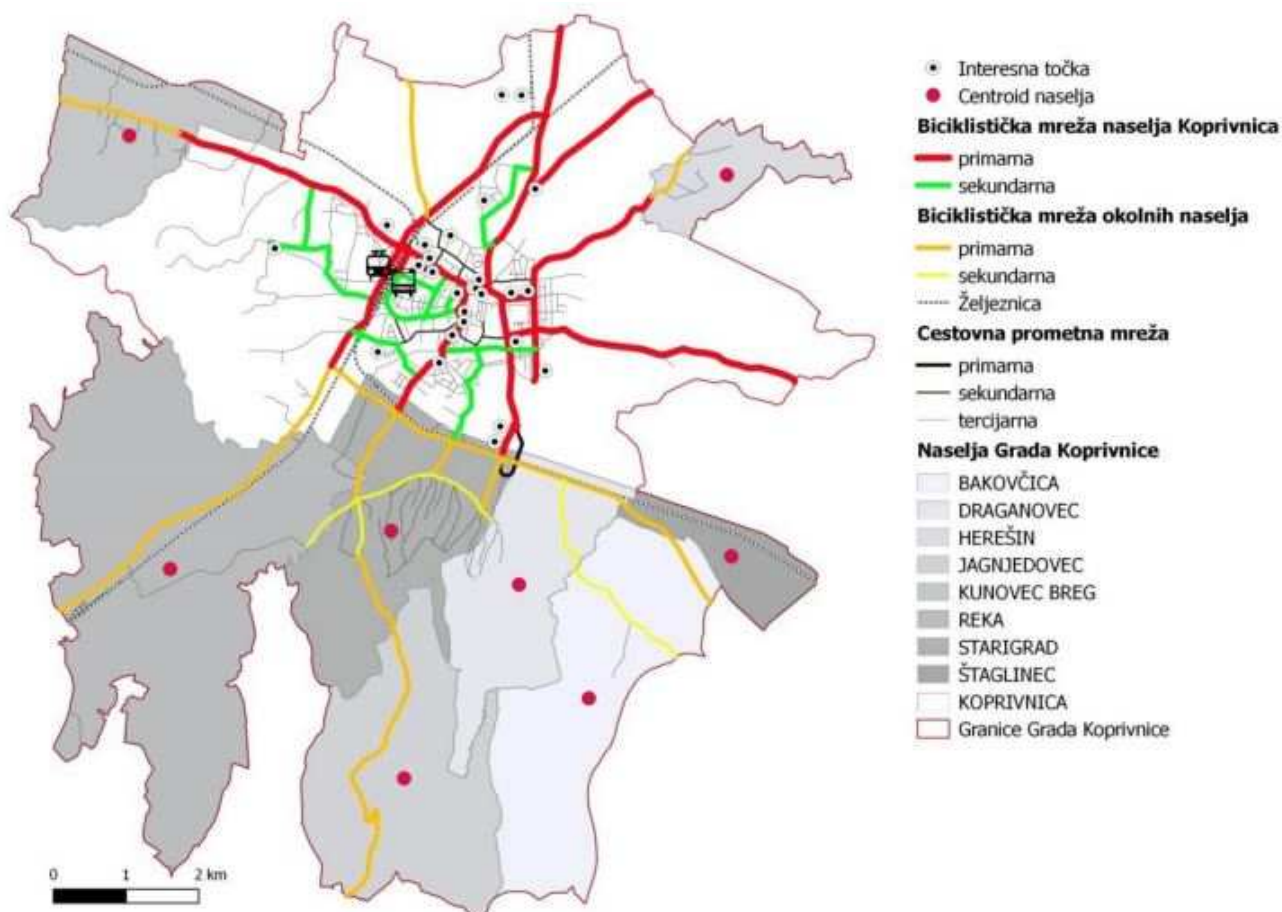
Slika 3. Prikaz lokacija terminala sustava BicKo

Izvor: [5]

Prema Planu održive mobilnosti Grada Koprivnice iz 2015. godine predloženo je nekoliko mjera s ciljem povećanja udjela pješačko-biciklističkog prometa. Kako bi se povećala atraktivnost pješačko-biciklističkog prometa, potrebno je osigurati adekvatnu prometnu infrastrukturu koja bi osigurala sigurnost pješaka i biciklista te zadovoljila njihove potrebe. Prilikom izgradnje novih biciklističkih staza važno je paziti da predviđene trase staze ne produljuju vrijeme putovanja te da se ne ugrožava sigurnost ostalih sudionika u prometu. Predložene su četiri dionice koje čine pješačko-biciklističku mrežu na području Koprivnice:

1. zapadni dio grada - uže središte grada - istočni dio grada - Herešin - Miklinovec, s pristupnim krakom prema željezničkom i autobusnom kolodvoru
2. državna cesta D2 (južna obilaznica) - Bjelovarska cesta - uže središte grada - kampus - industrijska zona
3. državna cesta D2 (južna obilaznica)- Starogradska ulica - Ulica Antuna Nemčića - uže središte grada
4. Križevačka ulica - Zagrebačka ulica - državna cesta D20 - industrijska zona [6].

Uz primarnu mrežu pješačko-biciklističke infrastrukture na području Koprivnice, predviđa se i dovršenje izgradnje biciklističke infrastrukture za potrebe spajanja svih naselja Grada Koprivnice sa središnjim naseljem. Planirana primarna i sekundarna mreža grada Koprivnice prikazana je na slici 4 [6].



Slika 4. Planirana primarna i sekundarna mreža biciklističke infrastrukture Grada Koprivnice

Izvor: [6]

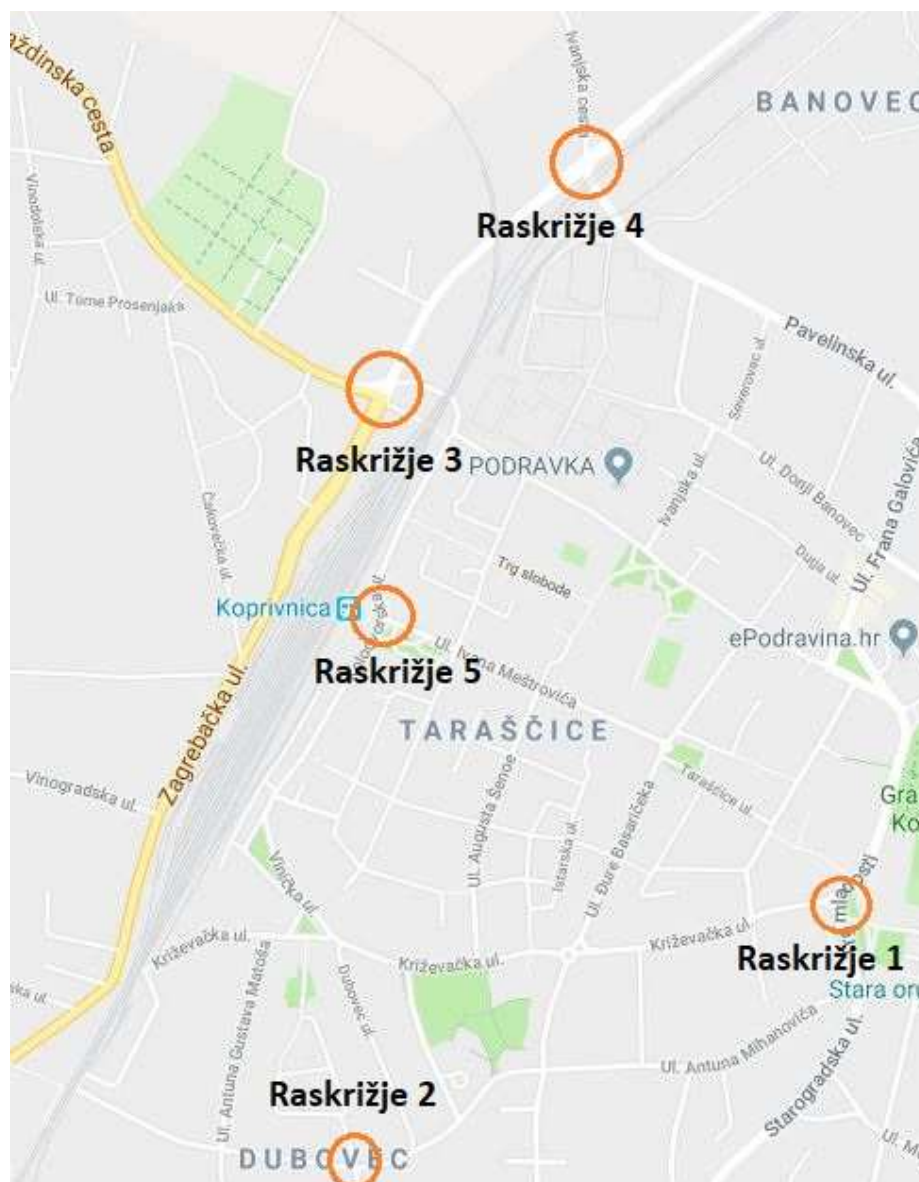
U trenutku izrade ovog diplomskog rada izgrađena je biciklistička staza kroz uže središte grada prema kampusu te cijelokupna 4. dionica biciklističko – pješačke mreže Križevačka ulica - Zagrebačka ulica - državna cesta D20 - industrijska zona.

3. ANALIZA I KRITIČKI OSVRT NA POSTOJEĆE STANJE ODABRANIH RASKRIŽJA NA PODRUČJU GRADA KOPRIVNICE

U ovom poglavlju analizirat će se pojedini nedostaci na odabranim raskrižjima na području grada Koprivnice. Ustanoviti će se problem kod svakog pojedinog raskrižja te će se u poglavlju 5 dati prijedlog rješenja koji će smanjiti ili potpuno ukloniti probleme za svako raskrižje. Analiza obuhvaća sljedeće parametre trenutnog stanja raskrižja: propusna moć raskrižja, sigurnost svih korisnika raskrižja, razina usluge (Level Of Service). Na slici 5 prikazana su odabrana raskrižja:

1. Raskrižje na Trgu Mladosti
2. Raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana
3. Raskrižje Zagrebačke ulice - Varaždinske ceste
4. Raskrižje Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice - Ivanjske ceste
5. Raskrižje Kolodvorske ulice - Ulice Ivana Meštrovića

Navedena raskrižja odabrana su zbog njihove loše ili zastarjele konstrukcije što urokuje prometne nesreće i smanjeni protok vozila. Sigurnost prometa na navedenim raskrižjima je, prema mišljenju autora, niska te je potrebna rekonstrukcija kako bi se povećala sigurnosti svih sudionika u prometu te bi se smanjilo vrijeme čekanja na sporednim privozima. Na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste nije moguće izvršiti rekonstrukciju zbog nedostatka prostora te se mora promijeniti trenutni signalni plan koji bi povećao protok vozila.



Slika 5. Položaj odabranih raskrižja na cestovnoj mreži grada Koprivnice

Izvor: [7]

3.1. Raskrižje na Trgu Mladosti

Raskrižje na Trgu Mladosti nalazi se u centru grada. Po obliku je trokrako raskrižje u obliku trokuta s malenim trgom u sredini i regulirano je prometnim znakovima. Zapadni privoz čini Križevačka ulica, južni privoz čini Starogradska ulica dok sjeveroistočni privoz čini Ulica Antuna Nemčića. Sva tri privoza su kategorizirana kao nerazvrstane ceste. Svaki privoz ima jedan trak za lijevo i desno te trak za vozila iz suprotnog smjera. Glavni smjer je Križevačka

ulica - Starogradska ulica i obrnuto. Na zapadnom i sjeveroistočnom privozu nalaze se pješački prijelazi. Južni privoz nema pješački prijelaz. Nema posebno označene biciklističke staze već biciklisti dijele prostor s pješacima.



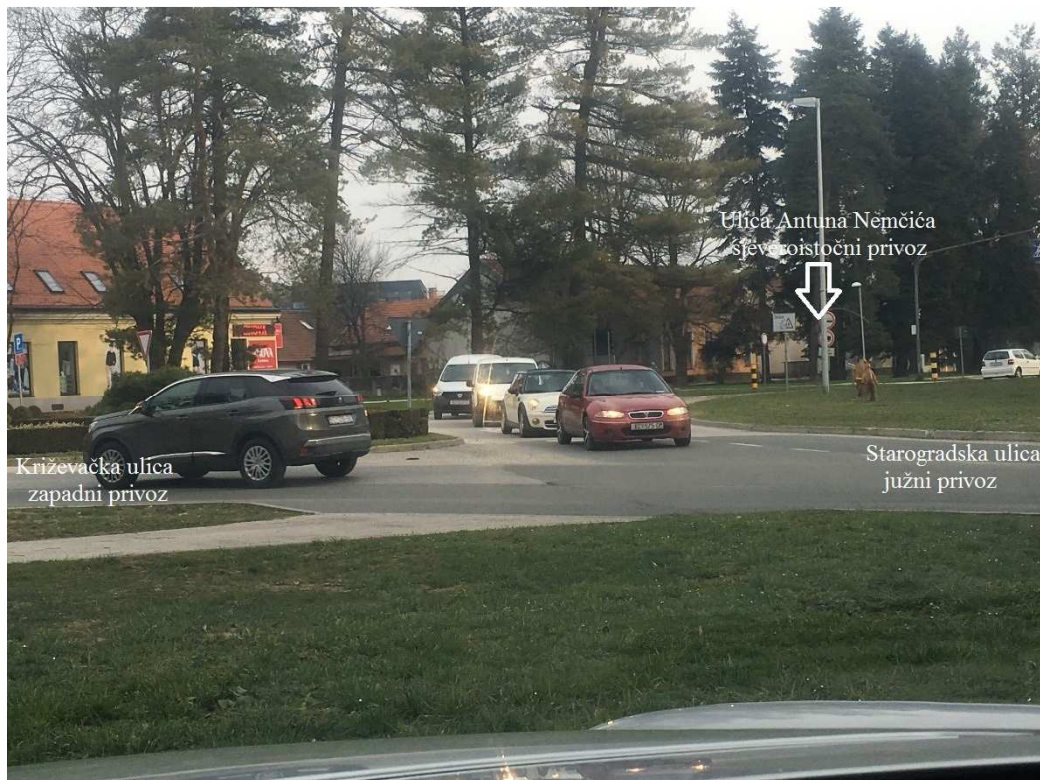
Slika 6. Položaj raskrižja na Trgu Mladosti

Izvor: [7]

Kod ovog raskrižja problem nastaje kod velikog broja vozila koja dolaze iz smjera Križevačke ulice prema Starogradskoj ulici te iz smjera Starogradske ulice prema Križevačkoj ulici. Time se stvara rep čekanja lijevih skretača iz smjera Ulice Antuna Nemčića prikazan na slici 8. Problem stvara i loša preglednost zbog ulaza u raskrižje pod nepovoljnim kutom. U blizini se nalazi Osnovna škola Antun Nemčić Gostovinski gdje prolazi veliki broj djece te je potrebna rekonstrukcija raskrižja kako bi se usporio promet i povećala sigurnost pješaka. Kod prijelaza pješaka preko pješačkog prijelaza na zapadnom privozu, u Križevačkoj ulici, smanjena je preglednost zbog zgrade te postoji velika opasnost da vozač motornog vozila na vrijeme ne uoči pješaka kad se kreće iz smjera Križevačke ulice.



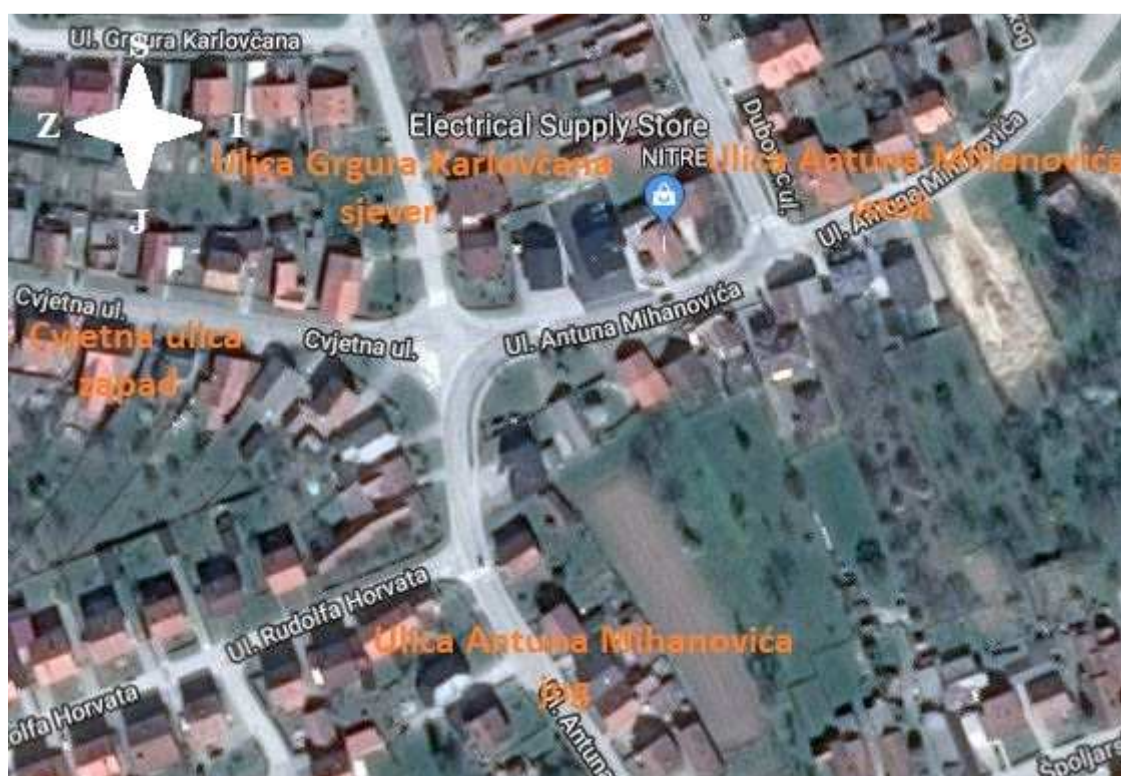
Slika 7. Pogled na raskrižje sa sjeveroistočnog privoza



Slika 8. Pogled s južnog privoza na rep čekanja na sjeveroistočnom privozu

3.2. Raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana

Raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana nalazi se u jugoistočnom dijelu grada, u kvartu Dubovec. Četverokrakog je tipa te je regulirano prometnim znakovima. Istočni i južni privoz čini Ulica Antuna Mihanovića, što je ujedno i glavni smjer vožnje. Sjeverni privoz čini Ulica Grgura Karlovčana a zapadni privoz Cvjetna ulica. Broj trakova na svim privozima je jednak, osim na zapadnom, gdje je posebni trak za desno skretanje te za ravno i lijevo. Pješački prijelazi izvedeni su na sjevernom i istočnom privozu dok ih južnom i istočnom privozu nema. Biciklistička staza, koja vodi od željezničkog kolodvora, izvedena je na desnoj strani istočnog privoza i završava na početku sjevernog privoza



Slika 9. Položaj raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana

Izvor: [7]

Problem ovog raskrižja je loša izvedba sjevernog i zapadnog privoza. Na glavnom prometnom toku, kojeg čini Ulica Antuna Mihanovića, smanjena je preglednost zbog oštrog

zavoja i razvijaju se velike brzine osobnih vozila što uzrokuje prelazak vozila u suprotni trak i dovodi do prometne nesreće. Na zapadnom i južnom privozu nedostaju pješački prijelazi što dovodi u opasnost pješake koji prelaze cestu gdje ne postoje pješački prijelazi. Kao što je navedeno ranije u ovom poglavlju, uz istočni privoz nalazi se biciklistička staza, dok pješački prijelaz na istočnom privozu nema posebnu traku za bicikle.



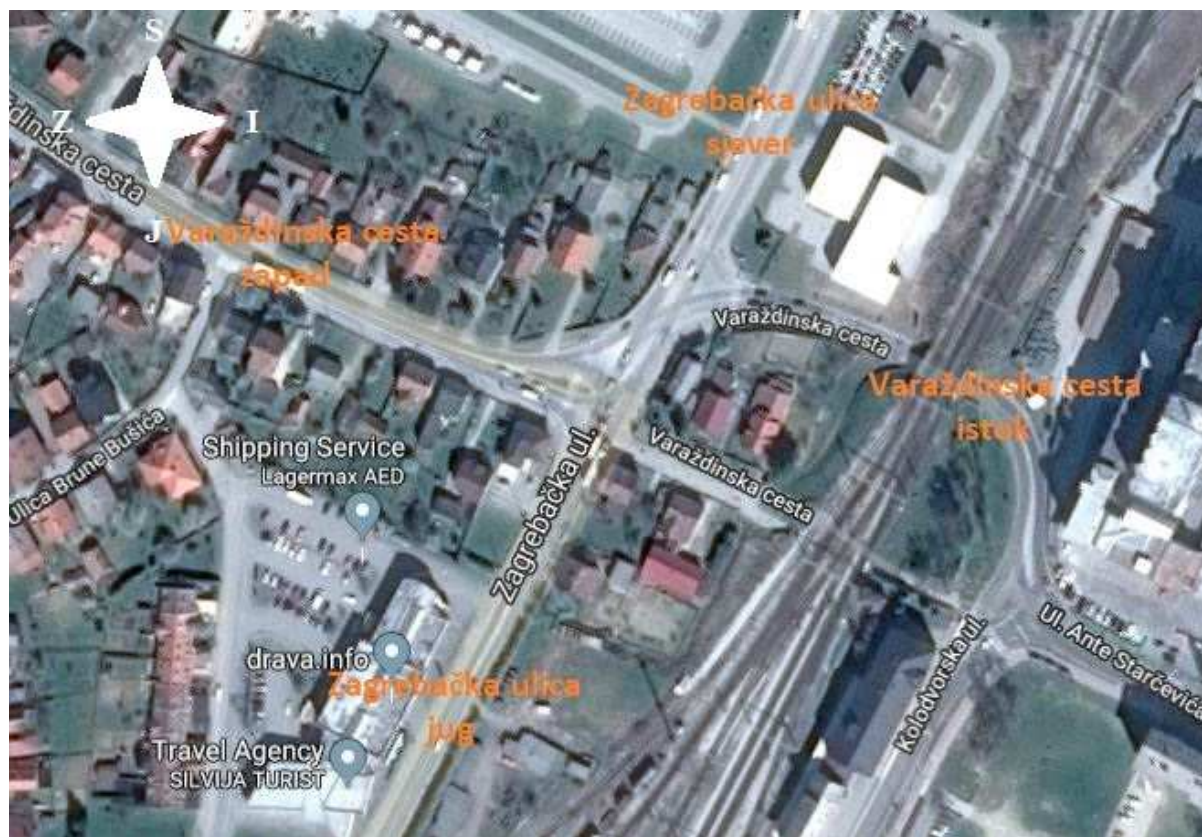
Slika 10. Pogled na raskrižje s istočnog privoza

Izvor: [7]

3.3. Raskrižje Zagrebačke ulice - Varaždinske ceste

Najfrekventnije raskrižje u gradu Koprivnici je raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste. Nalazi se u sjeveroistočnom dijelu grada, u kvartu Podolice. Četverokrakog je tipa i regulirano je semaforima. Sjeverni i južni privoz čini Zagrebačka ulica. Oba privoza imaju dvije trake, jednu za lijeve skretače i jednu za ravno i desno. Zapadni privoz čini Varaždinska cesta koja se spaja na Zagrebačku ulicu pod kutem od 90° i sadrži trak za lijevo i desno. Trak za vozila koja izlaze iz raskrižja u smjeru Varaždina odvojen je otokom. Istočni privoz čini Varaždinska cesta koja se spaja na Zagrebačku ulicu pod kutem od 90° i sadrži trak

za lijeve skretače te za desno i ravno. U odnosu na zapadni privoz, istočni privoz je izmaknut za 34 metra. Na svakom privozu izveden je pješački prijelaz te je uz svaki privoz izvedena biciklistička staza u sklopu Plana održive mobilnosti Grada Koprivnice iz 2015.

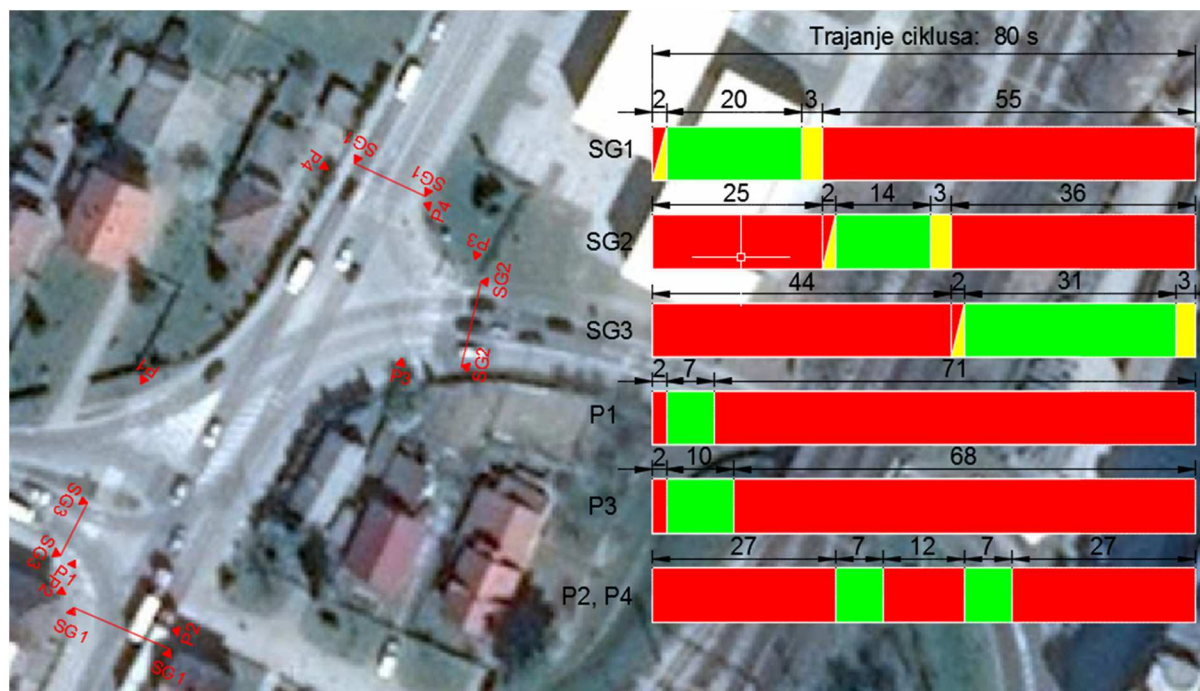


Slika 11. Položaj raskrižja Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste

Izvor: [7]

Problematika ovog raskrižja loše je programiran signalni plan, koji je prikazan na slici 12, te istočni privoz koji je izmaknut 34 metra u odnosu na zapadni privoz. Zbog okolnih kuća te blizine pruge nemoguće je izvršiti rekonstrukciju raskrižja da se istočni i zapadni privoz dodiruju u istoj točki. Trenutni signalni plan ima tri signalne grupe. Ukupna vremenska duljina ciklusa iznosi 80 sekundi. Trajanje žutog svijetla u svim signalnim grupama iznosi 3 sekunde dok crveno - žuto traje 2 sekunde. U prvoj signalnoj grupi slobodan prolaz imaju vozila koja dolaze sa sjevernog i južnog privoza (Zagrebačka ulica) te pješaci na zapadnom i istočnom privozu. Trajanje zelenog svjetla u prvoj signalnoj grupi iznosi 20 sekundi, pješacima na zapadnom privozu dozvoljen prolaz traje 7 sekundi dok na istočnom trajanje zelenog svjetla za pješake traje 10 sekundi. Slobodan prolaz u drugoj signalnoj grupi imaju vozila na istočnom privozu te im zeleno svjetlo traje 14 sekundi. Slobodan prolaz pješaci na sjevernom i južnom

privozu imaju od 27. do 34. sekunde te od 46. do 53. sekunde. U trećoj signalnoj grupi slobodan prolaz imaju vozila na zapadnom privozu u trajanju od 31 sekunde. Tijekom prve signalne grupe izbrojena je duljina repa čekanja u vršnom satu koja iznosi 19 vozila na istočnom privozu i 25 vozila na zapadnom privozu. Primjer repa čekanja na zapadnom privozu prikazan je na slici 13.

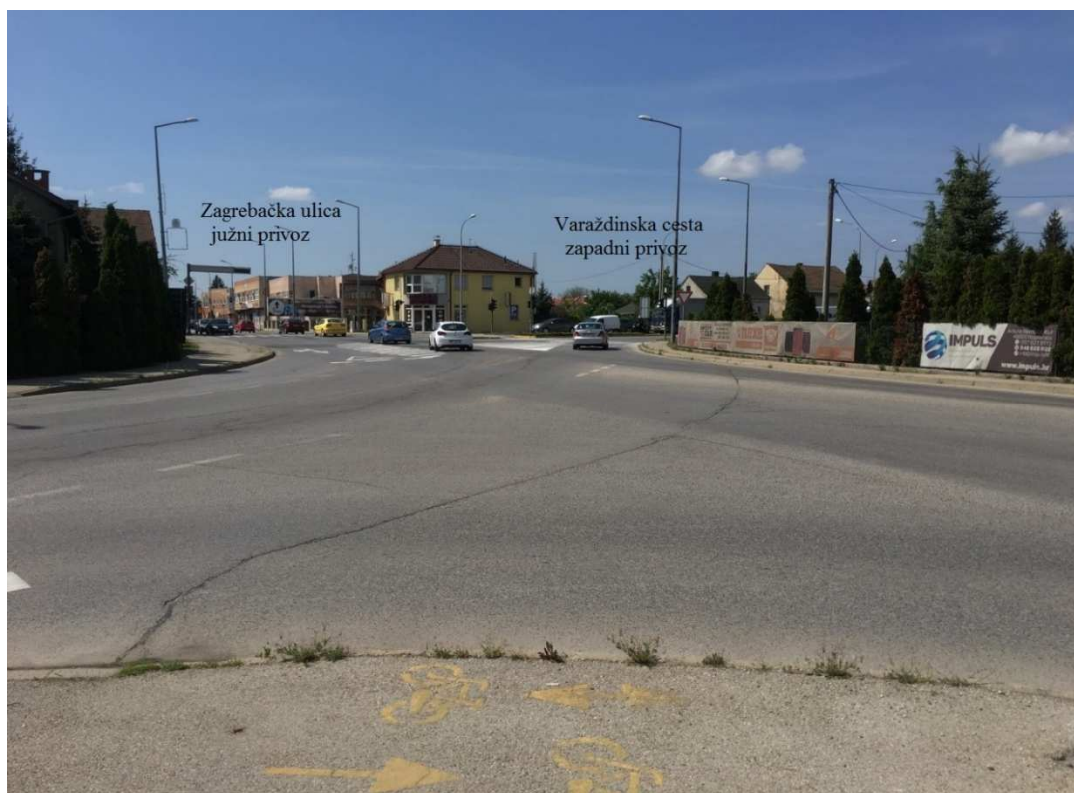


Slika 12. Prikaz trenutnog signalnog plana za raskrižje Zagrebačke ulice – Varaždinske ceste

Trenutni signalni plan je ustaljen tijekom cijelog dana osim tijekom jutarnjeg i popodnevnog vršnog sata. Tad prometni policajac regulira trajanje zelene faze za svaku signalnu grupu uz pomoć regulatora koji se nalazi u blizini južnog privoza. U jutarnjem vršnom satu ručna regulacija trajanja zelene faze za svaku signalnu grupu traje od 6:30 do 7:00 a u popodnevnom od 15:00 do 15:30. Ručna regulacija trajanja zelene faze je ozbiljan nedostatak ovog raskrižja jer zahtijeva ljudsku reakciju te ovisi o slobodnoj procjeni policajca koji prati na kojem se privozu stvara rep čekanja.



Slika 13. Pogled s južnog privoza na rep čekanja na zapadnom privozu



Slika 14. Pogled na raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste sa sjevernog privoza

3.4. Raskrižje Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice - Ivanjske ceste

Raskrižje se nalazi na sjeveru grada Koprivnice i četverokrakog je tipa. Sjeveroistočni privoz, kojeg čini Zagrebačka ulica, ima trak za lijevo i trak za ravno i desno dok jugozapadni privoz, kojeg čini Zagrebačka ulica, ima trak za desno i trak za ravno i lijevo. Sjeverni privoz čini Ivanjska cesta te ima jedan trak za sva tri smjera kretanja. Južni privoz ima jedan trak za sva tri smjera kretanja i čini ga Pavelinska ulica. Na južnom privozu izveden je pružni prijelaz koji je osiguran svjetlosnim signalima i automatskom rampom. Raskrižje je regulirano prometnim znakovima, a glavni smjer čine jugozapadni i južni privozi. Pješачki prijelazi izvedeni su preko svih privoza osim sjevernog. Biciklistička traka izvedena je Zagrebačkom ulicom.



Slika 15. Položaj raskrižja Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice - Ivanjske ceste

Izvor: [7]

Problematika ovog raskrižja je blizina pružnog prijelaza preko željezničke pruge Koprivnica - Botovo - Gyékényes. Prilikom prolaska vlaka stvara se rep čekanja na južnom privozu, u traci za lijevo skretanje na sjeverozapadnom privozu te u traci za desno skretanje na jugoistočnom privozu. Željezničko - cestovni prijelaz predstavlja opasnost od prometne nesreće zbog česte neispravnosti branika koji se prilikom prolaska vlaka ne spusti. Raskrižje

je često zbunjujuće za vozače, a posebice za one koji nisu iz grada. Dolazi do oduzimanja prednosti vozilima koja dolaze s južnog privoza preko željezničko - cestovnog prijelaza.



Slika 16. Pogled na raskrižje Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice - Ivanjske ceste sa sjevernog privoza

3.5. Raskrižje Kolodvorske ulice - Ulice Ivana Meštrovića

Raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića nalazi se u sjeverozapadnom dijelu grada, u kvartu Tarašćice, između željezničkog i autobusnog kolodvora. Izvedeno je kao trokrako raskrižje gdje glavni tok predstavlja Kolodvorska ulica, dok je sporedni tok Ulica Ivana Meštrovića. Sjeverni privoz čini Kolodvorska ulica i ima jedan trak za lijeve skretače i jedan trak za ravno. Južni privoz čini Kolodvorska ulica i ima zajednički trak za oba smjera vožnje. Istočni privoz čini Ulica Ivana Meštrovića te ima zajednički trak za lijevo i desno.

Promet je reguliran uz pomoć horizontalne i vertikalne signalizacije dok su pješački prijelazi izvedeni na istočnom i južnom privozu. Biciklistička traka je izvedena uz svaki privoz. U blizini južnog privoza nalazi se ulaz na autobusni kolodvor. Ovo raskrižje ima veliki broj pješaka zbog blizine željezničkog i autobusnog kolodvora.



Slika 17. Položaj raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

Izvor: [7]

Problematika ovog raskrižja je što nije izvedeno u pravilnom obliku "T" raskrižja zbog čega se istočni privoz ne spaja na glavni prometni tok pod kutem od 90° . To uzrokuje smanjenu preglednost kod vozila koja se uključuju u glavni prometni tok. Nedostatak posebnog traka za lijevo i desno na istočnom privozu stvara rep čekanja vozila koja se žele uključiti u glavni prometni tok. Ulicom Ivana Meštrovića zabranjen je promet teškim vozilima i autobusima, no to vozači autobusa često ne poštuju. Širina ceste te ulazni i izlazni radijusi na istočno su nedovoljni što često uzrokuje poteškoće prilikom mimoilaženja autobusa prikazano na slici 18. Na sjevernom privozu nedostaje pješački prijelaz kao i traka za bicikliste na svakom pješačkom prijelazu.



Slika 18. Poteškoće prilikom mimoilaženja dva autobusa na raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića



Slika 19. Pogled na raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića s južnog privoza

4. ANALIZA PODATAKA O BROJANJU PROMETA NA ODABRANIM LOKACIJAMA U GRADU KOPRIVNICI

Brojanje prometa je osnovni ulazni podatak kod prometnog planiranja, prognoziranja i projektiranja. Na temelju podataka koji su dobiveni brojanjem prometa može se vidjeti postojeće stanje te procijeniti postoji li potreba za rekonstrukcijom raskrižja, projektiranjem novog raskrižja, semaforizacijom raskrižja ili izmjenom trenutnog signalnog plana na semaforiziranom raskrižju. Kod brojanja prometa bitno je odrediti vremenski interval koji će dati najpreciznije podatke o dinamici prometnih tokova na mjernom mjestu. Brojanje se vrši u jednom ili više dana. Osnovni podaci dobiveni brojanjem prometa su broj vozila, struktura prometnog toka i smjer kretanja vozila. Osim tri osnovna parametra brojanjem je moguće ustanoviti i niz drugih značajki prometnog toka poput brzine vozila, razmaka između vozila te vršnog opterećenja [8].

Brojanje prometa može se izvršiti na četiri načina a to su:

1. Ručno brojanje prometa
2. Automatsko brojanje prometa
3. Brojanje prometa kamerom
4. Satelitsko snimanje [9].

4.1. Ručno brojanje prometa

Ručno brojanje prometa spada u najstarije načine brojanja prometa te je ujedno i najjednostavnije. Osoba koja je zadužena za brojanje bilježi prolaza vozila određenim presjekom prometnice. Na brojački listić upisuje smjer kretanja vozila, vrsta vozila i vrijeme prolaska vozila. Ova vrsta brojanja je najpogodnija za manja raskrižja, dok kod brojanja prometa na nekom od većih i složenijih raskrižja ili pak na području nekog naselja, grada, županije se koriste druge metode brojanja [9].

4.2. Automatsko brojanje prometa

Na karakterističnim presjecima svih važnijih prometnica u Republici Hrvatskoj provodi se automatsko brojanje prometa, a provodi ga poduzeće za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta Hrvatske ceste d.o.o. Za brojanje se koriste stacionarna automatska brojila prometa s aktivnim elektromagnetskim indukcijskim petljama koje su ugrađene u kolnike ceste, jedna na svakom traku prometnice. Bilježe količine prometa po zadanim vremenskim intervalima tijekom cijele godine. Dobiveni podaci se redovito obrađuju, pohranjuju i objavljuju za svaku godinu na internetskim stranicama Hrvatskih cesta d.o.o. [10].

4.3. Brojanje prometa kamerom

Brojanje prometa kamerom jedna je od najnovijih metoda brojanja prometa gdje se koriste kamere postavljene na mjernim mjestima. Preporučljivo je da se kamere nalaze iznad same prometnice odnosno da vozila prolaze ispod njih kako ne bi došlo do situacije da jedno vozilo zakloni drugo vozilo. Kamere se najčešće postavljaju na semaforske stupove [8].

4.4. Satelitsko brojanje prometa

Satelitsko brojanje prometa ostvaruje se uz pomoć satelitskih snimaka visoke rezolucije i još je u eksperimentalnoj fazi. Razvijaju se novi algoritmi koji pospješuju automatsku detekciju vozila. Glavno ograničenje korištenja satelitskog brojanja prometa je razlučivanje vremena. Stalno mijenjanje prometnog toka mora biti izvedeno iz snimke područja u trenutku snimanja. Automatizirano praćenje prometnog toka ostvaruje se tako da složeni algoritam najprije segmentira sliku u trenutku automatskim umetanjem rubova prometnica koristeći vektorske podatke kako bi se poboljšale performanse i brzina obrade slike. Nakon toga algoritam klasificira objekte prema maksimalnoj vjerojatnosti pripadnosti. Ovaj način prikupljenih podataka ne može zamijeniti kontinuirano brojanje prometa već služi samo kao dodatni izvor podataka [11].

4.5. Brojanje prometa na odabranim raskrižjima

Brojanje prometa na odabranim raskrižjima za potrebe ovog diplomskog rada vršilo se ručno. Za vršni sat određeno je vrijeme od 6:30 do 7:30, pod pretpostavkom da je tijekom jutarnjeg vršnog sata veće opterećenje nego tijekom popodnevnog vršnog sata. Primjer brojačkog listića prikazan je na slici 20.

Promet je izbrojan na pet raskrižja, u svim smjerovima i u intervalima od 15 minuta. Izbrojana motorna vozila svrstana su u pet kategorija:

1. Osobni automobil (OA)
2. Autobus (BUS)
3. Teretno vozilo maksimalne nosivosti do 5 tona (LT)
4. Teretno vozilo maksimalne nosivosti iznad 5 tona (TT)
5. Motocikl

Osim motornih vozila brojali su se pješaci i biciklisti koji prolaze preko pružnog prijelaza na pojedinom raskrižju.

Brojački listić								
Datum:			Brojačko mjesto:				Vrijeme brojanja:	
Ime i prezime:			Lokacija:				Potpis:	
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	Ravno							
	Lijevo							
	Desno							
16-30 min	Ravno							
	Lijevo							
	Desno							
31-45 min	Ravno							
	Lijevo							
	Desno							
46-60 min	Ravno							
	Lijevo							
	Desno							

Slika 20. Primjer brojačkog listića korištenog u svrhu izrade diplomskog rada

4.5.1. Rezultati brojanja prometa na raskrižju Trg Mladosti

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	1	0	0	0	0	5	4
16-30 min		5	0	0	0	0	12	20
31-45 min		9	0	0	0	0	7	33
46-60 min		10	0	0	0	0	3	5
Ukupno		25	0	0	0	0	27	62
Ukupno vozila			25			Ukupno pješaka i biciklista		89
Ulica Antuna Nemčića								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	4	0	0	0	0	5	4
16-30 min		9	0	0	0	0	12	20
31-45 min		12	0	0	0	0	7	33
46-60 min		17	0	0	0	0	3	5
Ukupno		42	0	0	0	0	27	62
Ukupno vozila			42			Ukupno pješaka i biciklista		89
Ulica Antuna Nemčića								

Slika 21. Brojanje prometa na raskrižju Trg Mladosti - sjeveroistočni privoz

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	3	0	0	0	0	0	3
16-30 min		17	0	0	0	0	5	5
31-45 min		20	0	0	0	0	1	8
46-60 min		7	0	0	0	0	3	2
Ukupno		47	0	0	0	0	9	18
Ukupno vozila			47			Ukupno pješaka i biciklista		27
Križevačka ulica								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	29	0	1	0	0	0	3
16-30 min		37	2	0	0	0	5	5
31-45 min		59	0	0	0	0	1	8
46-60 min		57	0	1	0	0	3	2
Ukupno		182	2	2	0	0	9	18
Ukupno vozila			186			Ukupno pješaka i biciklista		27
Križevačka ulica								

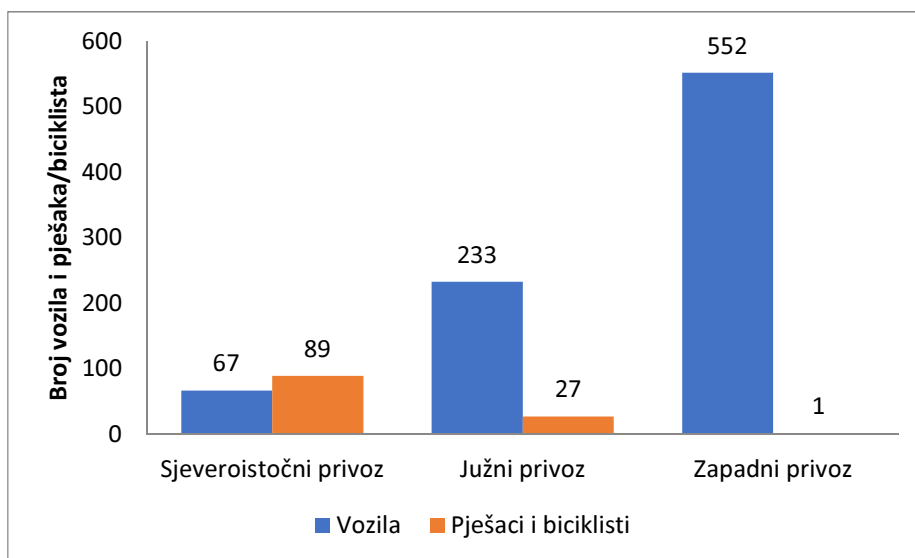
Slika 22. Brojanje prometa na raskrižju Trg Mladosti - zapadni privoz

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	54	0	5	0	0	0	0
16-30 min		69	5	7	2	0	0	0
31-45 min		98	1	2	0	0	0	0
46-60 min		113	3	3	0	0	1	0
Ukupno		334	9	17	2	0	1	0
Ukupno vozila			362		Ukupno pješaka i biciklista			1
Starogradska ulica								

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	27	0	0	0	0	0	0
16-30 min		45	0	5	0	0	0	0
31-45 min		44	0	3	0	1	0	0
46-60 min		61	0	4	0	0	1	0
Ukupno		177	0	12	0	1	1	0
Ukupno vozila			190		Ukupno pješaka i biciklista			1
Starogradska ulica								

Slika 23. Brojanje prometa na raskrižju Trg Mladosti - južni privoz

U jutarnjem vršnom satu na raskrižju Trg Mladosti prođe ukupno 852 vozila te 117 pješaka. Grafikon 1 prikazuje ukupni broj vozila te pješaka i biciklista za svaki pojedini privoz na raskrižju Trg Mladosti.



Grafikon 1. Ukupan broj vozila i pješaka/biciklista za svaki privoz na raskrižju Trg Mladosti

4.5.2. Rezultati brojanja prometa na raskrižju Ulica Antuna Mihanovića - Ulica Grgura Karlovčana - Cvjetna ulica

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	0	0	0	0	0	1	0
16-30 min		0	0	0	0	0	1	4
31-45 min		2	0	0	0	0	2	6
46-60 min		1	0	0	0	0	6	2
Ukupno		3	0	0	0	0	10	12
Ukupno vozila			3		Ukupno pješaka i biciklista			22
Ulica Antuna Mihanovića - istok								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	14	0	0	0	0	1	0
16-30 min		20	0	0	0	0	1	4
31-45 min		21	0	0	0	0	2	6
46-60 min		29	1	1	0	0	6	2
Ukupno		84	1	1	0	0	10	12
Ukupno vozila			86		Ukupno pješaka i biciklista			22
Ulica Antuna Mihanovića - istok								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	0	0	0	0	0	1	0
16-30 min		1	0	0	0	0	1	4
31-45 min		0	0	0	0	0	2	6
46-60 min		2	0	0	0	0	6	2
Ukupno		3	0	0	0	0	10	12
Ukupno vozila			3		Ukupno pješaka i biciklista			22
Ulica Antuna Mihanovića - istok								

Slika 24. Brojanje prometa na raskrižju Ulica Antuna Mihanovića - Ulica Grgura Karlovčana - Cvjetna ulica - istočni privoz

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	0	0	0	0	0	0	0
16-30 min		1	0	0	0	0	0	0
31-45 min		2	0	0	0	0	0	0
46-60 min		0	0	0	0	0	0	0
Ukupno		3	0	0	0	0	0	0
Ukupno vozila		3			Ukupno pješaka i biciklista			0
Ulica Antuna Mihanovića - jug								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	1	0	0	0	0	0	0
16-30 min		4	1	0	0	0	0	0
31-45 min		1	0	0	0	0	0	0
46-60 min		1	0	0	0	0	0	0
Ukupno		7	1	0	0	0	0	0
Ukupno vozila		8			Ukupno pješaka i biciklista			0
Ulica Antuna Mihanovića - jug								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	46	0	0	0	0	0	0
16-30 min		29	0	2	0	0	0	0
31-45 min		32	0	0	0	0	0	0
46-60 min		45	0	1	0	0	0	0
Ukupno		152	0	3	0	0	0	0
Ukupno vozila		155			Ukupno pješaka i biciklista			0
Ulica Antuna Mihanovića - jug								

Slika 25. Brojanje prometa na raskrižju Ulica Antuna Mihanovića - Ulica Grgura Karlovčana - Cvjetna ulica - južni privoz

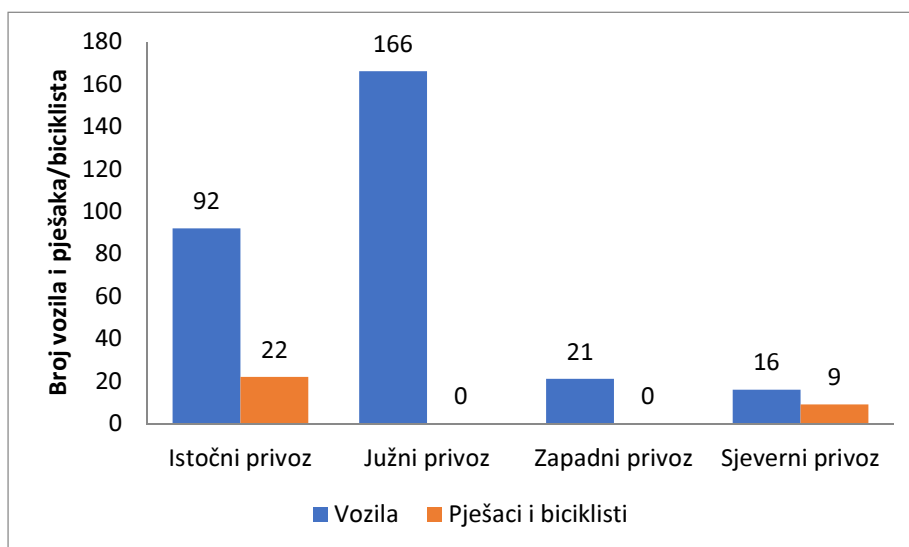
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	4	0	0	0	0	0	0
16-30 min		1	0	0	0	0	1	1
31-45 min		3	0	0	0	0	0	3
46-60 min		3	0	0	0	0	0	4
Ukupno		11	0	0	0	0	1	8
Ukupno vozila			11		Ukupno pješaka i biciklista			9
Ulica Grgura Karlovčana								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	0	0	0	0	0	0	0
16-30 min		0	0	0	0	0	1	1
31-45 min		2	0	0	0	0	0	3
46-60 min		0	0	0	0	0	0	4
Ukupno		2	0	0	0	0	1	8
Ukupno vozila			2		Ukupno pješaka i biciklista			9
Ulica Grgura Karlovčana								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	0	0	0	0	0	0	0
16-30 min		1	0	0	0	0	1	1
31-45 min		2	0	0	0	0	0	3
46-60 min		0	0	0	0	0	0	4
Ukupno		3	0	0	0	0	1	8
Ukupno vozila			3		Ukupno pješaka i biciklista			9
Ulica Grgura Karlovčana								

Slika 26. Brojanje prometa na raskrižju Ulica Antuna Mihanovića - Ulica Grgura Karlovčana - Cvjetna ulica - sjeverni privoz

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	3	0	0	0	0	0	0
16-30 min		6	0	0	0	0	0	0
31-45 min		5	0	0	0	0	0	0
46-60 min		4	0	0	0	0	0	0
Ukupno		18	0	0	0	0	0	0
Ukupno vozila			18		Ukupno pješaka i biciklista			0
Cvjetna ulica								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	0	0	0	0	0	0	0
16-30 min		0	0	0	0	0	0	0
31-45 min		1	0	0	0	0	0	0
46-60 min		0	0	0	0	0	0	0
Ukupno		1	0	0	0	0	0	0
Ukupno vozila			1		Ukupno pješaka i biciklista			0
Cvjetna ulica								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	2	0	0	0	0	0	0
16-30 min		0	0	0	0	0	0	0
31-45 min		0	0	0	0	0	0	0
46-60 min		0	0	0	0	0	0	0
Ukupno		2	0	0	0	0	0	0
Ukupno vozila			2		Ukupno pješaka i biciklista			0
Cvjetna ulica								

Slika 27. Brojanje prometa na raskrižju Ulica Antuna Mihanovića - Ulica Grgura Karlovčana - Cvjetna ulica - zapadni privoz

Na raskrižju Ulice Antuna Mihanovića - Ulice Grgura Karlovčana - Cvjetne ulice tijekom jutarnjeg vršnog sata prođe 295 vozila i 31 pješak i biciklist. Na grafikonu 2. prikazan je broj vozila te pješaka i biciklista koje generira pojedini privoz.



Grafikon 2. Ukupan broj vozila i pješaka/biciklista za svaki privoz na raskrižju Ulica Antuna Nemčića - Cvjetna ulica - Ulica Grgura Karlovčana

4.5.3. Rezultati brojanja prometa na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	122	0	7	3	0	1	0
16-30 min		68	0	9	0	0	1	1
31-45 min		55	1	8	1	1	1	1
46-60 min		90	0	3	2	0	0	0
Ukupno		335	1	27	6	1	3	2
Ukupno vozila			370			Ukupno pješaka i biciklista		5
Varaždinska ulica - zapad								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	2	0	6	7	0	1	0
16-30 min		6	0	0	2	0	1	1
31-45 min		9	0	3	4	0	1	1
46-60 min		8	0	5	7	0	0	0
Ukupno		25	0	14	20	0	3	2
Ukupno vozila			59			Ukupno pješaka i biciklista		5
Varaždinska ulica - zapad								

Slika 28. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste - zapadni privoz

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	22	0	0	0	0	3	1
16-30 min		29	0	2	0	0	4	1
31-45 min		26	0	4	0	0	3	0
46-60 min		26	0	10	2	0	0	0
Ukupno		103	0	16	2	0	10	2
Ukupno vozila			121		Ukupno pješaka i biciklista			12
Varaždinska ulica - istok								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	21	0	0	0	0	3	1
16-30 min		16	1	1	0	0	4	1
31-45 min		11	0	3	0	0	3	0
46-60 min		26	1	3	0	0	0	0
Ukupno		74	2	7	0	0	10	2
Ukupno vozila			83		Ukupno pješaka i biciklista			12
Varaždinska ulica - istok								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	26	0	0	0	0	3	1
16-30 min		26	0	0	0	0	4	1
31-45 min		12	0	1	0	0	3	0
46-60 min		25	2	2	0	0	0	0
Ukupno		89	2	3	0	0	10	2
Ukupno vozila			94		Ukupno pješaka i biciklista			12
Varaždinska ulica - istok								

Slika 29. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste - istočni privoz

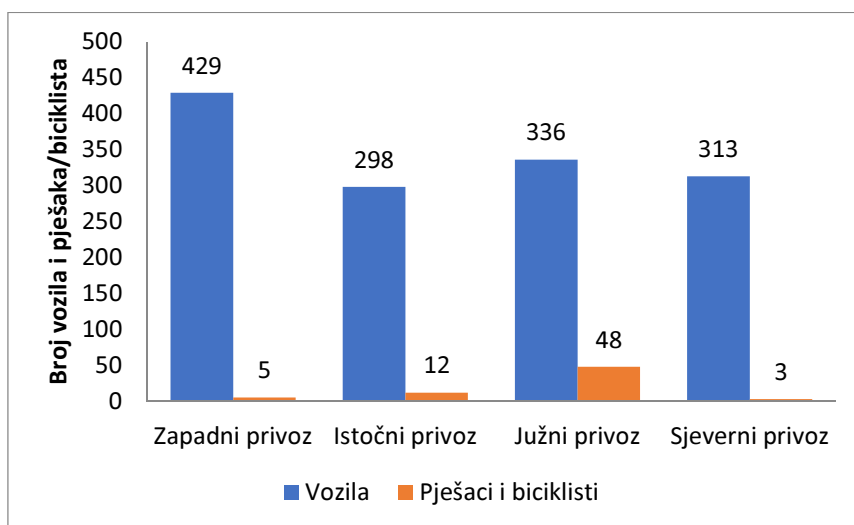
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	36	0	4	3	0	9	9
16-30 min		13	0	3	6	0	6	2
31-45 min		26	0	1	5	0	8	5
46-60 min		26	2	7	3	0	5	4
Ukupno		101	2	15	17	0	28	20
Ukupno vozila			135		Ukupno pješaka i biciklista			48
Zagrebačka ulica - jug								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	5	0	3	3	0	9	9
16-30 min		4	0	3	2	0	6	2
31-45 min		8	0	5	2	0	8	5
46-60 min		11	0	3	7	0	5	4
Ukupno		28	0	14	14	0	28	20
Ukupno vozila			56		Ukupno pješaka i biciklista			48
Zagrebačka ulica - jug								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	47	2	3	0	0	9	9
16-30 min		23	0	1	0	0	6	2
31-45 min		18	0	2	0	0	8	5
46-60 min		47	0	2	0	0	5	4
Ukupno		135	2	8	0	0	28	20
Ukupno vozila			145		Ukupno pješaka i biciklista			48
Zagrebačka ulica - jug								

Slika 30. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste - južni privoz

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	38	1	1	1	0	0	1
16-30 min		30	0	1	0	0	0	1
31-45 min		19	0	1	2	0	0	1
46-60 min		37	0	4	7	0	0	0
Ukupno		124	1	7	10	0	0	3
Ukupno vozila		142			Ukupno pješaka i biciklista		3	
Zagrebačka ulica - sjever								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	22	2	1	0	0	0	1
16-30 min		15	0	0	0	0	0	1
31-45 min		13	0	0	0	0	0	1
46-60 min		23	2	0	0	0	0	0
Ukupno		73	4	1	0	0	0	3
Ukupno vozila		78			Ukupno pješaka i biciklista		3	
Zagrebačka ulica - sjever								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	35	0	1	1	0	0	1
16-30 min		10	0	2	0	0	0	1
31-45 min		17	0	1	0	0	0	1
46-60 min		20	0	1	5	0	0	0
Ukupno		82	0	5	6	0	0	3
Ukupno vozila		93			Ukupno pješaka i biciklista		3	
Zagrebačka ulica - sjever								

Slika 31. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste - sjeverni privoz

U jutarnjem vršnom satu na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste prođe ukupno 1376 vozila i 68 pješaka i biciklista te je to raskrižje najprometnije od pet odabranih raskrižja u ovom radu. Na grafikonu 3 prikazan je broj vozila te pješaka i biciklista po svakom pojedinom privozu. Iz grafa se može očitati podjednak broj vozila na svakom privozu.



Grafikon 3. Ukupan broj vozila i pješaka/biciklista za svaki privoz na raskrižju Zagrebačka ulica - Varaždinska cesta

4.5.4. Rezultati brojanja prometa na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	50	3	1	0	0	1	0
16-30 min		28	0	3	1	0	3	0
31-45 min		17	0	6	3	0	0	0
46-60 min		15	0	4	5	0	1	0
Ukupno		110	3	14	9	0	5	0
Ukupno vozila			136		Ukupno pješaka i biciklista			5
Zagrebačka ulica - sjeveroistok								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	6	0	0	0	0	1	0
16-30 min		3	0	0	0	0	3	0
31-45 min		0	0	2	1	0	0	0
46-60 min		6	0	1	1	0	1	0
Ukupno		15	0	3	2	0	5	0
Ukupno vozila			20		Ukupno pješaka i biciklista			5
Zagrebačka ulica - sjeveroistok								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	0	0	0	0	0	1	0
16-30 min		0	0	0	0	0	3	0
31-45 min		0	0	0	0	0	0	0
46-60 min		2	0	0	0	0	1	0
Ukupno		2	0	0	0	0	5	0
Ukupno vozila			2		Ukupno pješaka i biciklista			5
Zagrebačka ulica - sjeveroistok								

Slika 32. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta - sjeveroistočni privoz

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	45	0	13	2	2	0	0
16-30 min		30	0	4	5	0	1	0
31-45 min		22	0	5	2	0	1	0
46-60 min		36	0	4	5	0	2	2
Ukupno		133	0	26	14	2	4	2
Ukupno vozila			175		Ukupno pješaka i biciklista			6
Zagrebačka ulica - jugozapad								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	6	0	1	0	0	0	0
16-30 min		6	0	1	0	0	1	0
31-45 min		2	0	1	1	0	1	0
46-60 min		8	0	1	0	0	2	2
Ukupno		22	0	4	1	0	4	2
Ukupno vozila			27		Ukupno pješaka i biciklista			6
Zagrebačka ulica - jugozapad								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	30	0	1	0	0	0	0
16-30 min		11	0	1	6	0	1	0
31-45 min		13	0	3	1	0	1	0
46-60 min		20	0	0	0	0	2	2
Ukupno		74	0	5	7	0	4	2
Ukupno vozila			86		Ukupno pješaka i biciklista			6
Zagrebačka ulica - jugozapad								

Slika 33. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta - jugozapadni privoz

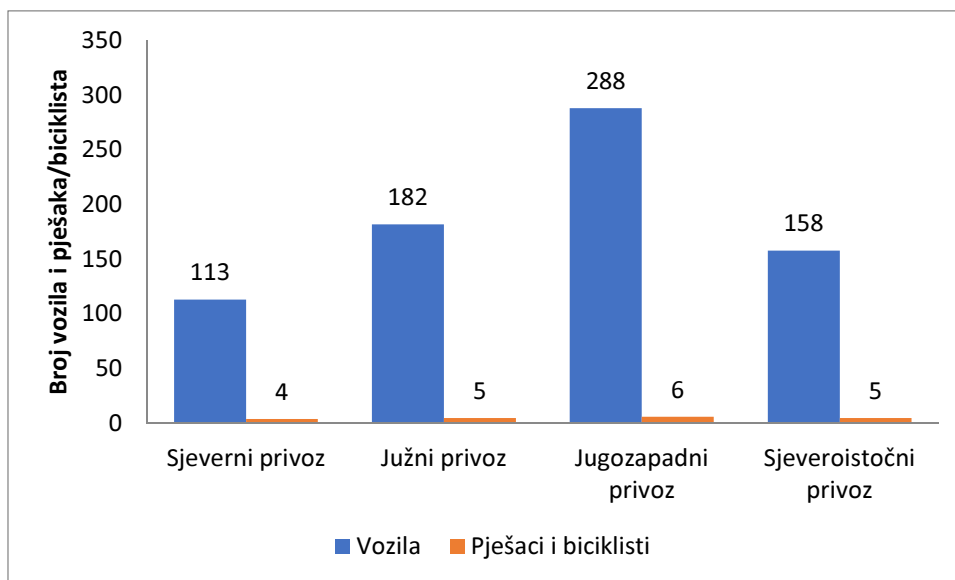
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	12	0	0	0	0	2	1
16-30 min		4	0	0	0	0	0	0
31-45 min		3	0	1	0	0	1	0
46-60 min		8	0	0	0	0	1	0
Ukupno		27	0	1	0	0	4	1
Ukupno vozila			28		Ukupno pješaka i biciklista			5
Pavelinska ulica - jug								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	34	0	1	0	0	2	1
16-30 min		19	0	1	0	0	0	0
31-45 min		9	0	3	1	0	1	0
46-60 min		20	0	2	3	0	1	0
Ukupno		82	0	7	4	0	4	1
Ukupno vozila			93		Ukupno pješaka i biciklista			5
Pavelinska ulica - jug								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	36	0	0	0	0	2	1
16-30 min		8	0	0	0	0	0	0
31-45 min		8	0	3	1	0	1	0
46-60 min		4	0	1	0	0	1	0
Ukupno		56	0	4	1	0	4	1
Ukupno vozila			61		Ukupno pješaka i biciklista			5
Pavelinska ulica - jug								

Slika 34. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta - južni privoz

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	ravno	23	0	1	0	0	1	0
16-30 min		14	0	1	0	0	2	0
31-45 min		14	0	1	0	0	1	0
46-60 min		17	0	1	0	0	0	0
Ukupno		68	0	4	0	0	4	0
Ukupno vozila			72			Ukupno pješaka i biciklista		4
Ivanjska cesta								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	2	0	0	0	0	1	0
16-30 min		4	0	1	0	1	2	0
31-45 min		0	0	0	0	0	1	0
46-60 min		0	0	0	0	0	0	0
Ukupno		6	0	1	0	1	4	0
Ukupno vozila			8			Ukupno pješaka i biciklista		4
Ivanjska cesta								
Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	12	0	0	0	0	1	0
16-30 min		7	0	0	0	0	2	0
31-45 min		8	0	0	0	0	1	0
46-60 min		4	0	2	0	0	0	0
Ukupno		31	0	2	0	0	4	0
Ukupno vozila			33			Ukupno pješaka i biciklista		4
Ivanjska cesta - sjever								

Slika 35. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta - sjeverni privoz

U jutarnjem vršnom satu na raskrižju Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice - Ivanjske ceste prođe ukupno 741 vozilo te 20 pješaka. Na grafikonu 4. prikazan je broj vozila te pješaka i biciklista koje generira pojedini privoz na raskrižju Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice - Ivanjske ceste.



Grafikon 4. Ukupan broj vozila i pješaka/biciklista za svaki privoz na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta

4.5.5. Rezultati brojanja prometa na raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	29	1	1	0	0	0	0
16-30 min		20	2	1	0	1	0	0
31-45 min		31	0	0	0	0	0	0
46-60 min		25	3	0	0	0	0	0
Ukupno		105	6	2	0	1	0	0
Ukupno vozila			114		Ukupno pješaka i biciklista			0
Kolodvorska ulica-sjever								

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	42	2	3	1	0	0	0
16-30 min		36	2	1	0	0	0	0
31-45 min		44	6	2	0	0	0	0
46-60 min		32	5	3	0	0	0	0
Ukupno		154	15	9	1	0	0	0
Ukupno vozila			179		Ukupno pješaka i biciklista			0
Kolodvorska ulica-sjever								

Slika 36. Brojanje prometa na raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića - sjeverni privoz

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	42	1	0	0	0	0	3
16-30 min		32	2	1	1	0	0	56
31-45 min		34	3	8	0	1	0	5
46-60 min		31	3	6	0	0	0	25
Ukupno		139	9	15	1	1	0	89
Ukupno vozila			165			Ukupno pješaka i biciklista		89
Kolodvorska ulica-jug								

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	21	0	0	0	0	0	3
16-30 min		11	1	0	0	0	0	56
31-45 min		12	1	0	1	0	0	5
46-60 min		18	0	0	0	0	0	25
Ukupno		62	2	0	1	0	0	89
Ukupno vozila			65			Ukupno pješaka i biciklista		89
Kolodvorska ulica-jug								

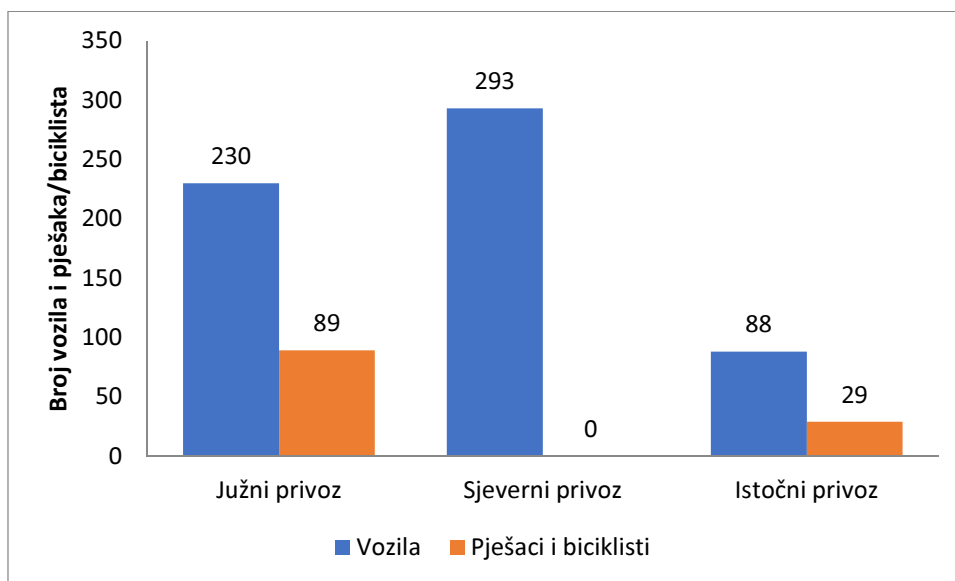
Slika 37. Brojanje prometa na raskrižju raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića - južni privoz

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	lijevo	6	0	0	0	0	1	1
16-30 min		6	0	0	0	0	2	7
31-45 min		11	0	0	0	0	2	7
46-60 min		19	0	0	0	0	5	4
Ukupno		42	0	0	0	0	10	19
Ukupno vozila			42			Ukupno pješaka i biciklista		29
Ulica Ivana Meštrovića								

Interval	Smjer	OA	BUS	LT	TT	MOT	BICIKL	PJEŠACI
0-15 min	desno	13	0	0	0	0	1	1
16-30 min		3	1	1	0	0	2	7
31-45 min		11	0	1	0	0	2	7
46-60 min		15	1	0	0	0	5	4
Ukupno		42	2	2	0	0	10	19
Ukupno vozila			46			Ukupno pješaka i biciklista		29
Ulica Ivana Meštrovića								

Slika 38. Brojanje prometa na raskrižju raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića - istočni privoz

U jutarnjem vršnom satu na raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića prođe ukupno 611 vozila te 118 pješaka. Sjeverni privoz nema označen pješački prijelaz te broj pješaka iznosi 0. Grafikon 5 prikazuje broj vozila te pješaka i biciklista za svaki privoz na raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića.



Grafikon 5. Ukupan broj vozila i pješaka/biciklista za svaki privoz na raskrižju

4.5.6. Analiza prometnih nesreća na području grada Koprivnice

Prometna nesreća se može okarakterizirati kao događaj na cesti u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće ili je izazvana materijalna šteta. Pod prometnom nesrećom ne smatra se događaj kada radno vozilo, radni stroj, moto kultivator, traktor ili zaprežno vozilo krećući se po nerazvrstanoj cesti ili pri obavljanju radova u pokretu sletjelo s nerazvrstane ceste ili se prevrnuo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom ne sudjeluje drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem drugoj osobi nije prouzročena šteta [12].

Podatke o prometnim nesrećama na području grada Koprivnice ustupila je Policijska uprava Koprivničko - križevačka. Podaci su iz razdoblja od 2013. godine do 2017. godine a prometne nesreće su razvrstane prema sljedećim kategorijama:

1. Prometne nesreće s materijalnom štetom
2. Prometne nesreće s ozlijeđenim osobama
3. Prometne nesreće s poginulim osobama

U tablici 1 prikazan je broj prometnih nesreća na području grada Koprivnice, a u tablici 2 prikazan je broj prometnih nesreća za odabrana raskrižja u diplomskom radu.

Tablica 1. Broj prometnih nesreća na području grada Koprivnice

Vrste prometne nesreće	Godina	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Prometne nesreće s materijalnom štetom		169	129	152	175	196
Prometne nesreće s ozlijeđenim osobama		154	143	116	122	134
Prometne nesreće s poginulim osobama		2	4	1	7	1
<i>Ukupno</i>		325	276	269	304	331

Izvor: [13]

Iz tablice 1 možemo zaključiti da je u 2014. godini u gradu Koprivnici broj prometnih nesreća pao za 15% u odnosu na 2013. godinu. U 2015. godini je broj prometnih nesreća gotov jednak kao i u 2014. godini dok se u 2016. godini broj prometnih nesreća, u odnosu na 2015. godinu, povećao za 11,5% a u 2017. godini za 19% u odnosu na 2015. godinu, koja je imala najmanji broj nesreća u posljednjih pet godina. U 2016. godini je bilo 7 nesreća s poginulim osobama na području grada Koprivnice.

Tablica 2. Broj prometnih nesreća na odabranim raskrižjima

Mjesto prometne nesreće	Vrsta prometne nesreće	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Raskrižje Trg Mladosti	S materijalnom štetom	0	1	3	1	3
	S ozlijeđenim osobama	1	0	0	0	0
	S poginulim osobama	0	0	0	0	0
Raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	S materijalnom štetom	0	0	0	0	0
	S ozlijeđenim osobama	0	0	0	0	0
	S poginulim osobama	0	0	0	0	0
Raskrižje Zagrebačke ulice - Varaždinske ceste	S materijalnom štetom	2	0	0	0	1
	S ozlijeđenim osobama	0	0	0	0	1
	S poginulim osobama	0	0	0	0	0
Raskrižje Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice - Ivanjske ceste	S materijalnom štetom	2	0	1	3	0
	S ozlijeđenim osobama	1	1	1	2	4
	S poginulim osobama	0	0	0	0	0
Raskrižje Kolodvorske ulice - Ulice Ivana Meštrovića	S materijalnom štetom	0	0	1	0	0
	S ozlijeđenim osobama	0	0	0	0	0
	S poginulim osobama	0	0	0	0	0

Izvor: [13]

5. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA ODABRANIH RASKRIŽJA NA PODRUČJU GRADA KOPRIVNICE

U ovom poglavlju predložit će se rješenja za odabrana raskrižja na području grada Koprivnice temeljem analize postojećeg stanja i uočenih problema te prikupljenih podataka u prethodnim poglavljima. Rekonstrukcijom navedenih raskrižja može se doprinijeti povećanju sigurnosti u prometu i povećanju propusne moći raskrižja.

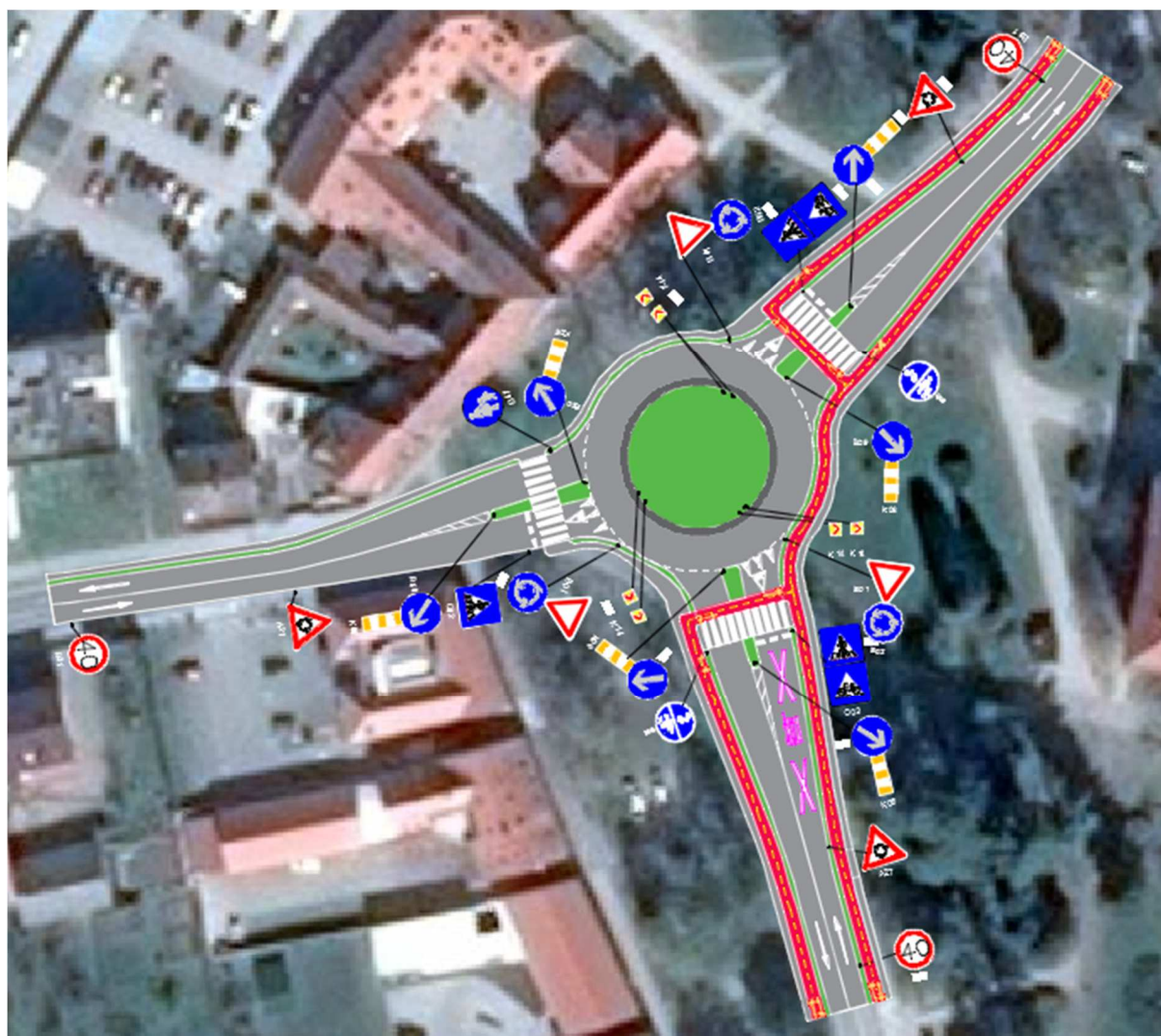
5.1. Prijedlog poboljšanja raskrižja na Trgu Mladosti

Raskrižje na Trgu Mladosti trokrakog je tipa s jednakim brojem trakova na svim smjerovima. Nije klasično "T" raskrižje već je raskrižje u obliku trokuta što rezultira lošom preglednošću zbog ulaza u raskrižje pod nepovoljnim kutom. Glavni smjer je zapad-jug i obrnuto, a širina prometnih trakova je 3 metra kao i na sporednom privozu iz smjera Ulice Antuna Nemčića.

Na temelju analize podataka o brojanju prometa u potpoglavlju 4.5.1. tijekom jutarnjeg vršnog sata vidljivo je da južni privoz ima najveće prometno opterećenje, 64,8% od ukupnog prometnog opterećenja cijelog raskrižja. Od ukupnog broja vozila na južnom privozu udio lijevih skretača iznosi 65,6%. Desnih skretača ima najviše na zapadnom privozu, 79,8% od ukupnog broja vozila koji generira zapadni privoz. Sjeveroistočni privoz opterećuje raskrižje s udjelom od 7,9% te generira 37,3% lijevih skretača i 62,7% desnih skretača.

Problem na ovom raskrižju nastaje kad se tijekom vršnog sata stvara rep čekanja na sjeveroistočnom privozu zbog velikog broja vozila koja dolaze iz smjera Križevačke ulice prema Starogradskoj ulici te iz smjera Starogradske ulice prema Križevačkoj ulici. Problem na ovom raskrižju je i loša preglednost zbog ulaska vozila u raskrižje pod nepovoljnim kutom što smanjuje sigurnost svih sudionika u prometu. Kod pješačkog i biciklističkog prometa problem stvara nedostatak pješačke staze na južnom privozu te se događa da pješaci i biciklisti prelaze

cestu na mjestima koja nisu za to predviđena. Predlaže se rekonstrukcija raskrižja u raskrižje s kružnim tokom prometa čime bi se smanjila brzina vožnje u raskrižju što bi povećalo sigurnost prometa u samom raskrižju, smanjio bi se rep čekanja na sporednom privozu te bi se smanjio broj konfliktnih točaka. Detaljan prikaz rekonstrukcije raskrižja može se vidjeti u "PRILOGU 1."

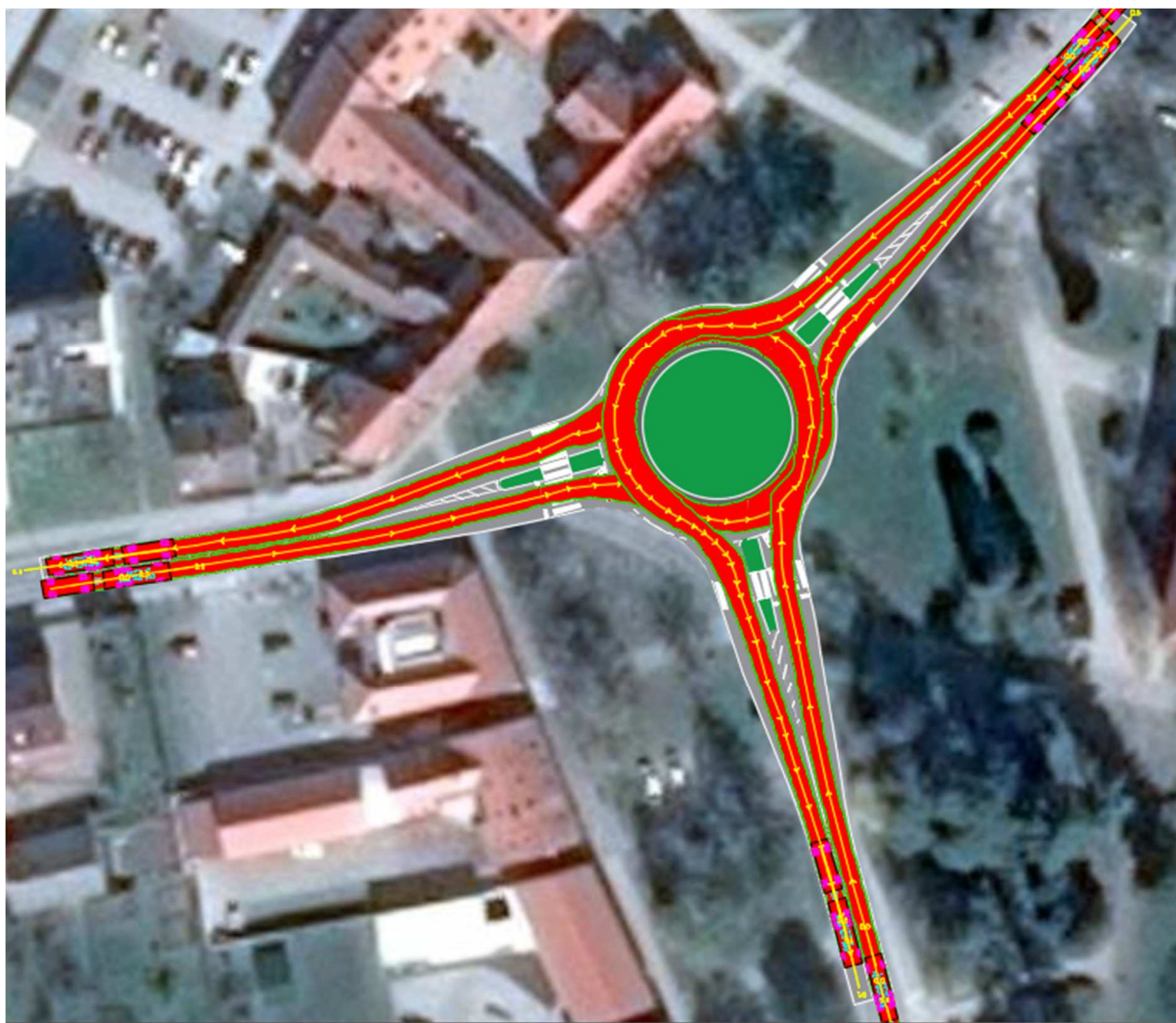


Slika 39. Prikaz rekonstruiranog raskrižja na Trgu Mladosti

Raskrižje s kružnim tokom prometa koje je predloženo kao poboljšanje postojećeg stanja trokrakog raskrižja na Trgu Mladosti izgradilo bi se kao kružno raskrižje unutarnjeg polumjera 11 metara uz dodatni 1 metar širine provoznog dijela kako bi mjerodavno vozilo lakše prošlo kroz raskrižje. Trajektorije mjerodavnog vozila duljine 18,71 metar prikazane su

na slici 40. Širina ulaznog i izlaznog traka na svim privozima iznosi 5,5 metara koja se postupno smanjuje na 3 metra. Širina trake u raskrižju iznosi 5,5 metara. Ulazni i izlazni radijusi kod svih privoza iznose 12 metara. Na svakom privozi nalaze se uzdignuti otoci duljine 15,75 metara. Širina otoka iznosi 3 metra te se prema izlazu iz raskrižja reducira na 1,5 metara.

Sjeveroistočni i južni privoz imaju označen pješački prijelaz širine 4 metra te dvosmjernu biciklističku traku širine 2 metra. S obje strane sjeveroistočnog i južnog privoza izvedena je pješačka staza širine 1 metar te dvosmjerna biciklistička traka širine 2 metra. Pješačka i biciklistička traka odvojena je od ceste zaštitnim pojasom širine 0,75 metara. Prema Planu održive mobilnosti Grada Koprivnice iz 2015. godine preko raskrižja na Trgu Mladosti planirana je trasa pješačko-biciklističke staze koja se proteže od državne ceste D2 (južna obilaznica) preko Starogradske ulice i Ulice Antuna Nemčića prema užem centru grada te je u sklopu rekonstrukcije raskrižja izrađena biciklistička i pješačka staza uz sjeveroistočni i južni privoz. Zbog nedovoljno mjesta na zapadnom privozu nije moguće izvesti pješačku i biciklističku stazu te je izvedena samo pješačka staza uz lijevi rub zapadnog privoza, širine 1 metar i odvojena zaštitnim pojasom širine 0,75 metara. Time nije potrebno izvesti biciklističku traku na zapadnom privozu te on ima označen samo pješački prijelaz širine 4 metra.



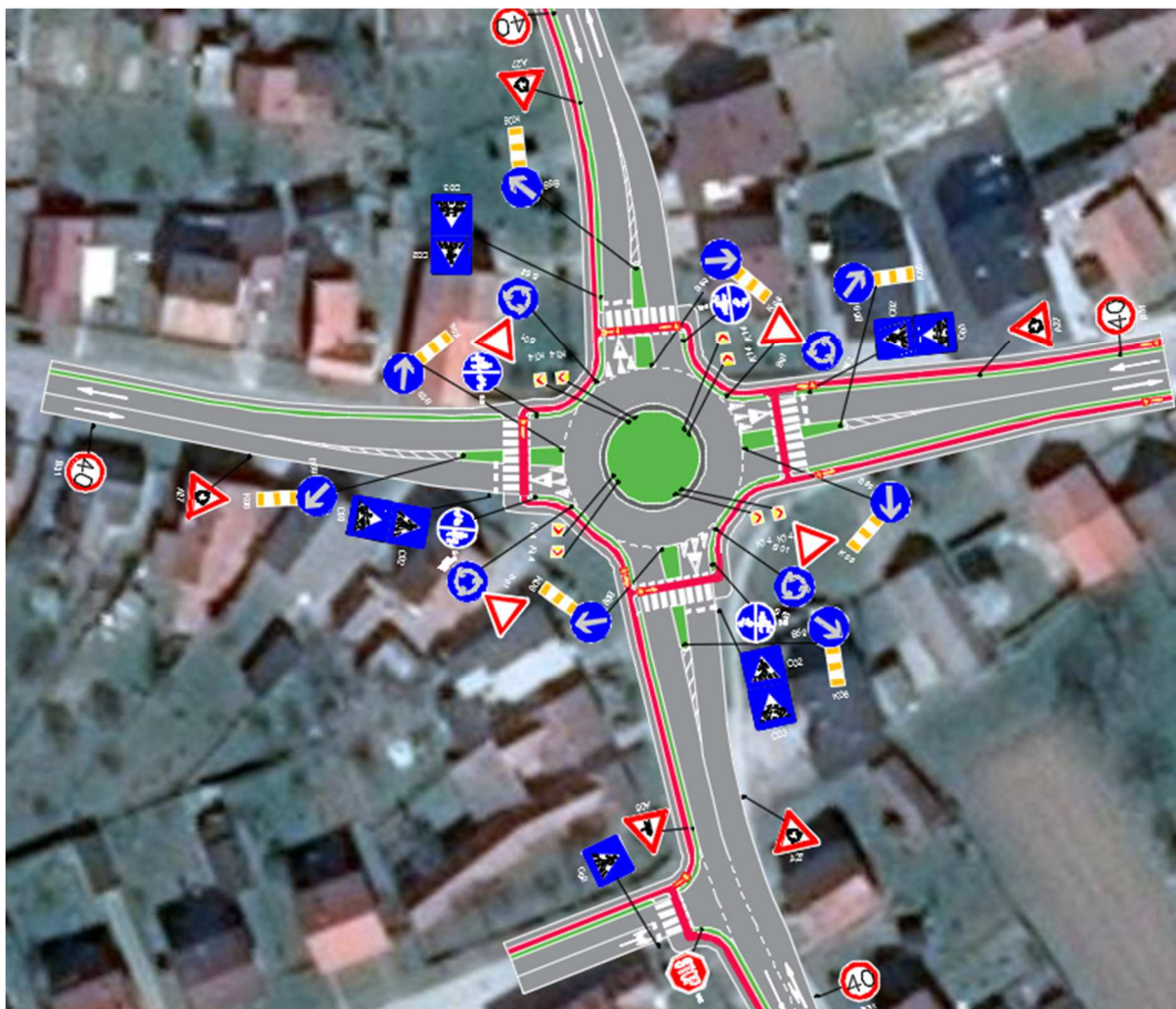
Slika 40. Trajektorije mjerodavnog vozila u programskom alatu AutoTURN za raskrižje na Trgu Mladosti

5.2. Prijedlog poboljšanja raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana

Raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana nalazi se u jugoistočnom dijelu grada i vrlo je frekventno tijekom jutarnjeg i popodnevnog vršnog sata jer vozači njime prolaze kako bi izbjegnuli centar grada. Četverokrakog je tipa s dva prometna traka za svaki smjer vožnje na svakom privozu. Glavni smjer ide ulicom Antuna Mihanovića, od istoka prema jugu i obrnuto, od juga prema istoku.

Podaci o brojanju prometa za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana prikazani su u potpoglavlju 4.5.2. Brojanje se vršilo u jutarnjem vršnom satu. Najveći udio lijevih skretača generira istočni privoz i iznosi 93,4% od ukupnog prometnog opterećenja istočnog privoza dok jednak broj desnih skretača generira južni privoz. Istočni i južni privoz imaju najveće prometno opterećenje, 87,5% od ukupnog broja vozila na raskrižju. Na istočnom privozu ima 3,3% desnih skretača te 4,8% lijevih skretača na južnom privozu. Sjeverni privoz generira 12,5% lijevih i 18,8% desnih skretača. Zapadni privoz generira 4,8% lijevih skretača i 9,5% desnih skretača.

Na raskrižju Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana problem predstavljaju loše izvedeni sjeverni i zapadni privoz. Nedostatak horizontalne signalizacije otežava ulazak vozila u raskrižje s tih privoza. Tijekom vršnog sata na glavnom prometnom toku, kojeg čini Ulica Antuna Mihanovića, razvijaju se velike brzine vozila te zbog oštrog zavoja je smanjena preglednost i dolazi do povećane mogućnosti izlijetanja vozila. Zbog toga se kao rješenje problema velike brzine u raskrižju predlaže rekonstrukcija raskrižja u raskrižje s kružnim tokom prometa čime bi se znatno povećala sigurnost prometa u samom raskrižju smanjenjem brzine vožnje i uklanjanjem problema loše preglednosti. Detaljan prikaz rekonstrukcije raskrižja prikazan je u "PRILOGU 2".



Slika 41. Prikaz rekonstruiranog raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetna ulice - Ulice Grgura Karlovčana

Prijedlog poboljšanja navedenog raskrižja je kružno raskrižje s unutarnjim polumjerom 7 metara te dodatnim 1 metrom provoznog dijela za prolazak mjerodavnog vozila. Širina trake u kružnom prometu iznosi 5,5 metara. Širina ulaznog i izlaznog traka na svim privozima iznosi 4,5 metara koja se reducira na 3 metra. Ulazni i izlazni radijusi na zapadnom, istočnom i sjevernom privozu iznose 7 metara dok ulazni i izlazni radijusi na južnom privozu iznose 8 metara. Na svakom privozu nalaze se uzdignuti otoci duljine 15,7 metara. Širina otoka iznosi 3 metra te se prema izlazu iz raskrižja reducira na 1,5 metara.

Svaki privoz ima pješački prijelaz širine 4 metra te posebno označenu biciklističku traku širine 1 metar što pridonosi povećanju sigurnosti pješaka i biciklista. Biciklističke trake spajaju se na postojeće biciklističke staze uz privoze. Uz zapadni privoz zbog nedostatka mjesta

nije moguće izvesti biciklističku stazu. Istočni privoz ima izvedenu biciklističku i pješačku stazu s obje strane privoza, sjeverni privoz samo s desne strane dok južni privoz ima izvedenu pješačku i biciklističku stazu s lijeve strane. Sve staze odvojene su od ceste zaštitnim pojasom širine 0,75 metara. Trajektorije mjerodavnog vozila u duljini od 12 metara prikazane su na slici 42.



Slika 42. Trajektorije mjerodavnog vozila u programskom alatu AutoTURN za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana

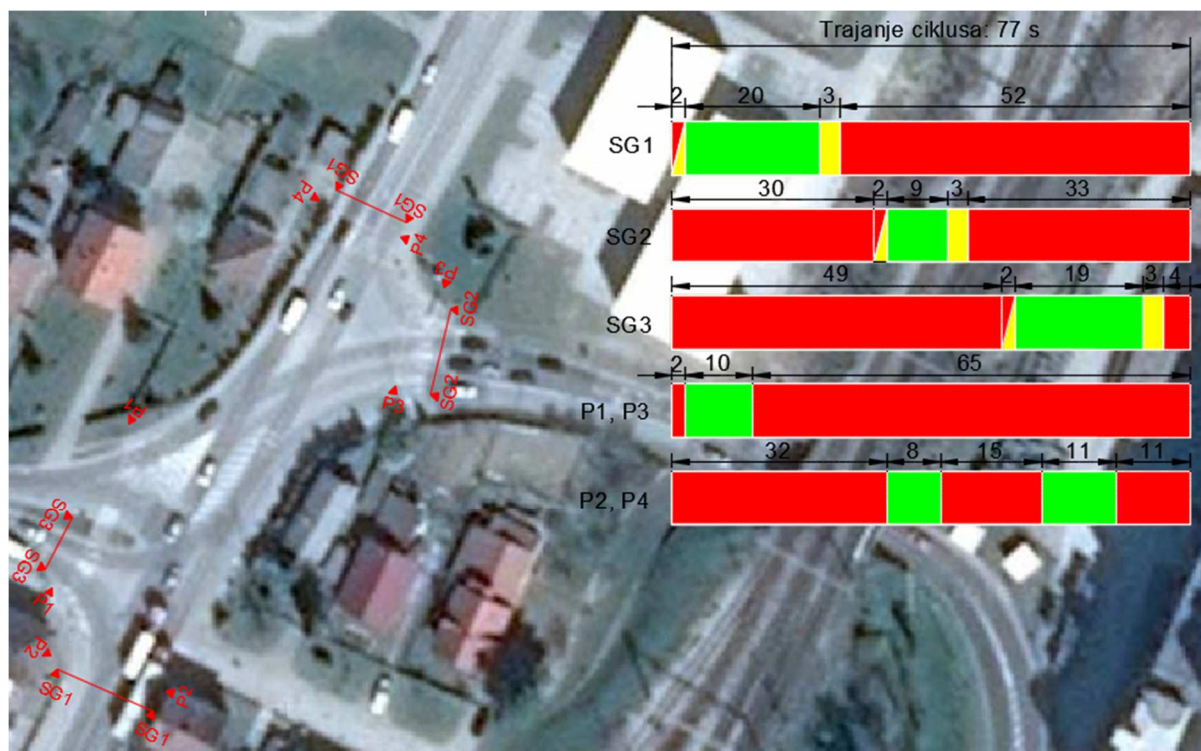
5.3. Prijedlog poboljšanja raskrižja Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste

Raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste jedno je od najfrekventnijih raskrižja na području grada Koprivnice te se predlaže rekonstrukcija kako bi se povećao protok prometa i smanjila zagušenja tijekom vršnog sata. Smješteno je na sjeverozapadu grada, ima četiri privoza s istim brojem prometnih trakova. Lijevi izlazni trakovi na svim privozima predviđeni

su za lijeve skretače dok su desni trakovi predviđeni za vozila koja idu ravno te desne skretače osim na zapadnom privozu koji je predviđen samo za desne skretače. Glavni smjer proteže se od sjevera prema jugu i obratno.

Analiza podataka o brojanju prometa izvršena je u potpoglavlja 4.5.3. Udio lijevih skretača najveći je na zapadnom privozu te iznosi 86,2%. Bitno je napomenuti da zbog geometrije raskrižja lijevi skretači tek u samom raskrižju odabiru smjer kretanja vožnje prema sjeveru ili istoku. Udio lijevih skretača na južnom privozu iznosi 16,7%, na istočnom 27,9% i 24,9% na sjevernom privozu. Južni privoz generira 43,2% desnih skretača, istočni privoz generira 31,5% desnih skretača dok udio desnih skretača na sjevernom privozu iznosi 29,7%. Tijekom jutarnjeg vršnog sata zapadni privoz je najopterećeniji s 31,2% vozila od ukupnog broja vozila u raskrižju.

Nedostatak ovog raskrižja je loše izveden signalni plan te istočni privoz koji je izmaknut 34 metra u odnosu na zapadni privoz. Zbog okolnih kuća te blizine pruge nemoguće je izvršiti rekonstrukciju raskrižja da se istočni i zapadni privoz dodiruju u istoj točki ili da se izgradi raskrižje s kružnim tokom prometa. Tijekom vršnog sata nastaje potreba za ljudskom reakcijom te prometni policajac promatra južni, zapadni i sjeverni privoz i uz pomoć regulatora uz južni privoz regulira trajanje zelene faze za svaku signalnu grupu prema vlastitoj procijeni. Zato se predlaže izrada novog fiksnog signalnog plana koji se ne bi mijenjao tijekom dana. Njime bi se smanjio rep čekanja na sjevernom i južnom privozu te bi se izbjegnula potreba za ljudskim upravljanjem prometnim svjetlima na raskrižju. Prikaz novog signalnog plana na postojećoj konfiguraciji raskrižja uz prikaz signalnih grupa na pojedinom privozu vidljiv je na slici 43.



Slika 43. Prikaz novog signalnog plana za raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste

Novi signalni plan bi imao tri signalne grupe za motorna vozila te dvije signalne grupe za pješake. Novim signalnim planom tijekom jutarnjeg vršnog sata neznatno bi se povećao rep čekanja na istočnom privozu i traku za lijeve skretače na zapadnom privozu ali bi se povećala bi se protočnost pješaka na pješačkim prijelazima. Između signalnih grupa 1 i 2 te signalnih grupa 2 i 3, nakon gašenja žute lanterne, na svim privozima traje crveno svjetlo u trajanju od 5 sekundi kako bi vozila koja su ušla u raskrižje dok se upalilo crveno svjetlo imala dovoljno vremena da napuste raskrižje između signalnih grupa 3 i 1 crveno svjetlo traje 4 sekunde. Proračun duljine trajanja signalnog ciklusa, proračun duljine trajanja prometnih svjetala te proračun zaštitnih međuvremena u svakoj signalnoj grupi rađen je prema High Capacity Manual-u iz 2010. godine (1). Trajanje signalnog ciklusa za novi signalni plan iznosi 77 sekundi. U prvoj signalnoj grupi trajanje zelenog svjetla iznosi 20 sekundi, tijekom kojeg slobodan prolaz imaju vozila sa sjevernog i južnog privoza, dok crveno svjetlo traje 52 sekunde. U drugoj signalnoj grupi zeleno svjetlo traje 9 sekundi a crveno svjetlo 63 sekunde. Slobodan prolaz imaju vozila s istočnog privoza. U trećoj signalnoj grupi zeleno svjetlo traje 19 sekundi, tijekom kojeg vozila sa zapadnog privoza imaju slobodan prolaz, dok crveno traje 54 sekund. U sve tri signalne grupe žuto svjetlo traje 3 sekunde dok crveno - žuto iznosi 2 sekunde. Zeleno svjetlo u signalnoj grupi P1, P3 traje 10 sekundi tijekom koje slobodan prolaz

imaju pješaci na zapadnom i istočnom privozu. U signalnoj grupi zeleno svijetlo traje 19 sekundi te je podijeljeno na dva intervala. Prvi interval traje 8 sekundi gdje pješaci na sjevernom i južnom privozu imaju slobodan prolaz od 32. sekunde. Drugi interval traje 11 sekundi te slobodan prolaz na sjevernom i južnom privozu pješaci imaju od 55. sekunde.

(1)

$$C_z = \frac{L}{1 - \left(\frac{V_c}{1615 * PHF * \frac{v}{c}} \right)}$$

C_z - duljina željenog trajanja ciklusa

L - ukupno izgubljeno vrijeme u fazi

PHF - faktor vršnog sata (0,88)

V_c - ukupan kritični prometni tok

$\frac{v}{c}$ - stupanj zasićenja

U tablici 3 prikazana su trajanja zaštitnih međuvremena konfliktnih tokova i zaštitna vremena koja su potrebna da bi pješaci sigurno prošli pješački prijelaz.

Tablica 3. Tablica trajanja zaštitnih međuvremena

PRAŽNJE	NALET							
	V1	V2	V3	V4	P1	P2	P3	P4
	V1	12	12	9	4		5	
	V2	10	10			4		5
	V3	10	12	12	9		4	
	V4	10				5		4
	P1	15	15					
	P2		9	9				
	P3	9	9					
	P4		9	9				

5.4. Prijedlog poboljšanja raskrižja Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice i Ivanjske ceste

Navedeno raskrižje nalazi se na sjeverozapadnom izlazu grada, udaljeno 550 metara od raskrižja Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste. Sastoji se od četiri privoza, s različitim brojem prometnih trakova. Sjeveroistočni i jugozapadni privozi sastoje se od dva izlazna traka dok južni i sjeverni privozi imaju jedan izlazni trak. Glavni smjer je iz Pavelinske ulice koja čini južni privoz prema sjeverozapadnom privozu u smjeru industrijske zone "Danica".

Prema analizi podataka o brojanju prometa iz potpoglavlja 4.5.4. udio lijevih skretača najveći je na južnom privozu te iznosi 51,1% tijekom jutarnjeg vršnog sata. Sjeverozapadni privoz generira 12,7%, sjeverni privoz 7,1% i jugoistočni 9,4%. Južni privoz generira 33,5% desnih skretača, jugoistočni privoz generira 29,9% desnih skretača dok udio desnih skretača na sjeverozapadnom privozu iznosi samo 1,3%. Desnih skretača na sjevernom privozu ima 29,2%.

Nedostatak ovog raskrižja je blizina željezničke pruge, koja presijeca jugoistočni privoz. Prilikom prolaska vlaka, koji je u većini slučajeva teretni te se on sporije kreće od putničkog, stvara se rep čekanja na jugoistočnom privozu, traku za desne skretače na jugoistočnom privozu te traku za lijeve skretače na sjeveristočnom privozu. Osim toga, često je slučaj da se branik na željezničko - cestovnom prijelazu prilikom prolaska vlaka ne spusti što direktno ugrožava sve sudionike u prometu. Problem predstavlja i glavni smjer koji često buni vozače te dolazi do oduzimanja prednosti vozilima koja dolaze s jugozapadnog privoza preko željezničko - cestovnog prijelaza. Kao rješenje predlaže se izgradnja nadvožnjaka iz Pavelinske ulice, preko željezničke pruge i Zagrebačke ulice prema Ivanjskoj cesti. Slično raskrižje nalazi se na jugoistočnom ulazu u grad Koprivnicu, kod trgovačkog centra Supernova, koje je prikazano na slici 44.



Slika 44. Prikaz podvožnjaka kod trgovačkog centra Super Nova u Koprivnici

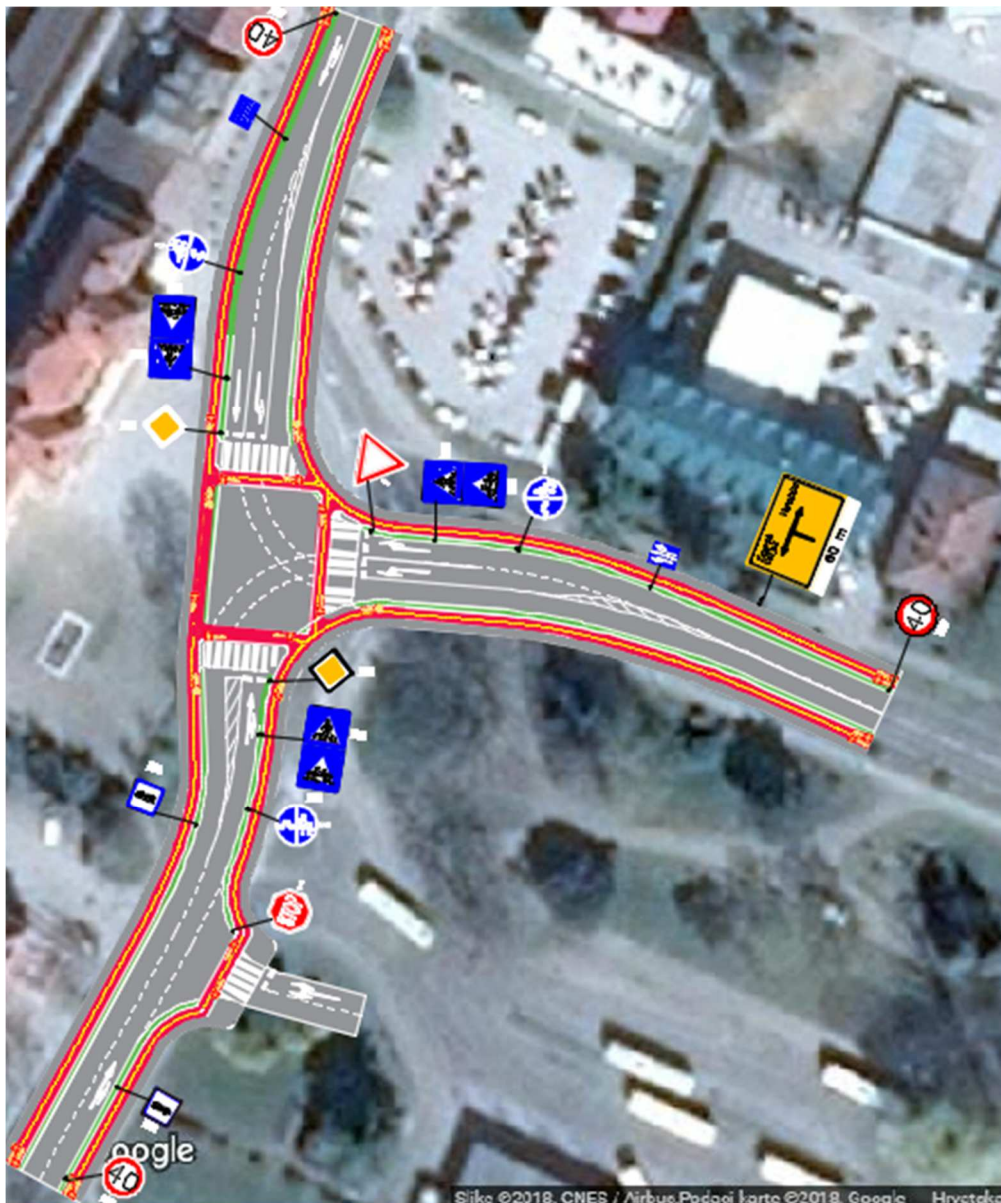
Izvor: [7]

5.5. Prijedlog poboljšanja raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

Raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Meštrovića nalazi se između željezničkog i autobusnog kolodvora i trokrakog je tipa. Glavni tok predstavlja Kolodvorska ulica. Južni i istočni privoz imaju po jedan ulazni trak dok sjeverni privoz ima ulazni trak za ravno te za lijeve skretače. Pješački prijelazi nalaze se na južnom i istočnom privozu.

Tijekom jutarnjeg vršnog sata iz analize podataka o brojanju prometa koja je izvršena u potpoglavlju 4.5.5. vidljivo je da sjeverni privoz generira 38,9% lijevih skretača dok istočni privoz generira 47,7% lijevih skretača. Desnih skretača na istočnom privozu ima 52,3% dok ih na južnom privozu ima 28,3%. Prometno opterećenje sjevernog privoza iznosi 37,6% ukupnog opterećenja raskrižja, južnog privoza iznosi 48%, dok istočni privoz iznosi 14,4% tijekom vršnog sata.

Problematika kod ovog raskrižja je istočni privoz koji se spaja na Kolodvorsku pod oštrim kutem što uzrokuje smanjenu preglednost prilikom uključivanja vozila na glavni prometni tok. Problem je i nedostatak posebnog traka za lijeve skretače na istočnom privozu čime se stvara rep čekanja vozila koja se žele uključiti u glavni prometni tok. Širina prometnih trakova je nedostatna što stvara probleme prilikom mimoilaženja autobusa i teških vozila. Predlaže se rekonstrukcija raskrižja tako što će se istočni privoz spojiti pod pravim kutem na glavni prometni tok, čiji će se razmak između zavoja na ulazu u sjeverni privoz i zavoja na ulazu u južni privoz produljiti. To će omogućiti veći ulazni i izlazni polumjer na istočnom privozu za lakši prolazak teških vozila i autobusa čiji postotak prema analizi podataka o brojanju prometa iznosi 6,1% tijekom jutarnjeg vršnog sata. Detaljan prikaz rekonstrukcije raskrižja prikazan je u "PRILOGU 3".



Slika 45. Prikaz rekonstruiranog raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

Rekonstrukcija ovog raskrižja sastoji se od dodavanja traka za lijeve skretače na istočnom privozu te spajanje istog privoza na glavni prometni tok pod kutem od 90°. Povećat će se razmak između zavoja na ulazu u sjeverni privoz i zavoja na ulazu u južni privoz čiji će se radijus ovom rekonstrukcijom povećati. Širine svih prometnih trakova iznose 3 metra. Ulazni i izlazni polumjer istočnog privoza iznosi 18 metara što će omogućiti prometovanje teških vozila i autobusa kroz Ulicu Ivana Meštrovića što prema postojećem stanju nije dozvoljeno. Zapadni ulaz u autobusni kolodvor će se izmaknuti za 24 metra u odnosu na trenutnu poziciju. Dodat će se pješački prijelaz širine 4 metra na sjevernom privozu što će smanjiti opterećenje pješačkog prijelaza na južnom privozu. Na svakom privozu će uz pješački

prijelaz biti izvedena dvosmjerna biciklistička traka širine 2 metra. Uz sve privoze izvedene su pješačke i biciklističke staze odvojene od ceste zaštitnim pojasom širine 0,75 metara. Biciklistička staza je dvosmjerna širine 2 metra. Pješačka staza je široka 1 metar. Uz pomoć programskog alata AutoTURN izrađene su trajektorije za prolazak mjerodavnog vozila u duljini od 18,71 metar koji je prikazan na slici 46.



Slika 46. Trajektorije mjerodavnog vozila u programskom alatu AutoTURN za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

6. SIMULACIJA I EVALUACIJA PREDLOŽENIH RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA

Posljednjih nekoliko godina javlja se povećan razvoj simulacijskih modela koji predstavljaju modeliranje kretanja pojedinačnih vozila u svrhu analize prometnih parametara raskrižja, prometnica, pješaka, biciklista i ostalog prometa [14].

Simulacije postojećeg stanja te prijedloga rješenja odabranih raskrižja korišteni su programski alati PTV Vissim i Sidra Intersection i to za raskrižje na Trgu Mladosti, raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana, raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste i raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića. PTV Vissim je funkcionalan alat za simuliranje kretanja vozila u raskrižju a može se koristiti i za neke duže dionice ili mrežu raskrižja. Sidra Intersection je programski alat koji služi za proračun kapaciteta i razine usluge raskrižja. U ovom poglavlju prikazani su rezultati simulacija i evaluacija dobiveni korištenjem navedenih programskih alata za odabrana raskrižja.

Pomoću programskog alata PTV Vissim analizirala su se četiri raskrižja te je izrađena simulacija postojećeg stanja i simulacija predloženog rješenja navedenih raskrižja. Za ulazne podatke koristit će se prometna opterećenja u jutarnjem vršnom satu analizirana u poglavlju 4. Najbitniji dio simulacije su izlazni podaci dobiveni nakon provedbe simulacije određenog raskrižja na temelju kojih se donose zaključci o postojećem stanju raskrižja i predloženom rješenju raskrižja. U ovom diplomskom radu koristiti će se prosječno vrijeme kašnjenja, ukupno vrijeme kašnjenja, prosječna brzina raskrižja, ukupan broj zaustavljanja i ukupno vrijeme putovanja. Na temelju podataka o prosječnom vremenu kašnjenja određuje se razina usluge. Mjerna jedinica za prosječno vrijeme kašnjenja je sekunda po vozilu (s/voz).

Razina usluge (LOS) je kvalitativna mjera koja nam prikazuje uvjete vožnje koji se mogu pojaviti na određenom raskrižju u ovisnosti o prometnom opterećenju raskrižja i konstrukciji raskriža. Definirano je šest razina usluge koje su poredane abecednim redom. Razina usluge A predstavlja najbolje operativne uvjete, a razina F najlošije [15].

Razina usluge različita je za nesemaforizirana i za semaforizirana raskrižja te se određuje prema prosječnom vremenu kašnjenja. Određena je u intervalima koji su prikazani u tablici 4.

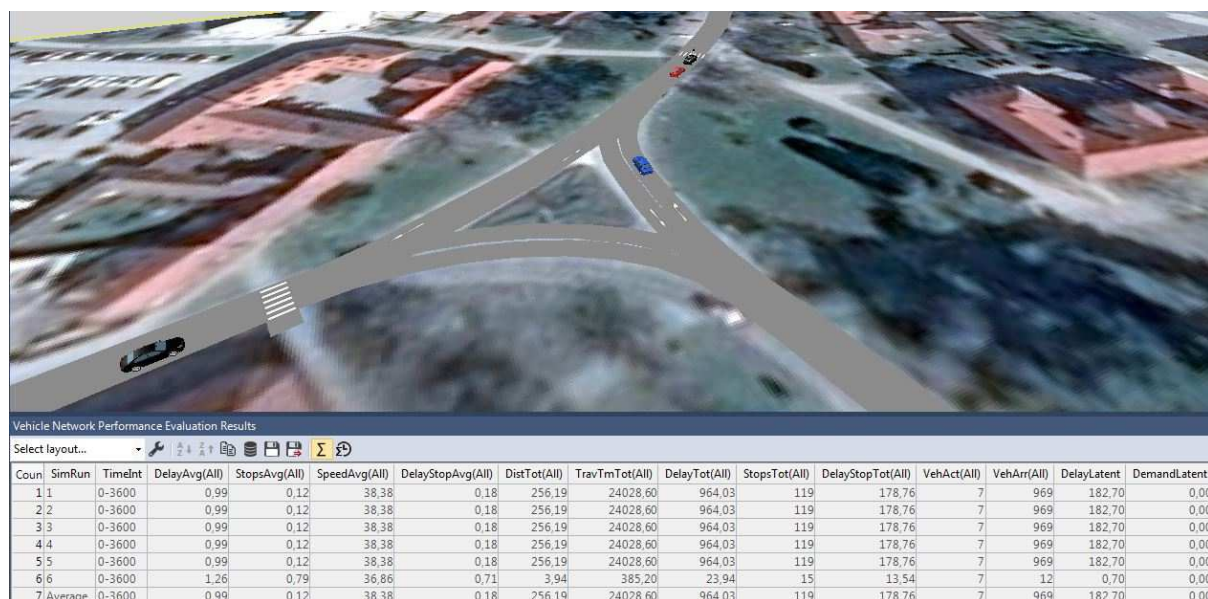
Tablica 4. Određivanje razine usluge prema prosječnom vremenu kašnjenja

Razina usluge nesemaforiziranih raskrižja	Prosječno vrijeme kašnjenja (s/voz)	Razina usluge semaforiziranih raskrižja	Prosječno vrijeme kašnjenja (s/voz)
A	0-10	A	0-10
B	10-15	B	10-20
C	15-25	C	20-35
D	25-35	D	35-55
E	35-50	E	55-80
F	>50	F	>80

Izvor: [15]

6.1. Simulacija i evaluacija raskrižja na Trgu Mladosti

Raskrižje na Trgu Mladosti je nesemaforizirano, s tri privoza i upravljano je uz pomoć horizontalne i vertikalne signalizacije. Slika 47 prikazuje simulaciju postojećeg stanja raskrižja.



Slika 47. Simulacija postojećeg stanja raskrižja na Trgu Mladosti

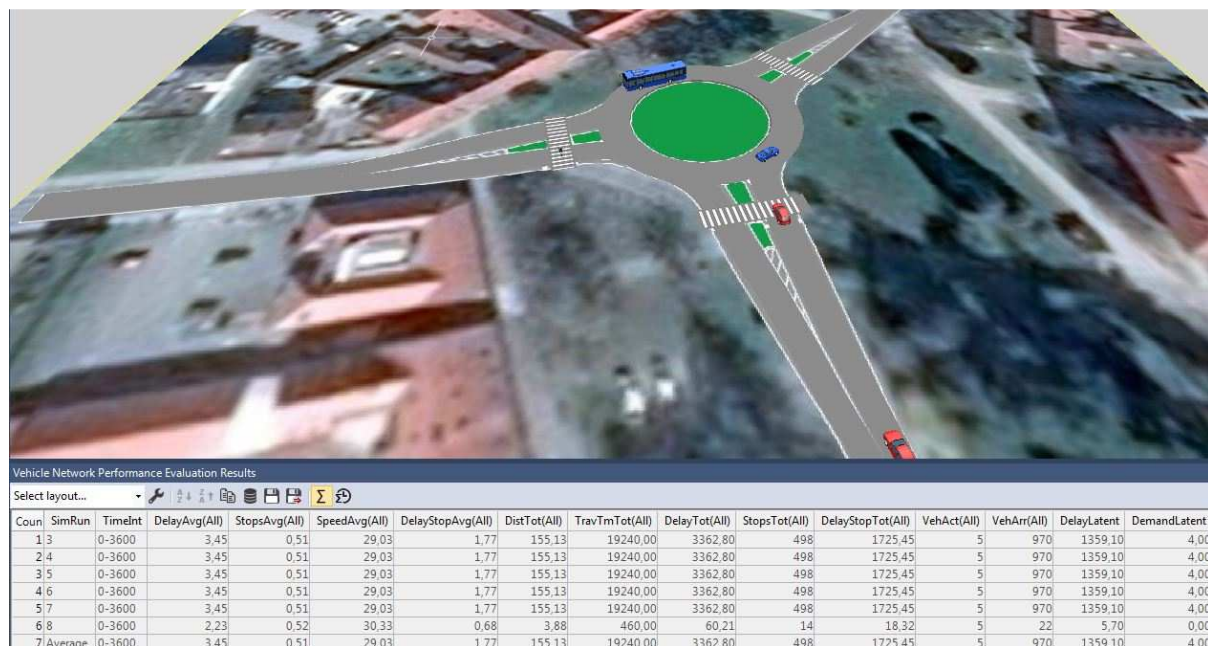
Izlazni podaci postojećeg stanja raskrižja na Trgu Mladosti prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Izlazni podaci postojećeg stanja za raskrižje na Trgu Mladosti

Raskrižje na Trgu Mladosti	
Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	0,99
Ukupno kašnjenje [minuta]	16,07
Prosječna brzina putovanja [km/h]	38,38
Ukupni broj zaustavljanja	119
Ukupno vrijeme putovanja [sati]	6,67

Prema izlaznim podacima iz tablice 5. razina usluge za raskrižje na Trgu Mladosti iznosi A. Ukupno kašnjenje iznosi 16,07 minuta dok je prosječna brzina putovanja 38,38 km/h. Ukupno vrijeme putovanja iznosi 6,67 sati.

Kao prijedlog rješenja dato je raskrižje s kružnim tokom prometa. Simulacija prijedloga rješenja za raskrižje na Trgu Mladosti prikazana je na slici 48.



Slika 48. Simulacija prijedloga rješenja za raskrižje na Trgu Mladosti

Nakon izvršene simulacije raskrižja dobiveni su izlazni podaci prikazani u tablici 6.

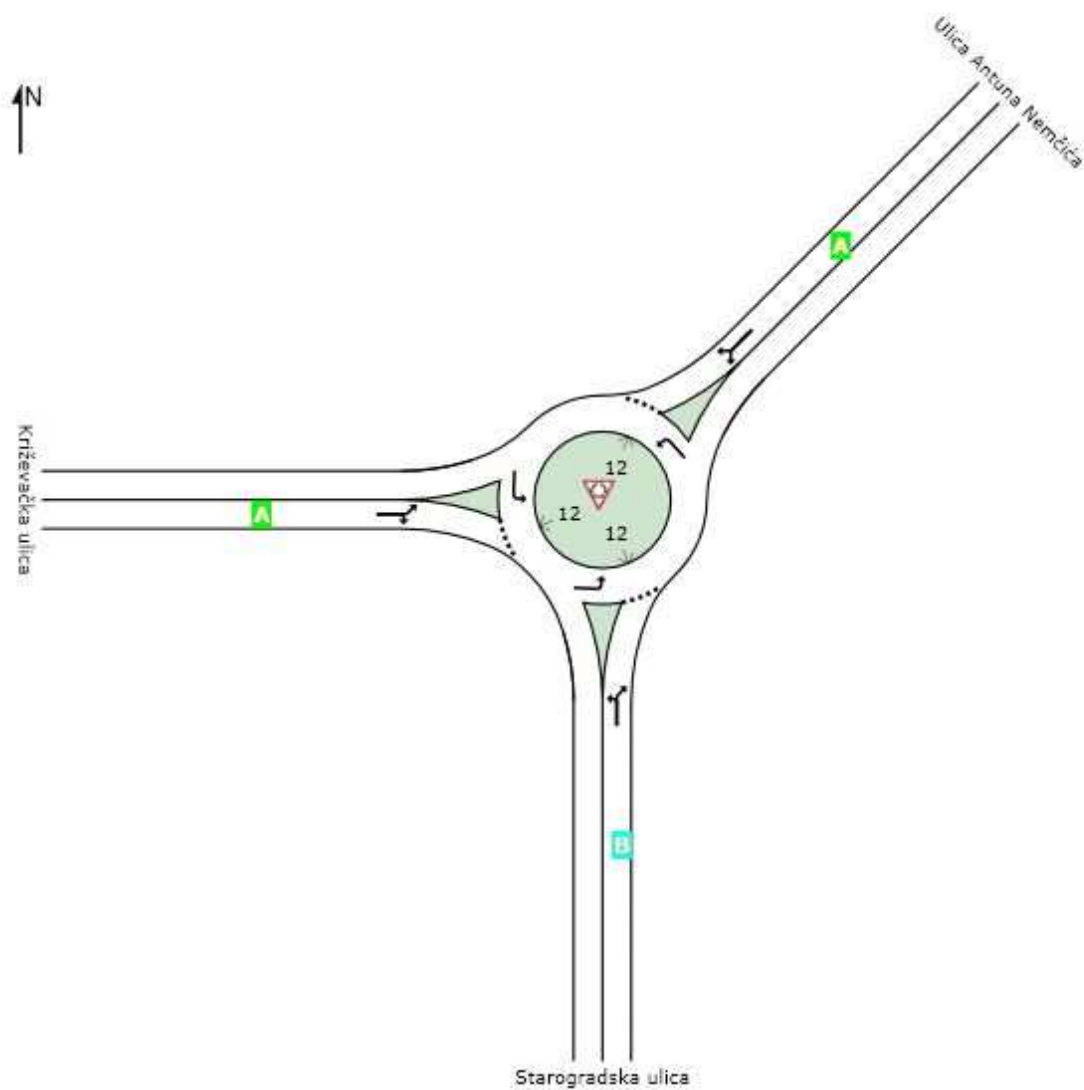
Tablica 6. Izlazni podaci prijedloga rješenja za raskrižje na Trgu Mladosti

Raskrižje na Trgu Mladosti	
Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	3,45
Ukupno kašnjenje [minuta]	56,05
Prosječna brzina putovanja [km/h]	29,03
Ukupni broj zaustavljanja	498
Ukupno vrijeme putovanja [sati]	5,34

Unatoč povećanju prosječnog vremena kašnjenja za 2,46 sekundi po vozilu u odnosu na postojeće stanje, razina usluge simuliranog raskrižja iznosi A. Prosječna brzina putovanja se smanjila za 24,4% čime se povećala sigurnost prometa u raskrižju. Ukupno vrijeme putovanja se smanjilo za 19,94% te se može zaključiti da bi se rekonstrukcijom raskrižja na Trgu Mladosti u raskrižje s kružnim tokom prometa doprinjelo sigurnosti u raskrižju te bi vrijeme putovanja bilo kraće.

Simulacija raskrižja provedena u programskom alatu Sidra daje slične rezultate kao i PTV Vissim. Razina usluge na zapadnom i sjeveroistočnom privozu ima ocjenu A, južni privoz ocijenjen je ocjenom B dok razina usluge cijelog raskrižja iznosi A. Slika 49 prikazuje grafički prikaz ocjena privoza i cijelog raskrižja u programskom alatu Sidra.

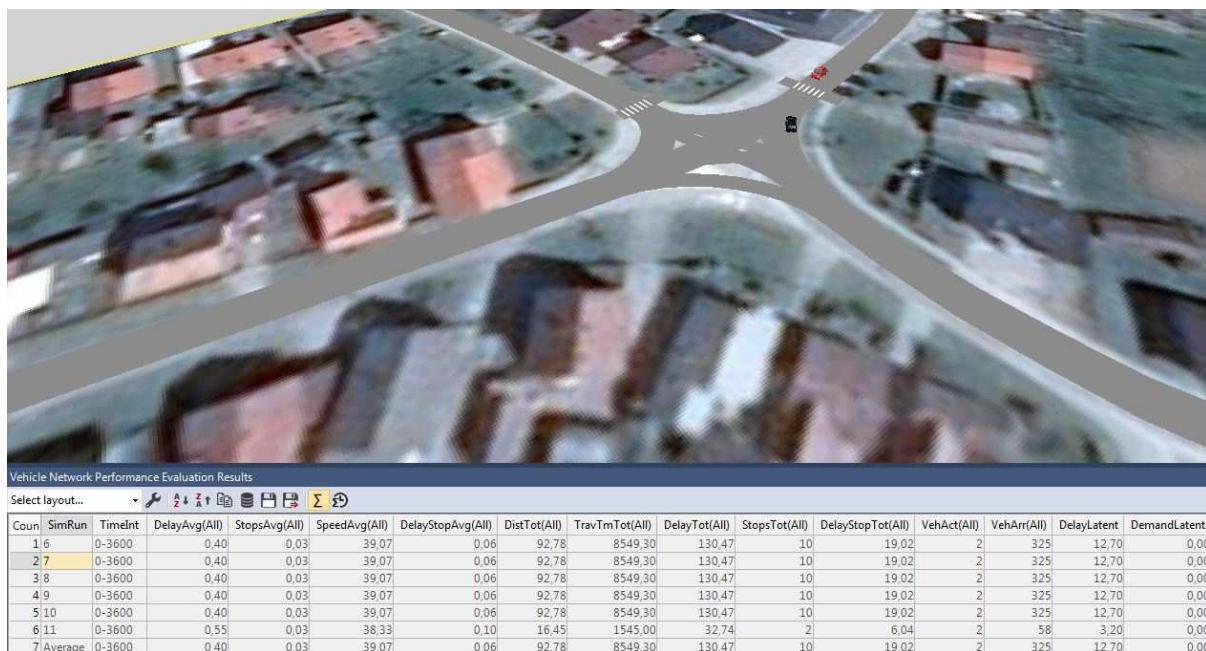
	South	Northeast	West	Intersection
LOS	B	A	A	A



Slika 49. Grafički prikaz ocjena privoza i cijelog raskrižja na Trgu Mladosti

6.2. Simulacija i evaluacija raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana

Raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana sadrži četiri privoza i upravljano je uz pomoć horizontalne i vertikalne signalizacije. Slika 50 prikazuje simulaciju postojećeg stanja raskrižja.



Slika 50. Simulacija postojećeg stanja raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana

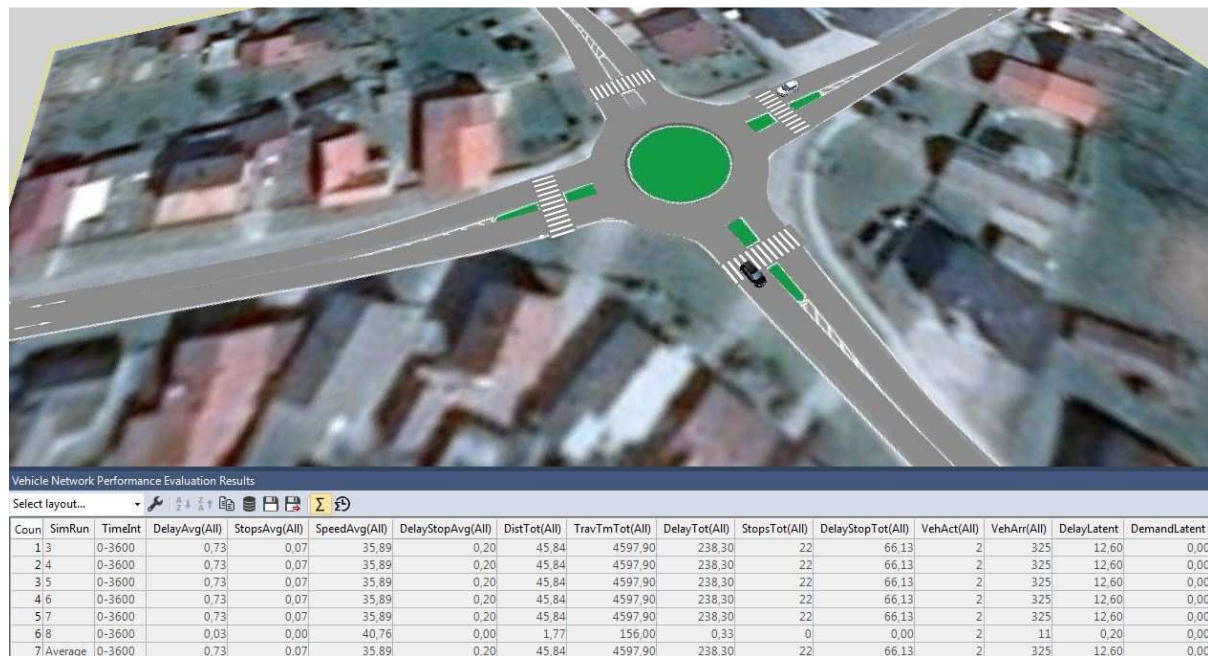
Izlazni podaci postojećeg stanja raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana prikazani su u tablici 7.

Tablica 7. Izlazni podaci postojećeg stanja za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana

Raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	
Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	0,40
Ukupno kašnjenje [minuta]	2,17
Prosječna brzina putovanja [km/h]	39,07
Ukupni broj zaustavljanja	10
Ukupno vrijeme putovanja [sati]	2,37

Prema izlaznim podacima iz tablice 7. razina usluge postojećeg stanja raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana iznosi A. Ukupno kašnjenje iznosi 2,17 minuta dok je prosječna brzina putovanja 39,07 km/h. Ukupno vrijeme putovanja iznosi 2,37 sati.

Simulacija prijedloga rješenja za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana prikazana je na slici 51.



Slika 51. Simulacija prijedloga rješenja za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana

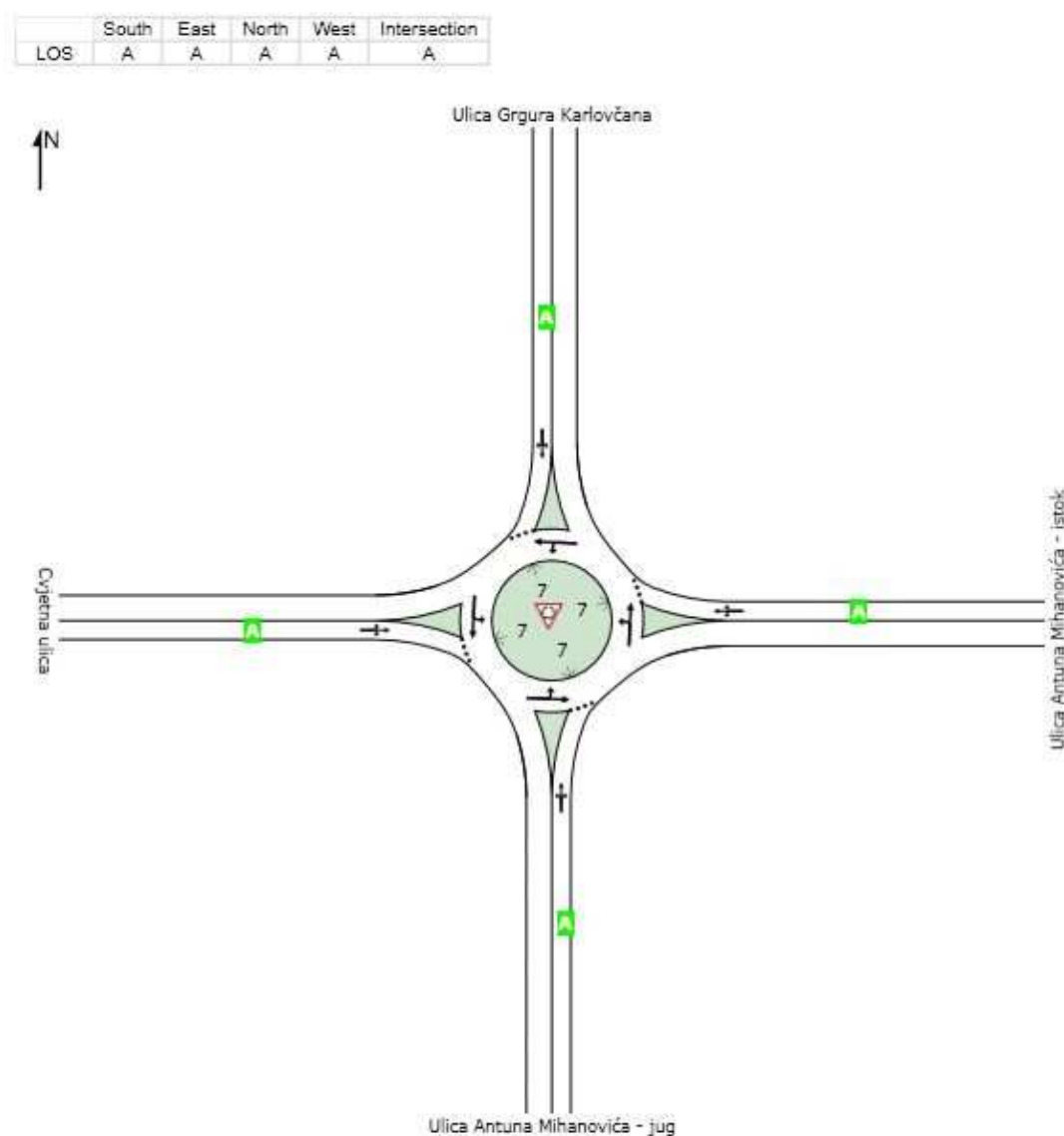
Izlazni podaci prijedloga rješenja za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana prikazani su u tablici 8.

Tablica 8. Izlazni podaci prijedloga rješenja za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana

Raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	
Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	0,73
Ukupno kašnjenje [minuta]	3,97
Prosječna brzina putovanja [km/h]	35,89
Ukupni broj zaustavljanja	22
Ukupno vrijeme putovanja [sati]	1,27

Nakon provedene simulacije prijedloga rješenja za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana razina usluge iznosi A. Ukupno kašnjenje u odnosu na postojeće stanje povećalo se za 1,8 minuta ali se smanjilo ukupno vrijeme putovanja za 46,41%. Sigurnost prometa u raskrižju bi se povećala zbog smanjenja brzine putovanja u odnosu na postojeće stanje za 8,14%.

Slika 52 prikazuje ocjene po privozima i ocjenu cijelog raskrižja nakon provedene simulacije u programskom alatu Sidra Intersection. Ocjene za sve priljeze i ukupna ocjena raskrižja iznosi A.



Slika 52. Grafički prikaz ocjena priljeza i cijelog raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana

6.3. Simulacija i evaluacija raskrižja Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste

Raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste je semaforizirano, s četiri privoza i upravljano je uz pomoć semafora. Postojeće stanje raskrižja se odnosi za signalni plan izvan vršnog sata jer se tijekom vršnog sata signalni plan mijenja ovisno o prometu. Slika 53 prikazuje simulaciju postojećeg stanja raskrižja.



Slika 53. Simulacija postojećeg stanja na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste

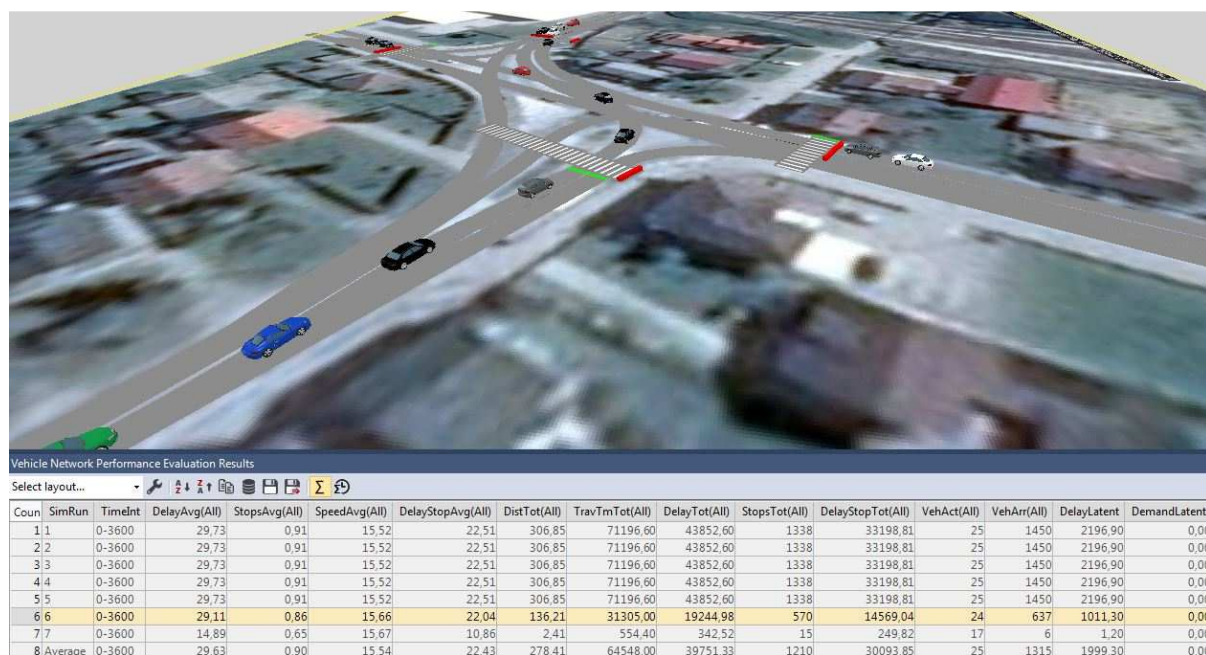
Tablica 9. Izlazni podaci postojećeg stanja za raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste

Raskrižje Zagrebačke ceste i Varaždinske ulice	
Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	23,70
Ukupno kašnjenje [minuta]	582,12
Prosječna brzina putovanja [km/h]	17,76
Ukupni broj zaustavljanja	1183
Ukupno vrijeme putovanja [sati]	17,30

Prema izlaznim podacima iz tablice 9 razina usluge za raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste iznosi C. Ukupno kašnjenje iznosi 582,12 minuta ili 9,7 sati. Prosječna

brzina putovanja je 17,76 km/h, ukupni broj zaustavljanja iznosi 1183 zaustavljanja u sat vremena dok ukupno vrijeme putovanja iznosi 17,30 sati.

Kao prijedlog rješenja dato izmijenjen je signalni plan koji će biti fiksni tijekom cijelog dana. Simulacija prijedloga rješenja za raskrižje Zagrebačke ceste i Varaždinske ulice prikazana je na slici 54.



Slika 54. Simulacije prijedloga rješenja za raskrižje Zagrebačke ceste i Varaždinske ulice

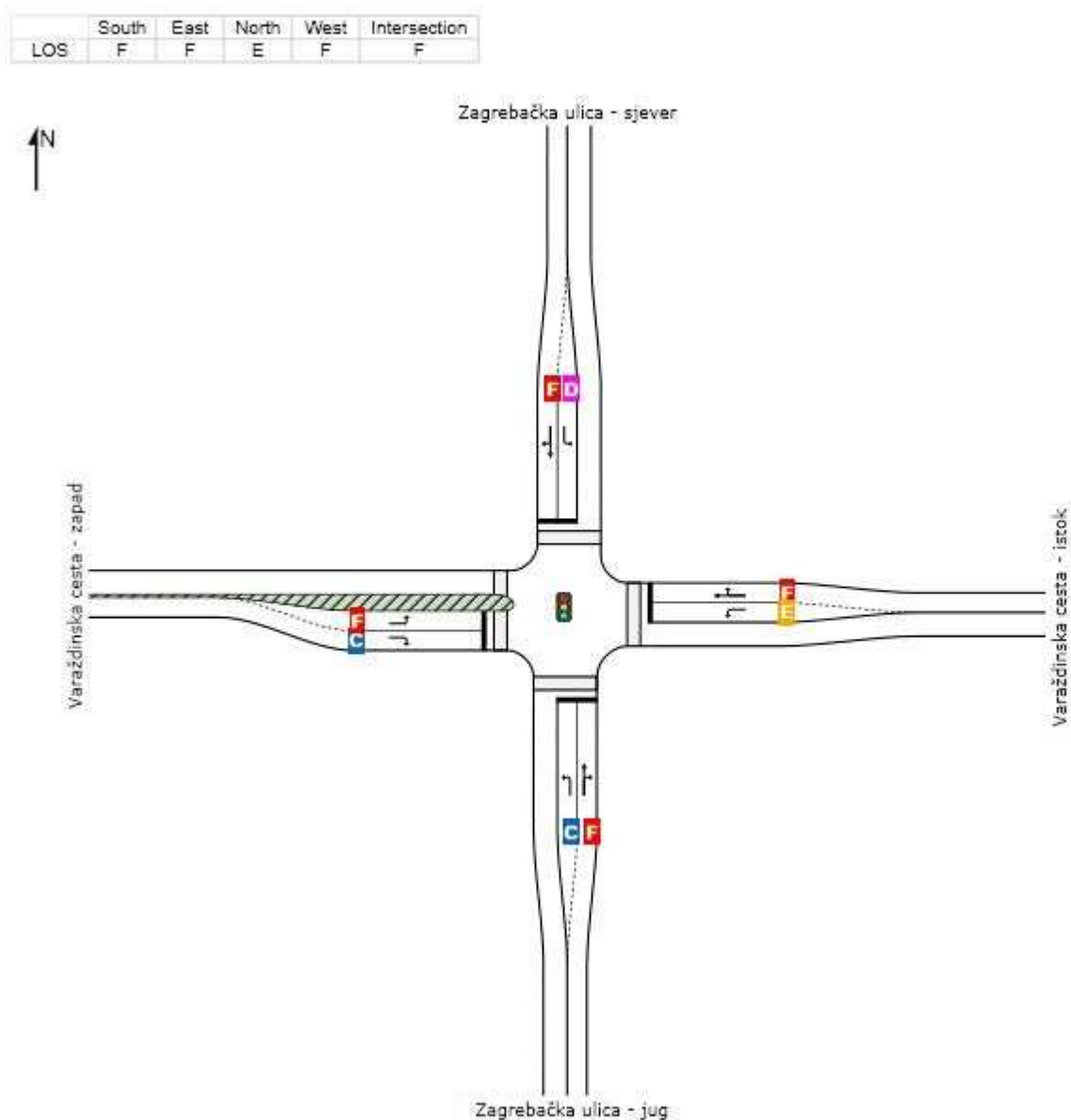
Nakon izvršene simulacije prijedloga rješenja za raskrižje Zagrebačke ceste i Varaždinske ulice dobiveni su izlazni podaci prikazani u tablici 10.

Tablica 10. Izlazni podaci prijedloga rješenja raskrižja Zagrebačke ceste i Varaždinske ulice

Raskrižje Zagrebačke ceste i Varaždinske ulice	
Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	29,73
Ukupno kašnjenje [minuta]	730,87
Prosječna brzina putovanja [km/h]	15,52
Ukupni broj zaustavljanja	1338
Ukupno vrijeme putovanja [sati]	19,78

Izmjenom signalnog plana na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste, prema podacima iz tablice 10., razina usluge ostala je ista kao i prije rekonstrukcije, iako se prosječno vrijeme kašnjenja povećalo za 12,61%. Ukupno kašnjenje se povećalo za 20,35% u odnosu na postojeće stanje. Ukupno vrijeme putovanja povećalo se za 12,54%. Iz ovih podataka se može zaključiti da promjena signalnog plana povećava vrijeme kašnjenja zbog većeg zaštitnog međuvremena između pojedinih faza što doprinosi povećanju sigurnosti vozila u raskrižju i pješaka i biciklista na pješačkom prijelazu što nije slučaj kod postojećeg stanja gdje je duljina zaštitnih međuvremena nedostatna.

U programskom alatu Sidra razina usluge na cijelom raskrižju je F, što je drugačije u odnosu na PTV Vissim koji je razinu usluge raskrižja ocijenio s C. Razlog tome je nedostatak programskog alata Sidra koji ne uzima u obzir razmak između pojedinih privoza koji utječe na duljinu trajanja zaštitnih međuvremena. Najniže ocjene imaju traka za lijevo na zapadnom privozu te traka za ravno i desno na južnom istočnom i sjevernom privozu, koje su ocijenjene s ocjenom F. Razinu usluge C imaju traka za desno na zapadnom privozu i traka za lijevo na južnom privozu. Traka za lijevo na sjevernom privozu ima ocjenu D. Južni privoz jedini je ocjenjen ocjenom E.



Slika 55. Grafički prikaz ocjena traka, privoza i cijelog Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste

6.4. Simulacija i evaluacija raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

Raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića sadrži tri privoza, od kojih samo sjeverni ima dva izlazna traka. Raskrižje je upravljano horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Simulacija postojećeg stanja raskrižja prikazana je na slici 56.



Slika 56. Simulacija postojećeg stanja raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

U tablici 11 prikazani su izlazni podaci dobiveni simulacijom postojećeg stanja raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića.

Tablica 11. Izlazni podaci postojećeg stanja za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

Raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića	
Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	1,98
Ukupno kašnjenje [minuta]	25,10
Prosječna brzina putovanja [km/h]	32,03
Ukupni broj zaustavljanja	508
Ukupno vrijeme putovanja [sati]	3,83

Prema izlaznim podacima iz tablice 11 razina usluge za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića iznosi A. Ukupno kašnjenje iznosi 25,10 minuta dok je prosječna brzina putovanja 32,03 km/h. Ukupno vrijeme putovanja iznosi 3,83 sata.

Simulacija prijedloga rješenja za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića prikazana je na slici 57.



Slika 57. Simulacija prijedloga rješenja za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

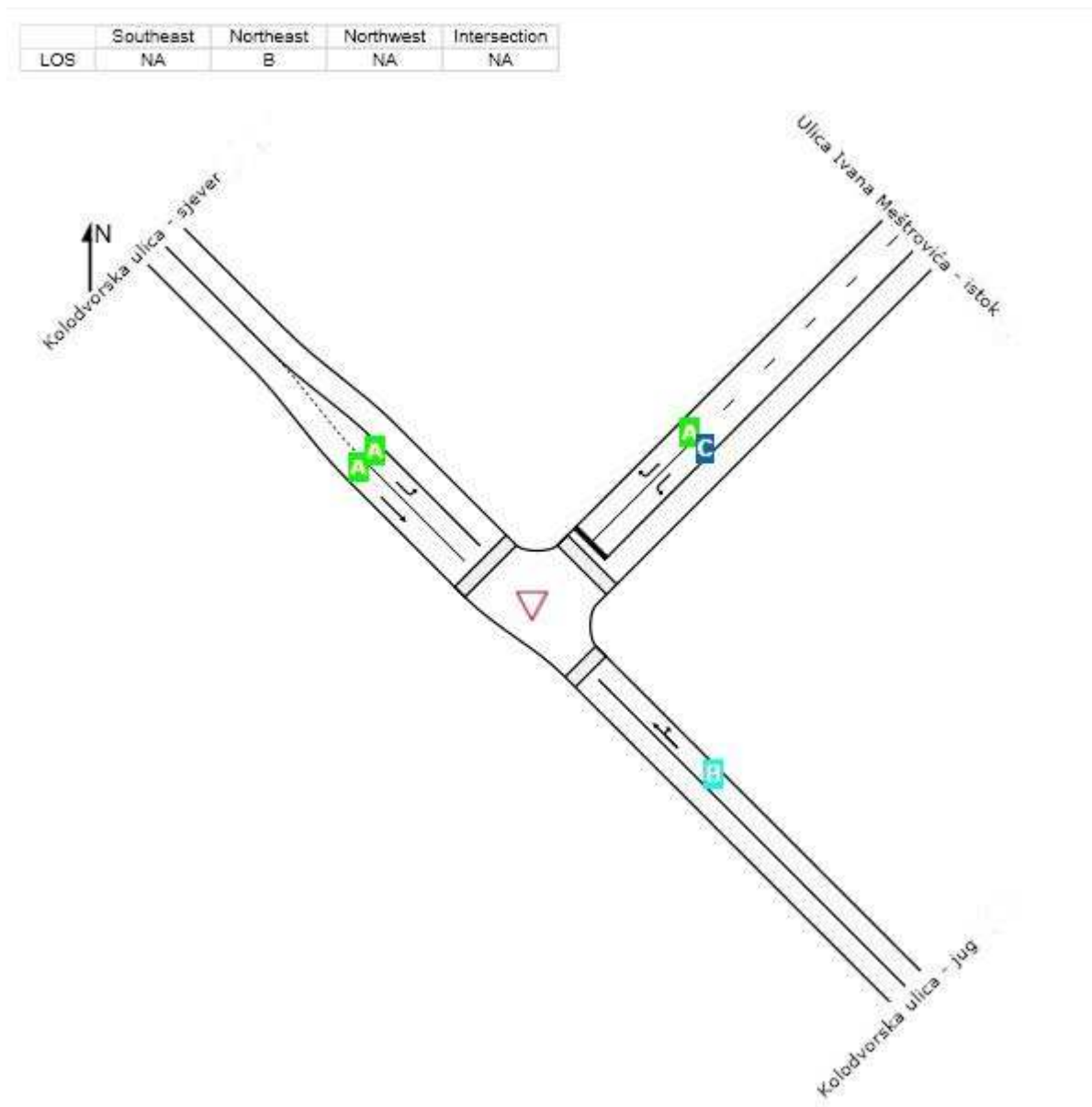
Nakon izvršene simulacije raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića dobiveni su izlazni podaci prikazani u tablici 12.

Tablica 12. Izlazni podaci postojećeg stanja za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

Raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića	
Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]	2,84
Ukupno kašnjenje [minuta]	36,02
Prosječna brzina putovanja [km/h]	25,10
Ukupni broj zaustavljanja	807
Ukupno vrijeme putovanja [sati]	3,74

Nakon rekonstrukcije raskrižja prosječno vrijeme kašnjenja se povećalo za 30,28% no razina usluge je ostala A. Prosječna brzina putovanja se smanjila za 21,60% čime se povećala sigurnost prometa na raskrižju. Ukupno vrijeme putovanja se nije bitno smanjilo.

Simulacija raskrižja provedena u programskom alatu Sidra ne daje potpune rezultate jer program ne računa razinu usluge na privozima koji su dio glavnog smjera za trokraka raskrižja. Na slici 58 prikazan je grafički prikaz razine usluge za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića nakon rekonstrukcije. Oba izlazna traka na sjevernom i trak za desno na istočnom privozu imaju razinu usluge A. Južni privoz ocijenjen je ocjenom B dok je najlošiju razinu usluge ima traka za lijevo skretanje na istočnom privozu. Istočni privoz je jedini od privoza koji je ocijenjen s ocjenom B.



Slika 58. Grafički prikaz ocjena trakova i privoza za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića

7. ZAKLJUČAK

U 21. stoljeću razvojem tehnologije paralelno se razvija prometni sustav. Cestovni promet kao dio tog sustava također se ubrzano razvija. Vozila koriste najsuvremenije tehnologije kako bi se povećala sigurnost u prometu, smanjili troškovi putovanja te vožnja učinila što ugodnijom. Prometna infrastruktura ne prati u dovoljnoj mjeri taj napredak što za posljedicu ima usporen trend smanjenja broja prometnih nesreća.

Raskrižja su mjesta na mreži prometnica koja imaju najveći utjecaj na razinu sigurnosti i propusnu moć određenog dijela te mreže pa je prilikom projektiranja novog raskrižja ili rekonstrukcije postojećeg potrebno pridodati veliku pažnju izradi kvalitetnog rješenja raskrižja. Pomoću optimizacije prometnih tokova u raskrižju može se povećati propusnost raskrižja i sigurnost prometa

Koprivnica je glavni grad u Koprivničko – križevačkoj županije, cestovno udaljen 102 kilometra od Grada Zagreba, s visokim stupnjem razvijenosti prehrambene industrije. U novije vrijeme radi se na poboljšanju biciklističkog prometa kroz grad. Također se razvija i Sveučilište „Sjever“ koje dobiva nove studijske programe a samim time i sve veći broj studenata. To su neki od razloga za poboljšanje postojeće prometne infrastrukture, posebice raskrižja, u Gradu Koprivnici.

U ovom radu odabrano je pet raskrižja na području Grada Koprivnice, te su za njih predložene mjere poboljšanja prometno - oblikovnih elemenata raskrižja. Za raskrižje na Trgu Mladosti te raskrižje Ulice Antuna Mihanovića – Cvjetne ulice – Ulice Grgura Karlovčana predložena je rekonstrukcija u raskrižje s kružnim tokom prometa. Za raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste, zbog nedostatka prostora, predložena je izmjena trenutnog signalnog plana kojom bi se povećalo trajanje zaštitnih međuvremena između konfliktnih tokova, što direktno utječe na sigurnost prometa u samom raskrižju. Za raskrižje Zagrebačke ulice – Pavelinske ulice - Ivanjske ceste predložena je izgradnja nadvožnjaka iznad Zagrebačke ulice

uz koju prolazi željeznička pruga. Kao prijedlog rješenja za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića predložena je rekonstrukcija raskrižja spajanjem sporednog privoza na glavni pod kutem od 90° te dodavanje dodatnog traka za lijeve skretače na sporednom privozu. Uz sva raskrižja dodala bi se biciklistička staza. Predložene mjere rekonstrukcije raskrižja izrađene su u programskom alatu AutoCAD. Trajektorije za prolazak mjerodavnog vozila kroz raskrižja provjerene su u programskom alatu AutoTURN.

Simulacija i evaluacija prijedloga rješenja rekonstrukcije raskrižja izvršena je uz pomoć programskog alata PTV Vissim i Sidra Intersection. Rekonstrukcija u raskrižje s kružnim tokom prometa za raskrižje na Trgu Mladosti i raskrižje Ulice Antuna Mihanovića – Cvjetne ulice – Ulice Grgura Karlovčana smanjila bi brzinu vožnje u raskrižju čime bi se pridonjelo sigurnosti prometa u raskrižju dok bi razina usluge ostala A. Novi signalni plan na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste povećao bi prosječno vrijeme kašnjenja za 12,61% no zbog duljih zaštitnih međuvremena između konfliktnih tokova povećala bi se sigurnost za sve sudionike u prometu. Razina usluge na raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića ostala je nepromijenjena. Navedeni programski alati ne podržavaju simulaciju raskrižja izvan razine pa simulacija za raskrižje Zagrebačke ulice – Pavelinske ulice – Ivanjske ceste nije izvršena. Iz dobivenih podataka može se zaključiti da prijedlozi rješenja neće bitno smanjiti razinu usluge ali će povećati razinu sigurnosti prometa u raskrižju smanjenjem brzine. Time će se zaštititi najranjiviji sudionici u prometu a to su pješaci i biciklisti.

LITERATURA

- [1] Grad Koprivnica: Statistički podaci. Preuzeto sa: <https://koprivnica.hr/o-koprivnici/statisticki-podaci/> [Pristupljeno: svibanj 2018.]
- [2] Prostorni plan uređenja grada Koprivnice, Koprivnica 2001.
- [3] Državni ured za reviziju: Održavanje nerazvrstanih cesta u jedinicama lokalne samouprave Koprivničko-križevačke županije, Zagreb, 2013.
- [4] BicKo sustav. Preuzeto sa: <http://www.komunalac-kc.hr/eu-projekti/bicko-sustav/>. [Pristupljeno: lipanj 2018].
- [5] BicKo. Preuzeto sa: <https://www.kampus-koprivnica.hr/bicko>. [Pristupljeno: lipanj 2018].
- [6] Plan održive urbane mobilnosti Grada Koprivnice, Koprivnica 2015.
- [7] Google Maps. Preuzeto sa: <https://www.google.hr/maps>. [Pristupljeno: lipanj 2018].
- [8] Slavulj, M.: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa: Brojanje prometa: Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [9] Perović, V.: Prometna tehnika 2: Škola za cestovni promet, Zagreb, 2005.
- [10] Božić, M., Kopic D., Mihoci F.: Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2015., Zagreb 2016.
- [11] Larse Oyen, S., Koren H., Solberg R.: Traffic Monitoring using Very High Resolution Satellite Imagery, Oslo 2009.
- [12] Zakon o sigurnosti prometa na cestama NN 108/17, Zagreb 2017.
- [13] Policijska uprava Koprivničko - križevačka: Podaci o prometnim nesrećama

- [14] Novačko L.: Mikrosimulacije u cestovnom prometu, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, 2016.
- [15] TRB, HCM 2010, TRB, 2010.

POPIS PRILOGA

Popis slika

Slika 1. Cestovna mreža grada Koprivnice.....	4
Slika 2. Terminal BicKo u blizini Glavnog kolodvora	5
Slika 3. Prikaz lokacija terminala sustava BicKo	6
Slika 4. Planirana primarna i sekundarna mreža biciklističke infrastrukture Grada Koprivnice	8
Slika 5. Položaj odabranih raskrižja na cestovnoj mreži grada Koprivnice	10
Slika 6. Položaj raskrižja na Trgu Mladosti.....	11
Slika 7. Pogled na raskrižje sa sjeveroistočnog privoza	12
Slika 8. Pogled s južnog privoza na rep čekanja na sjeveroistočnom privozu	12
Slika 9. Položaj raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	13
Slika 10. Pogled na raskrižje s istočnog privoza.....	14
Slika 11. Položaj raskrižja Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste	15
Slika 12. Prikaz trenutnog signalnog plana za raskrižje Zagrebačke ulice – Varaždinske ceste	16
Slika 13. Pogled s južnog privoza na rep čekanja na zapadnom privozu	17
Slika 14. Pogled na raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste sa sjevernog privoza	17
Slika 15. Položaj raskrižja Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice - Ivanjske ceste.....	18
Slika 16. Pogled na raskrižje Zagrebačke ulice - Pavelinske ulice - Ivanjske ceste sa sjevernog privoza.....	19
Slika 17. Položaj raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića	20
Slika 18. Poteškoće prilikom mimoilaženja dva autobusa na raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića.....	21
Slika 19. Pogled na raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića s južnog privoza	21
Slika 20. Primjer brojačkog listića korištenog u svrhu izrade diplomskog rada	24
Slika 21. Brojanje prometa na raskrižju Trg Mladosti - sjeveroistočni privoz	25
Slika 22. Brojanje prometa na raskrižju Trg Mladosti - zapadni privoz.....	25
Slika 23. Brojanje prometa na raskrižju Trg Mladosti - južni privoz	26

Slika 24. Brojanje prometa na raskrižju Ulica Antuna Mihanovića - Ulica Grgura Karlovčana - Cvjetna ulica - istočni privoz.....	27
Slika 25. Brojanje prometa na raskrižju Ulica Antuna Mihanovića - Ulica Grgura Karlovčana - Cvjetna ulica - južni privoz	27
Slika 26. Brojanje prometa na raskrižju Ulica Antuna Mihanovića - Ulica Grgura Karlovčana - Cvjetna ulica - sjeverni privoz.....	28
Slika 27. Brojanje prometa na raskrižju Ulica Antuna Mihanovića - Ulica Grgura Karlovčana - Cvjetna ulica - zapadni privoz	28
Slika 28. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste - zapadni privoz	29
Slika 29. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste - istočni privoz	30
Slika 30. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste - južni privoz	30
Slika 31. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste - sjeverni privoz	31
Slika 32. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta - sjeveroistočni privoz	32
Slika 33. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta - jugozapadni privoz.....	32
Slika 34. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta - južni privoz	33
Slika 35. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta - sjeverni privoz.....	33
Slika 36. Brojanje prometa na raskrižju raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića - sjeverni privoz	34
Slika 37. Brojanje prometa na raskrižju raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića - južni privoz	35
Slika 38. Brojanje prometa na raskrižju raskrižju Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića - istočni privoz	35
Slika 39. Prikaz rekonstruiranog raskrižja na Trgu Mladosti	39
Slika 40. Trajektorije mjerodavnog vozila u programskom alatu AutoTURN za raskrižje na Trgu Mladosti.....	41
Slika 41. Prikaz rekonstruiranog raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetna ulice - Ulice Grgura Karlovčana.....	43

Slika 42. Trajektorije mjerodavnog vozila u programskom alatu AutoTURN za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	44
Slika 43. Prikaz novog signalnog plana za raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste ...	46
Slika 44. Prikaz podvožnjaka kod trgovačkog centra Supernova u Koprivnici	49
Slika 45. Prikaz rekonstruiranog raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića.....	51
Slika 46. Trajektorije mjerodavnog vozila u programskom alatu AutoTURN za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića	52
Slika 47. Simulacija postojećeg stanja raskrižja na Trgu Mladosti	55
Slika 48. Simulacija prijedloga rješenja za raskrižje na Trgu Mladosti	55
Slika 49. Grafički prikaz ocjena privoza i cijelog raskrižja na Trgu Mladosti.....	57
Slika 50. Simulacija postojećeg stanja raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	58
Slika 51. Simulacija prijedloga rješenja za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana.....	59
Slika 52. Grafički prikaz ocjena privoza i cijelog raskrižja Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	60
Slika 53. Simulacija postojećeg stanja na raskrižju Zagrebačku ulice i Varaždinske ceste	61
Slika 54. Simulacije prijedloga rješenja za raskrižje Zagrebačke ceste i Varaždinske ulice...	62
Slika 55. Grafički prikaz ocjena traka, privoza i cijelog Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste	64
Slika 56. Simulacija postojećeg stanja raskrižja Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića	65
Slika 57. Simulacija prijedloga rješenja za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića	66
Slika 58. Grafički prikaz ocjena trakova i privoza za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića.....	67

Popis tablica

Tablica 1. Broj prometnih nesreća na području grada Koprivnice	37
Tablica 2. Broj prometnih nesreća na odabranim raskrižjima	37

Tablica 3. Tablica trajanja zaštitnih međuvremena	47
Tablica 4. Određivanje razine usluge prema prosječnom vremenu kašnjenja.....	54
Tablica 5. Izlazni podaci postojećeg stanja za raskrižje na Trgu Mladosti	55
Tablica 6. Izlazni podaci prijedloga rješenja za raskrižje na Trgu Mladosti	56
Tablica 7. Izlazni podaci postojećeg stanja za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	58
Tablica 8. Izlazni podaci prijedloga rješenja za raskrižje Ulice Antuna Mihanovića - Cvjetne ulice - Ulice Grgura Karlovčana	59
Tablica 9. Izlazni podaci postojećeg stanja za raskrižje Zagrebačke ulice i Varaždinske ceste	61
Tablica 10. Izlazni podaci prijedloga rješenja raskrižja Zagrebačke ceste i Varaždinske ulice	62
Tablica 11. Izlazni podaci postojećeg stanja za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića.....	65
Tablica 12. Izlazni podaci postojećeg stanja za raskrižje Kolodvorske ulice i Ulice Ivana Meštrovića.....	66

Popis grafova

Grafikon 1. Ukupan broj vozila i pješaka/biciklista za svaki privoz na raskrižju Trg Mladosti	26
Grafikon 2. Ukupan broj vozila i pješaka/biciklista za svaki privoz na raskrižju Ulica Antuna Nemčića - Cvjetna ulica - Ulica Grgura Karlovčana	29
Grafikon 3. Ukupan broj vozila i pješaka/biciklista za svaki privoz na raskrižju Zagrebačka ulica - Varaždinska cesta	31
Grafikon 4. Ukupan broj vozila i pješaka/biciklista za svaki privoz na raskrižju Zagrebačka ulica - Pavelinska ulica - Ivanjska cesta	34
Grafikon 5. Ukupan broj vozila i pješaka/biciklista za svaki privoz na raskrižju	36

Popis priloga

Prilog 1.....	77
Prilog 2.....	78
Prilog 3.....	79

Prilog 1.

Prijedlog poboljšanja raskrižja na Trgu Mladosti

Prilog 2.

Prijedlog poboljšanja raskrižja Ulice Antuna Mihanovića – Cvjetne ulice – Ulice Grgura
Karlovčana

Prilog 3.

Prijedlog poboljšanja raskrižja Klodvorske ulice – Ulice Ivana Meštrovića