

Idejno rješenje nove regulacije i organizacije prometnih tokova u gradskoj četvrti Gornja Dubrava u Gradu Zagrebu

Dolenčić, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:989289>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-15**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Petra Dolencić

**IDEJNO RJEŠENJE NOVE REGULACIJE I
ORGANIZACIJE PROMETNIH TOKOVA U GRADSKOJ
ČETVRTI GORNJA DUBRAVA U GRADU ZAGREBU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**IDEJNO RJEŠENJE NOVE REGULACIJE I ORGANIZACIJE
PROMETNIH TOKOVA U GRADSKOJ ČETVRTI GORNJA
DUBRAVA U GRADU ZAGREBU**

**CONCEPTUAL SOLUTION OF NEW REGULATION AND
ORGANIZATION OF TRAFFIC FLOWS IN GORNJA
DUBRAVA CITY DISTRICT IN THE CITY OF ZAGREB**

Mentor: prof. dr. sc. Grgo Luburić

Student: Petra Dolencić

JMBAG: 0135232550

Zagreb, rujan 2019.

IDEJNO RJEŠENJE NOVE REGULACIJE I ORGANIZACIJE PROMETNIH TOKOVA U GRADSKOJ ČETVRTI GORNJA DUBRAVA U GRADU ZAGREBU

U diplomskom radu analizirano je područje gradske četvrti Gornja Dubrava u Gradu Zagrebu. Definirana je šira i uža zona obuhvata promatranoga područja te je shodno tome napravljena detaljna analiza postojećeg stanja. Istom je analizirana postojeća prometna infrastruktura, odnosno organizacija i regulacija prometnih tokova na predmetnom području. Izvršen je terenski izvid kojim se dobio uvid u postojeće stanje sigurnosti prometa, a ujedno je i izvršeno brojanje prometa kojim se dobila jasnija slika o prometnom opterećenju predmetnog područja. Prikupljanje podataka potrebno je zbog prometnog i urbanističkog planiranja rekonstrukcije postojeće prometne mreže. Temeljem dobivenih podataka predložena je nova regulacija, odnosno organizacija prometnih tokova te su izrađena idejna prometna rješenja kako bi se povećala razina usluge, propusna moć te sigurnost svih sudionika u prometu uz potenciranje razvoja održivog prometovanja.

KLJUČNE RIJEČI: prometni tok; raskrižje; brojanje prometa; idejna prometna rješenja, održiva mobilnost

CONCEPTUAL SOLUTION OF NEW REGULATION AND ORGANIZATION OF TRAFFIC FLOWS IN GORNJA DUBRAVA CITY DISTRICT IN THE CITY OF ZAGREB

The graduate thesis analyzes the area of Gornja Dubrava city district in the City of Zagreb. A wider and narrower coverage area of the observed area was defined and a detailed analysis of the existing situation was made accordingly. The existing transport infrastructure, that is, the organization and regulation of traffic flows in the subject area, was also analyzed. A field survey was conducted to give an insight into the current state of traffic safety, and at the same time a traffic count was made to give a clearer picture of the traffic load of the area. Data collection is required due to traffic and urban planning of the reconstruction of the existing transport network. Based on the obtained data, a new regulation or organization of traffic flows was proposed and conceptual transport solutions were developed in order to increase the level of service, capacity and safety of all road users while enhancing the development of sustainable transport.

KEYWORDS : traffic flow; intersection; traffic counting; conceptual transport solutions, sustainable mobility

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Problematika odvijanja prometnih tokova	3
3.	Definiranje zone obuhvata	9
3.1.	Šira zona obuhvata	11
3.2.	Uža zona obuhvata	13
4.	Analiza postojećeg stanja prometa i infrastrukture.....	15
4.1.	Analiza postojeće prometne infrastrukture.....	15
4.1.1.	Analiza postojeće infrastrukture cestovnog prometa	16
4.1.1.1.	Raskrižje 1.....	16
4.1.1.2.	Raskrižje 2.....	17
4.1.1.3.	Raskrižje 3.....	18
4.1.2.	Analiza postojeće infrastrukture nemotoriziranog prometa.....	19
4.2.	Analiza organizacije i regulacije prometnih tokova.....	20
4.3.	Analiza prometnih tokova	22
4.4.	Analiza sigurnosti prometa.....	30
4.4.1.	Analiza prometnih nesreća na području obuhvata	30
4.4.2.	Analiza potencijalno opasnih mjesta na području obuhvata	32
4.5.	Analiza postojećeg sustava prijevoza putnika u javnom prijevozu.....	41
5.	Prijedlozi idejnih rješenja nove regulacije prometnih tokova.....	43
5.1.	Raskrižje 1	43
5.2.	Raskrižje 2	45
5.3.	Raskrižje 3	48
6.	Evaluacija predloženih rješenja.....	49
6.1.	Proračun propusne moći nesemaforiziranog raskrižja	49
6.1.1.	Prioriteti prometnih tokova	50
6.1.2.	Konfliktni prometni tokovi	51
6.1.3.	Kritične vremenske praznine i vrijeme slijeđenja.....	52
6.1.4.	Potencijalni kapacitet (idealna propusna moć)	54
6.1.5.	Realni kapacitet.....	55
6.1.6.	Kapacitet zajedničkih trakova	57

6.1.7.	Duljina repa čekanja.....	58
6.1.8.	Prosječno vrijeme kašnjenja.....	58
6.1.9.	Razina usluge nesemaforiziranog raskrižja.....	59
6.2.	Proračun propusne moći raskrižja s kružnim tokom prometa.....	60
6.2.1.	Izračun intenziteta pojedinog manevra i prometnog opterećenja	61
6.2.2.	Konfliktni prometni tokovi	62
6.2.3.	Propusna moć ulaznog dijela privoza	63
6.2.4.	Realni kapacitet ulaza	64
6.2.5.	Stupanj zasićenja.....	64
6.2.6.	Duljina nakupljanja vozila	65
6.2.7.	Prosječno vrijeme kašnjenja privoza.....	65
6.2.8.	Razina usluge kružnog raskrižja	66
6.3.	Prikaz evaluacijskih parametara	66
6.3.1.	Raskrižje 1.....	67
6.3.2.	Raskrižje 2.....	67
6.3.3.	Raskrižje 3.....	69
7.	Zaključak.....	70
	Literatura.....	72
	Popis slika	73
	Popis tablica	75
	Prilog 1. Idejno prometno rješenje raskrižja Ulica Klin, Krotovica i Novoselski odvojak X. u Gradu Zagrebu	76
	Prilog 2. Idejno prometno rješenje raskrižja Ulica Klin, Vinak Žganeca i Trnovčica u Gradu Zagrebu	77
	Prilog 3. Idejno prometno rješenje raskrižja Ulice Mate Lovraka i sjevernog privoza istoimene ulice	78
	Prilog 4. Europski standard EN 12767.....	79

1. UVOD

Razvojem gradova i povećanjem stupnja motorizacije javlja se sve veća potreba za pametnim prometnim rješenjima koja imaju za cilj racionalno, ekonomsko, ekološko i društveno prihvatljivo optimiziranje prometnog sustava u cjelini. Strateško planiranje podrazumijeva da se temeljem analize postojećeg stanja definiraju ciljevi i mjere poboljšanja. Cilj prometnog planiranja leži u povećanju sigurnosti prometa, poboljšanju regulacije i organizacije prometnih tokova svih oblika prijevoza, smanjenju troškova prometnog sustava, smanjenju negativnih prometnih učinaka te ujednačavanju prometne ponude i potražnje. Loše planiranje može dovesti do zagušenja prometa, smanjenja sigurnosti svih sudionika u prometu, negativnog utjecaja na okoliš.

Iz dana u dan povećava se svjesnost o negativnom utjecaju visokog stupnja motorizacije u gradovima čija je posljedica negativnog ekonomskog, ekološkog, zdravstvenog i društvenog karaktera. Upravo zbog toga zadnjih se godina posvećuje velika pozornost razvoju održive mobilnosti u gradovima. Održiva mobilnost ima za cilj povećanje pristupačnosti odredišta, povećanje sigurnosti prometa, povećanje ekološke kvalitete smanjenjem emisije stakleničkih plinova i potrošnje fosilnih goriva, povećanje atraktivnosti urbanih gradskih prostora te sveopće povećanje zdravlja i kvalitete života pojedinaca koji borave na tom prostoru.

Popisom stanovništva iz 2011. godine utvrđeno je da gradska četvrt Gornja Dubrava broji gotovo 62 000 stanovnika te ju to čini trećom gradskom četvrti po broju stanovnika u Gradu Zagrebu. Slijedom navedenog, može se zaključiti da je prometno opterećenje gradske četvrti Gornja Dubrava proporcionalno gustoći stanovnika na predmetnom području Grada Zagreba. Detaljnim uvidom u samu četvrt, posebno se ističe ulica Klin koja se nalazi u mjesnom odboru Studentski grad. Navedena ulica poprilično je opterećena iz razloga što se na predmetnog području nalaze veliki atraktori poput osnovne i srednje škole, dječjeg vrtića, sportske dvorane te poslovnih i gospodarskih objekata koji kreiraju relativno veliko prometno opterećenje teškim teretnim vozilima. Složenost i loša izvedba prometnih raskrižja, nedostatak pješačkih prijelaza te nedostatak infrastrukture nemotoriziranog oblika prijevoza, samo su neki od čvrstih argumenata za potrebu rekonstrukcije i optimizacije prometnog sustava na predmetnom području.

Ovaj diplomski rad na temu "Idejno rješenje nove regulacije i organizacije prometnih tokova u gradskoj četvrti Gornja Dubrava u Gradu Zagrebu" ima za cilj detaljno analizirati

postojeće stanje prometnog sustava na predmetnom području, ukazati na njegove probleme i nedostatke te kvalitetnim prometnim rješenjima ponuditi optimalnu prometnu situaciju s obzirom na sve utvrđene okolnosti. Shodno navedenom ovaj diplomski rad podijelit će se u dvije veće cjeline; u prvoj će se detaljno analizirati postojeće stanje tri raskrižja na predmetnom području, dok će se u drugom dijelu ponuditi idejna prometna rješenja istih.

Diplomski rad se sastoji od sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Problematika odvijanja prometnih tokova
3. Definicija zone obuhvata
4. Analiza postojećeg stanja prometa i infrastrukture
5. Prijedlozi idejnih rješenja nove regulacije prometnih tokova
6. Evaluacija predloženih rješenja
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisana je problematika odvijanja prometnih tokova, odnosi između prometnih tokova, pojmovi konfliktne tokovi i konfliktne točke te su navedeni uzroci smanjenja propusne moći raskrižja. Prikazan je dijagram procesa promjene organizacije prometnih tokova te shematski prikaz različitih vrsta prometnih mreža.

U trećem poglavlju definirana je šira i uža zona obuhvata gradske četvrti Gornja Dubrava u kojoj se nalaze tri predmetna raskrižja.

U četvrtom poglavlju analizirana je postojeća prometna infrastruktura motornog i nemotoriziranog prometa na predmetnim raskrižjima. Proučena je organizacija i regulacija prometnih tokova čime su obuhvaćena potencijalno opasna mjesta na području predmetnih raskrižja.

Peto poglavlje obuhvaća prijedloge rješenja nove regulacije prometnih tokova koja za cilj imaju povećanje sigurnosti svih sudionika u prometu, povećanje preglednosti i vidljivosti, uklanjanje potencijalno opasnih elemenata, bolje prometno – oblikovno vođenje trase ceste te bolje iskorištenje površine.

U šestom poglavlju napravljena je evaluacija predloženih rješenja na osnovu izračuna evaluacijskih parametara koji prikazuju uvjete odvijanja prometnih tokova u raskrižju. Proračun se izvodi na temelju Highway Capacity Manual 2010 (HCM) metodologije.

2. PROBLEMATIKA ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA

Promet je vrlo složena pojava pri kojoj dolazi do mnogih konfliktnih situacija te u cilju povećanja sigurnosti potrebno je provesti brojne mjere poboljšanja kako bi se uklonile potencijalne opasnosti. Cestovni promet, može se promatrati kroz tri podsustava, a to su:

1. Čovjek
2. Vozilo
3. Cesta

S druge strane, opasnost od nastanka prometnih nesreća funkcija je pet čimbenika koji čine sustav:

1. Čovjek
2. Vozilo
3. Cesta
4. Promet na cesti
5. Incidentni čimbenik¹

Osnovni cilj prometa jest da zadovolji prometne potrebe; on mora biti u funkciji razvoja i društveno-ekonomske organizacije u prostoru. Najveća izgradnja prometne mreže javlja se u vrijeme razvoja gradova, međutim, takova izgradnja nije mogla zadovoljiti kasnije uvećane prometne potrebe.²

Do čestih nepotrebnih izmjena u odvijanju prometa dolazi zbog neusklađivanja svih subjekata koji se bave prostornim i prometnim planiranjem, projektiranjem, izgradnjom i rekonstrukcijom prometnica i sl. Valja istaknuti i funkciju prometnice u okviru ukupne mreže gradskih prometnica; bez funkcije ne bi se trebalo pristupiti izgradnji odnosno rekonstrukciji prometnica.³

Problemi u odvijanju prometa predstavljaju svakodnevne zadaće za prometne projektante i planere. Kako bi se pronašla kvalitetna rješenja za optimalno usklađivanje prometnog sustava u širem (na razini države, županija) i užem smislu (gradovi, naselja) potrebno je precizno planirati promet uz odgovarajuće su(financiranje). S obzirom na to da je Hrvatska zemlja u razvoju s uvećanim investicijama u prometni sustav u cjelini, nužna je racionalizacija materijalnih sredstava i pažljivo upravljanje ljudskim i zemljišnim resursima.

¹Luburić, G.: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1- radni materijal za predavanja, Fakultet prometnih znanosti, 2010., str. 3

²Dadić, I., Kos, G.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Skripta, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007.

³Ibid., str 17

Uvriježeno je mišljenje kako se isključivo sveobuhvatnim studijama i dugoročnim rješenjima mogu riješiti prometni problemi u gradovima, međutim, osim toga, iznimno je važno u okviru njihova ostvarenja, naći rješenja koja se s malim sredstvima i u kratkom vremenu mogu realizirati i dati zadovoljavajuće rezultate.⁴

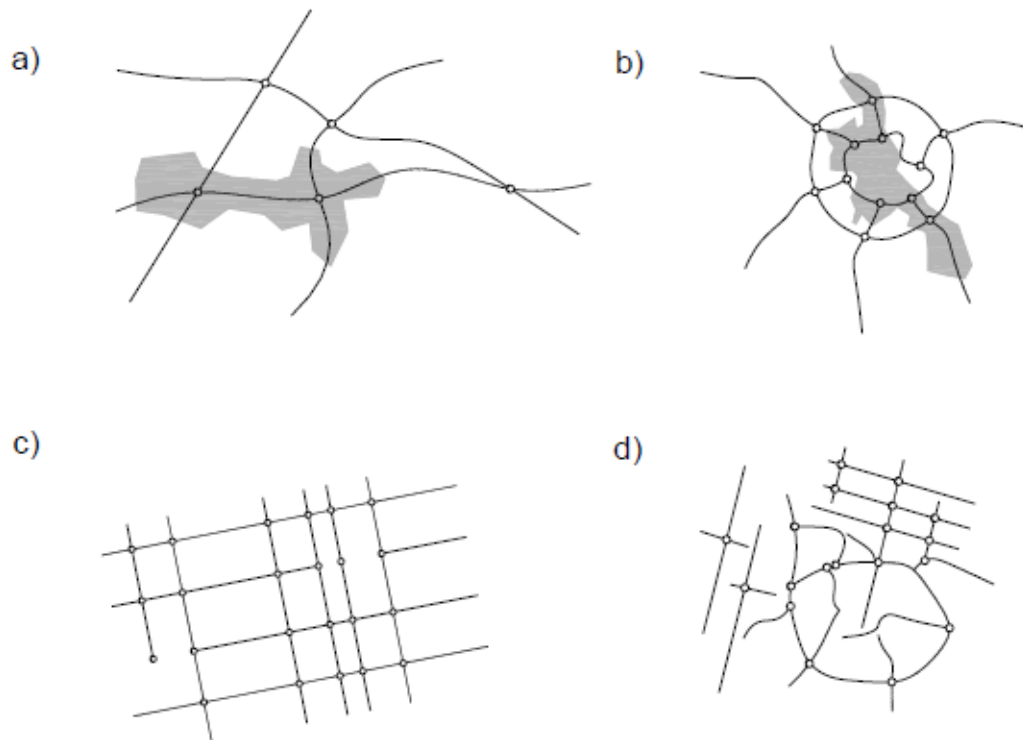
U cilju pravilnog vođenja prometnih tokova sa što manjim problemima u odvijanju cestovnog prometa, potrebno je te iste prometne tokove pojedinačno promatrati. Ako se promatra pojedinačno vozilo odnosno njegovo kretanje, može se ustvrditi da je ono ustvari kretanje vozila na cesti najvećom sigurnosnom brzinom dok nije ometano drugim vozilima na prometnici. Navedeno kretanje je, doduše, ovisno o vozno-dinamičkim karakteristikama vozila, karakteristikama ceste te o klimatskim uvjetima. S druge strane, pod prometnim se tokom podrazumijeva istodobno kretanje dvaju ili više vozila istim putem. Promatrani prometni tok, gledano tlocrtno, može biti linearan (često na dionici autoceste) odnosno lomljen (često u gradovima i urbanim područjima).⁵

Nerijetko se na određenom području nalaze dva ili više prometna toka. Oni mogu biti različiti po smjeru kretanja (izvoru i cilju putovanja), po intenzitetu (broju vozila po toku), po sastavu (osobni automobili, teretna vozila, mješoviti tok) ali i po vremenu u kojem se generiraju (jutarnja vršna i izvanvršna opterećenja, popodnevna vršna i izvanvršna opterećenja te promet noću, radnim danima, vikendom, blagdanima ili sezonski poput ljetnog ili zimskog, odnosno generirani zbog periodičkih i neperiodičkih manifestacija). Prometne mreže su te kojima je razmotreno odvijanje odnosno uvjeti odvijanja među prometnim tokovima.⁶ Slika 1 shematski prikazuje različite vrste prometnih mreža.

⁴ Dadić, I. i suradnici.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014, str.106

⁵ Ibid., str. 106

⁶ Ibid., str. 106



Slika 1. Shematski prikazi različitih vrsta mreža: a) mreža sastavljena od glavne prometnice (arterije) te pomoćnih, b) radijalna mreža urbanog tkiva, c) ortogonalna mreža modernih gradova, d) mreža prometnica modernih naselja oko stare gradske jezgre

Izvor: Dadić, I. i suradnici, Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014

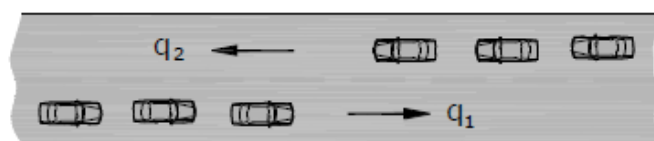
U radu *Teorija i organizacija prometnih tokova* (Dadić, I. i suradnici) naglašava se nužnost interakcije među tokovima u složenim uvjetima (Slika 2). Također, kako bi se uspostavilo optimalno odvijanje prometa potrebno je uočiti odnose između tokova, a korist od takvog rješavanja odvijanja prometa u gradovima je višestruka; prije svega se to odnosi na smanjenje prometnih nesreća, povećanje propusne moći raskrižja odnosno prometne mreže, kao i smanjenje brzine kretanja, smanjenje negativnog utjecaja na okoliš, smanjenje potrebnih investicija u infrastrukturu te smanjenje troškova u eksploataciji vozila individualnog javnog gradskog prometa.⁷

U istom radu također se navode i uzroci smanjene propusne moći koji leže u odnosima između prometnih tokova. Kao moguće značajne čimbenike koji povoljno utječu na povećanje propusne moći navodi se smanjenja nepotrebnih presijecanja prometnih tokova.⁸

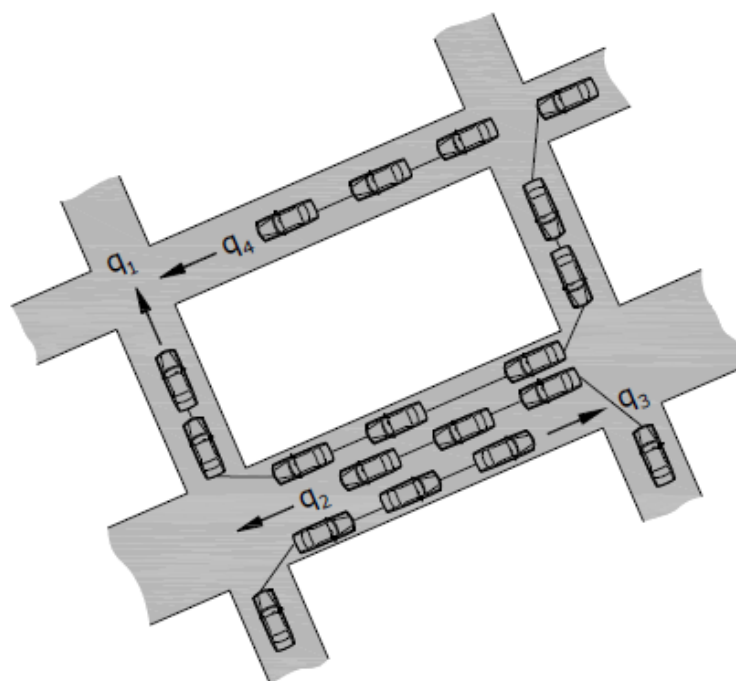
⁷ Dadić, I. i suradnici, Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014, str.107

⁸ Ibid., str. 107

a)



b)



Slika 2. Shematski prikaz prometnog toka: a) na izoliranoj dionici i b) u urbanim dijelovima prometne mreže

Izvor: Dadić, I. i suradnici, Teorija i organizacija prometnih tokova

Nepotrebna presijecanja tokova na prometnoj mreži najčešće se događaju na križanjima, a najčešći uzrok im je organiziranost i usmjerenje u mreži. Iz tog razloga nužno je detaljno izučiti postojeće stanje i sagledati moguće izmjene organiziranosti prometnih tokova, a zatim i primijeniti postupak izmjene organiziranosti prometnih tokova. Također je nužno izvršiti prognozu rasta i odvijanja prometnih tokova.⁹

⁹ Dadić, I. i suradnici, Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014, str.109

Prethodno spomenuti odnosi među prometnim tokovima iznimno su složeni u urbanim dijelovima prometne mreže pa se stoga treba težiti da se sa što manje pokazatelja opišu što točnije, a svrstani su u sljedeće kategorije:

- mimoilaženje
- presijecanje
- preplitanje
- ulijevanje
- odlijevanje.¹⁰

Nadalje, ukoliko se analiziraju problemi odnosa između prometnih tokova, uočava se da se između istih događaju konflikti koji su posljedica prirode odvijanja prometa. Spomenuti konflikt se, ako se pod prometnim tokom podrazumijeva jedno ili više paralelnih jednoniznih kretanja između kojih nema miješanja, može shvatiti kao odnos prometnih tokova u konfliktnim točkama na raskrižju koje se određuju kao:

- točke presijecanja
- točke ulijevanja i
- točke izlijevanja¹¹

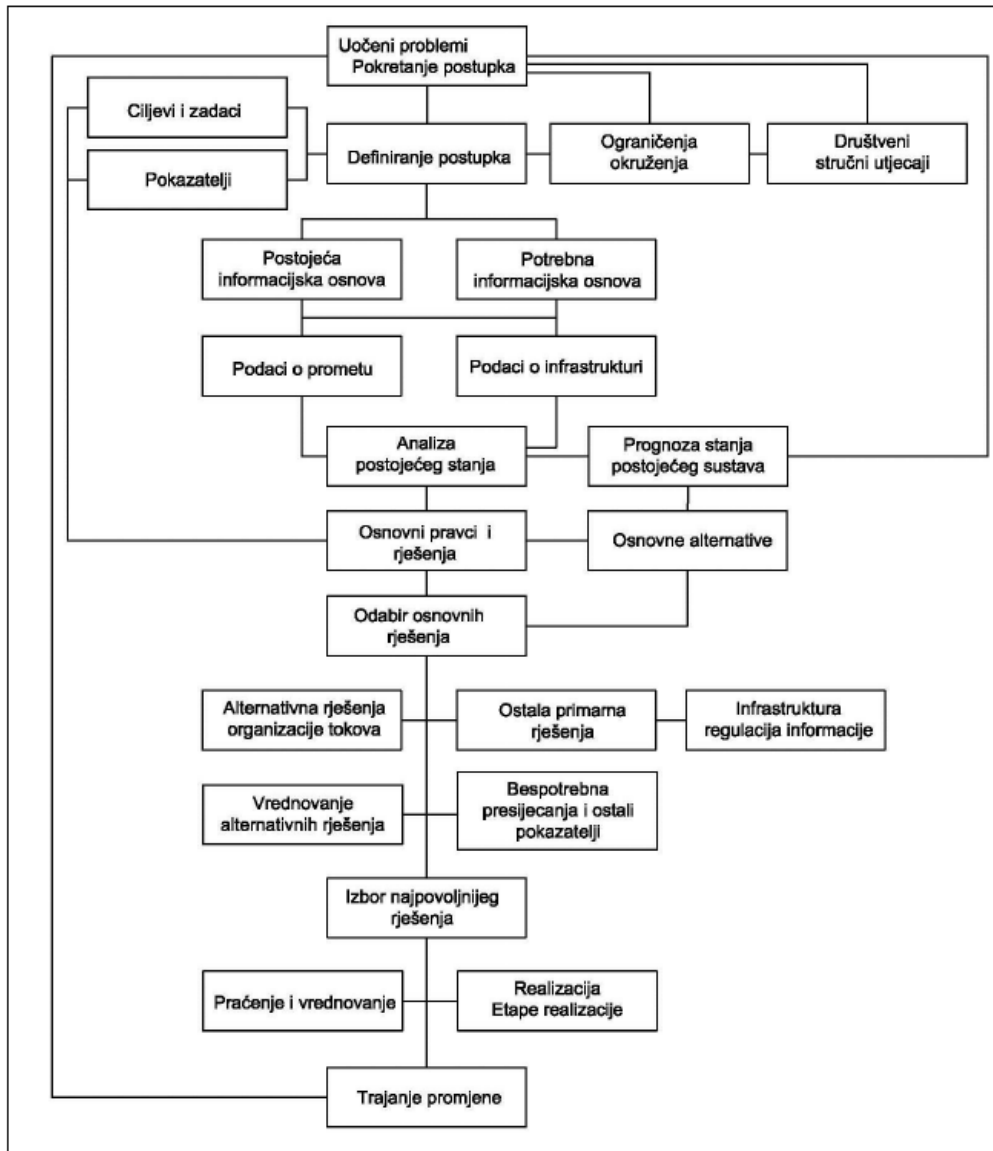
Uz navedeno, broj konfliktnih točaka ovisi o brojnim faktorima kao npr.:

- veličina prometne mreže i broj i tip raskrižja u njoj,
- način regulacije prometa i restrikcije u prometu (jednosmjerne ulice, zabrane, obaveze i drugo),
- broj i tip deniveliranih raskrižja¹²

¹⁰ Dadić, I. i suradnici,: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014, str.107

¹¹ Ibid., str. 37

¹² Ibid., str. 37



Slika 3. Blok dijagram procesa promjene organizacije prometnih tokova

Izvor: Dadić, I. i suradnici, Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014

Kako bi se kreirao što veći broj realnih optimalnih rješenja organizacije prometnih tokova u mreži, nužno je smanjiti broj bespotrebnih presijecanja prometnih tokova, a takvo smanjenje potrebno je manifestirati prvenstveno na raskrižjima. Na slici 3 nalazi se blok dijagram koji prikazuje orijentacijski tok odvijanja procesa organizacije prometnih tokova.

*„Spoznaja o bespotrebnim presijecanjima posebno je značajna zbog toga što omogućava da se, iz mnoštva mogućih rješenja organizacije usmjerenja prometnih tokova, odabere samo nekoliko, od kojih se detaljnijim izučavanjem dobije optimalno rješenje“*¹³

¹³ Dadić, I. i suradnici, Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014, str.11

3. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA

Analiza postojećeg stanja provodi se u okvirima zone obuhvata stoga je ispravno definiranje zone obuhvata jedan od bitnijih procesa u kreiranju optimalnog prometnog rješenja. Kako bi se kreirala idejna prometna rješenja, zona obuhvata podijeljena je na dva dijela, širu zonu obuhvata i užu zonu obuhvata (određene mikro lokacije). Šira zona obuhvata obuhvaća cjelokupnu cestovnu prometnu mrežu gradske četvrti Gornja Dubrava na koju će implementacija idejnih prometnih rješenja imati indirektan utjecaj, npr. povećanje razine usluge, povećanje sigurnosti itd.

Gradska četvrt Gornja Dubrava jedna je od sedamnaest gradskih četvrti u samoupravnom ustrojstvu Grada Zagreba. Gornja Dubrava je po Popisu stanovništva 2011. godine imala 61.841 stanovnika, što predstavlja 7,83% od ukupnog broja stanovnika Grada Zagreba, odnosno 1,44% od ukupnog broja stanovnika Hrvatske. Prostire se na 40,27 km² te obuhvaća sjeveroistočni dio grada Zagreba i dio naselja gradskog karaktera Sesvete (nekadašnje samostalno naselje Dubec). Smještena je između Gradske četvrti Donja Dubrava na jugu, Maksimira na zapadu, Podsljemena na sjeverozapadu te Sesveta na sjeveroistoku i istoku. Na sjevernom, podsljemenskom dijelu toga prostora stoljećima egzistiraju do prije tridesetak godina samostalna naselja poput Čučerja, Oporovca, Branovca, Jalševca, Čugovca, Dankovca, Miroševca, Novaka, Novoselca i Granešine.¹⁴

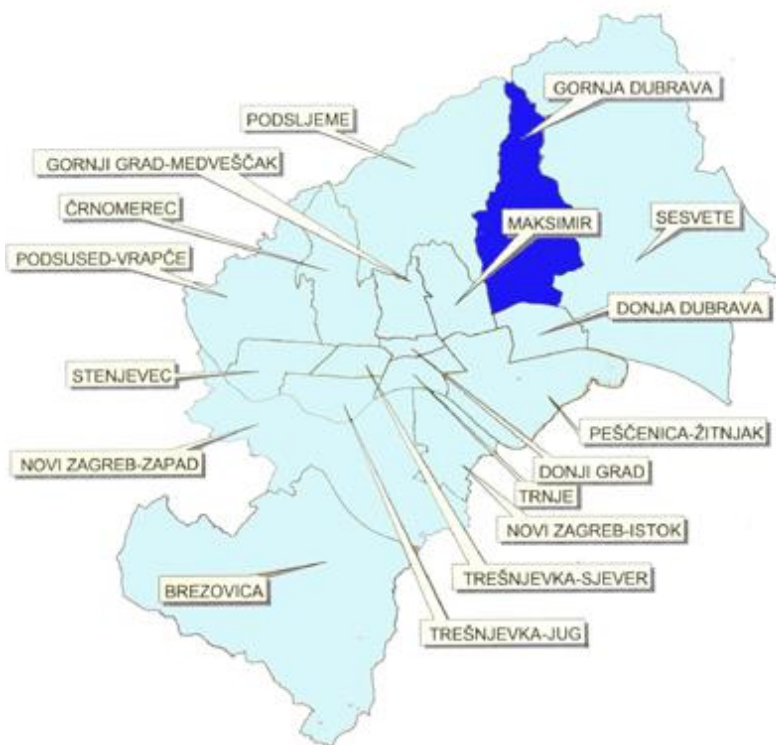
Područje Četvrti izrazito je izduženo u pravcu sjever-jug i reljefno vrlo raznoliko. Najveći dio prostora zauzimaju obronci Medvednice, ispresijecani dolinama podsljemenskih potoka Trnava, Čučerska Reka i Branovec. Tim se dolinama protežu najvažnije prometnice ovoga dijela grada: Miroševečka cesta na zapadnom, Sunekova ulica i Čučerska cesta na središnjem te Novoselečki put i Branovečka cesta na istočnom dijelu prostora. Najjužnija petina područja izrazito je nizinska, a nešto veći dio područja na krajnjem sjeveru, koji pripada prostoru Parka prirode Medvednica, ima izrazita obilježja brdskog krajobraza.¹⁵

Više od tri četvrtine stanovnika koncentrirano je na najjužnijoj petini područja četvrti. Zanimljivo je da taj prostor još tridesetih godina prošloga stoljeća praktički nije bio nastanjen, a velikim je dijelom bio prekriven hrastovom šumom (otuda mu i ime Dubrava). Danas je to područje guste stambene gradnje, većim dijelom individualne, ali i kolektivne, ponajprije uz

¹⁴ <https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/>, pristupljeno: 30.05.2019.

¹⁵ Ibid.

ulicu Dubrava te na područjima bivših mjesnih zajednica Klaka, Studentski grad i Poljanice, isprepletene s raznolikim gospodarskim, mahom uslužnim djelatnostima.¹⁶



Slika 4. Smještaj gradske četvrti Gornja Dubrava

Izvor: <https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/>, 30.05.2019.

¹⁶<https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/>, pristupljeno: 30.05.2019.

3.1. Šira zona obuhvata

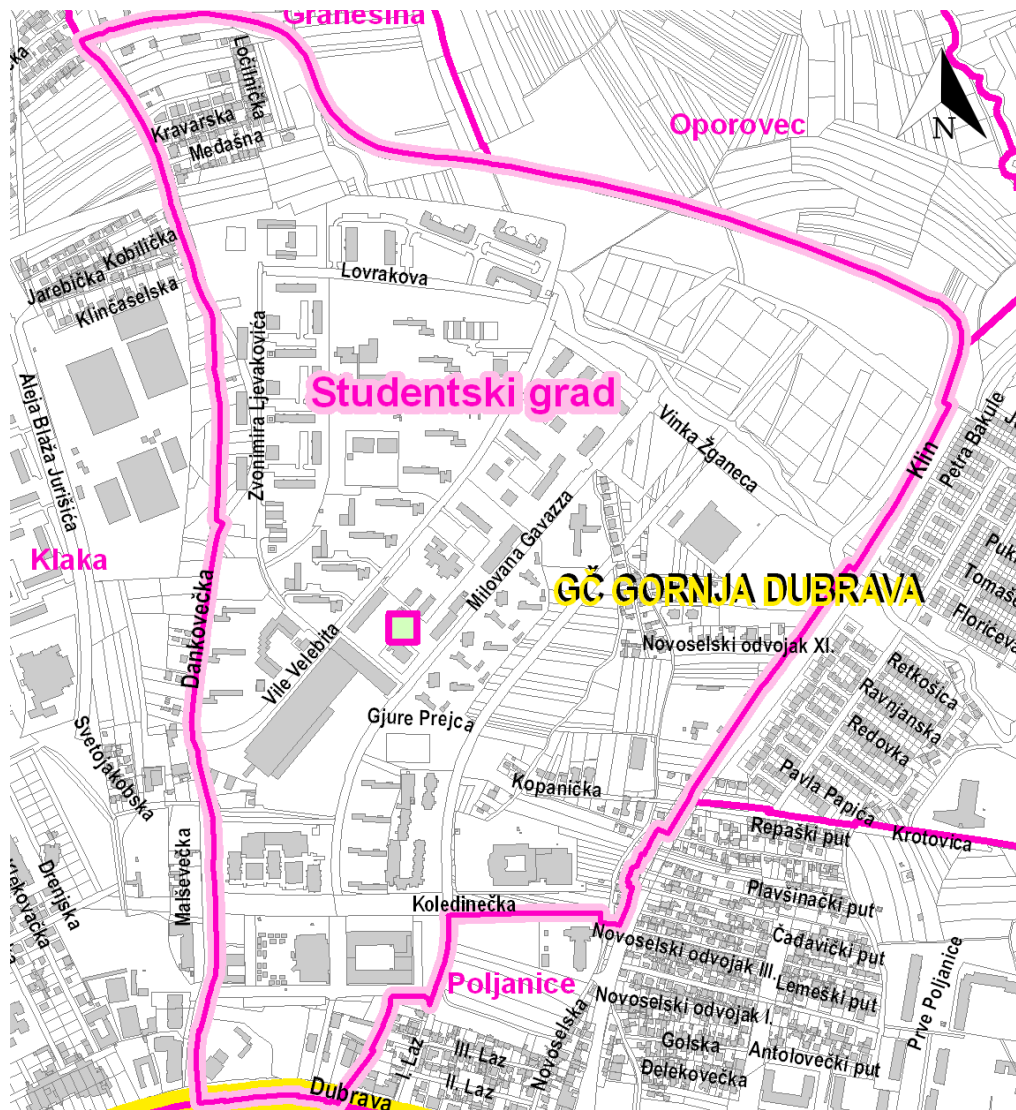
Odabrano predmetno područje nalazi se u sjeveroistočnom dijelu Grada Zagreba. Nalazi se u gradskoj četvrti Gornja Dubrava, u mjesnom odboru Studentski grad. Na slici 5 šira zona obuhvata označena je narančastim pravokutnikom, dok su plavim krugovima označena uža područja obuhvata. Unutar šire zone obuhvata nalaze se tri kritične lokacije koje su ujedno i predmet ovog diplomskog rada. Slika 5 prikazuje širu zonu obuhvata i tri kritične lokacije.



Slika 5. Šira zona obuhvata

Izvor: <https://earth.google.com/web/>, 30.05.2019.

Mjesni odbor Studentski grad omeđen je ulicom Mate Lovraka na sjeveru, ulicom Avenija Dubrava na jugu, ulicom Klin na istoku te Dankovečkom ulicom na zapadu.



Slika 6. Prikaz područja mjesnog odbora Studentski grad

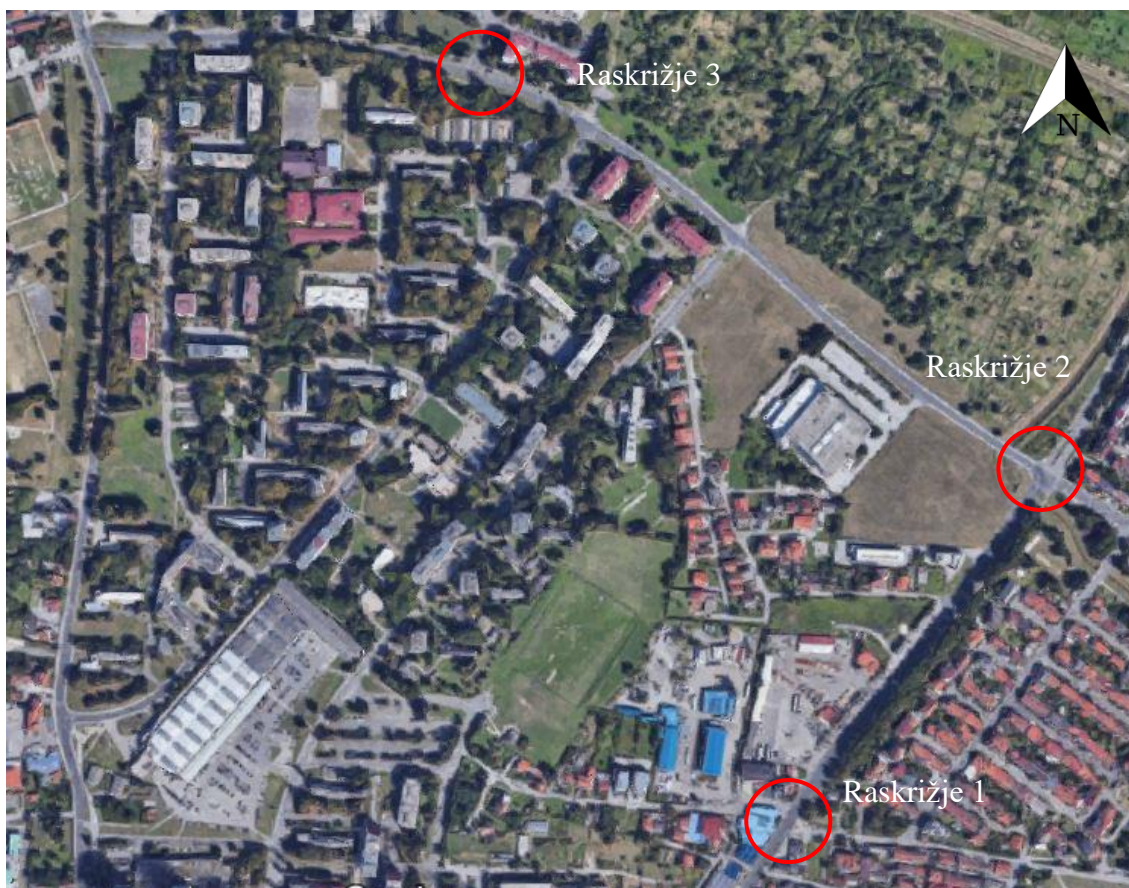
Izvor: <https://www.zagreb.hr/14-mjesni-odbor-studentski-grad/14739>, 30.05.2019.

Predmetno područje obuhvata nalazi se u blizini ulice Avenija Dubrava koja predstavlja granicu između gradskih četvrti Gornja i Donja Dubrava. Ulica Avenija Dubrava je najprometnija ulica u naselju Dubrava.

3.2. Uža zona obuhvata

Analizirana su tri kritična raskrižja na području gradske četvrti Gornja Dubrava koja se nalaze u blizini velikih atraktora putovanja kao što su tvornica Jadran, Osnovna škola Vjenceslava Novaka, Centar za autizam, Dom za starije osobe Dubrava, 12. gimnazija, vatrogasna postaja Dubrava, tržnica Dubrava, McDonald's Dubrava i dr.

Ulica Klin proteže se do raskrižja na kojem se prepliće s ulicom Avenija Dubrava i Čulinečkom ulicom. Obje ulice su poprilično prometne jer upravo te ulice spajaju gradske četvrti Gornja i Donja Dubrava s ostalim Zagrebačkim četvrtima. Ulica Avenija Dubrava u smjeru istoka prema zapadu spaja se na Maksimirsku ulicu, dok ulica Čulinečka u smjeru sjeveroistoka prema jugu vodi prema Ulici Kneza Branimira te Slavonskoj aveniji.

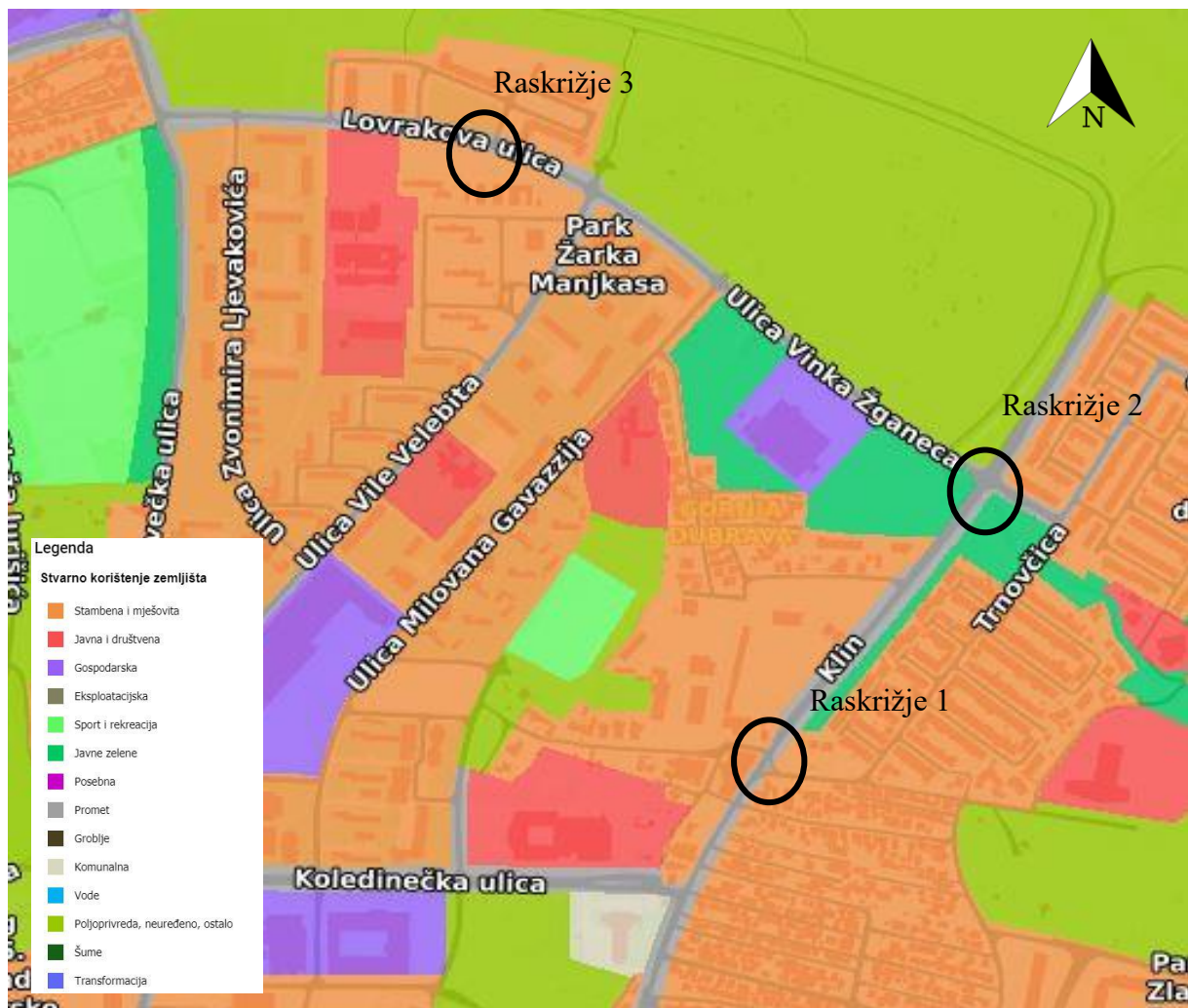


Slika 7. Uža zona obuhvata

Izvor: <https://www.google.com/maps/place/>, 30.05.2019.

Odabrana predmetna područja su 3 nesemaforizirana raskrižja koja su upravljana vertikalnom prometnom signalizacijom. Raskrižje 1, četverokrako nesemaforizirano izmaknuto raskrižje sjecište je Ulica Klin, Krotovica i Novoselski odvojak X. Sjeveroistočno od raskrižja 1, nastavno na Ulicu Klin smješteno je raskrižje 2, klasično četverokrako nesemaforizirano raskrižje u kojem se spajaju Ulice Klin, Trnovčica, odvojak Klin te Ulica Vinka Žganeca. Sjeverozapadno od raskrižja 2, u nastavku Ulice Vinka Žganeca, nalazi se raskrižje 3 u kojem se prepliću prometni tokovi zapadnog i istočnog privoza Ulice Mate Lovraka sa sjevernim privozom istoimene ulice.

Predmetna raskrižja nalaze se uz zemljišta za javnu i društvenu namjenu (crvena boja), gospodarsku namjenu (ljubičasta boja), sportsko rekreacijsku namjenu (zeleno) i stambenu namjenu (narančasta boja).



Slika 8. Prikaz namjene površina u užoj zoni obuhvata

Izvor: <https://geoportal.zagreb.hr/karta>, 18.08.2019.

4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA PROMETA I INFRASTRUKTURE

Analiza postojećeg stanja je analiza svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnog procesa na širem području obuhvata studije. Analiza postojeće situacije nekog zatvorenog prometnog sustava bitna je kako bi se dobio uvid u stvarno trenutno stanje na prometnicama, neovisno o tome obavlja li se samo korekcija postojećeg sustava ili se planiraju neki veći investicijski zahvati.¹⁷

Analizom postojećeg stanja u prometu može se vrlo lako uočiti, promatranjem ili mjerenjima, gdje se javljaju zastoji i poteškoće u odvijanju prometa. Time se dolazi do identifikacije kritičnih mjesta koja treba sanirati. Saniranjem takvog mjesta ili više mjesta često se kao rezultat dobiju nova “uska grla” u prometu. Ovakvi primjeri su rezultat izoliranog promatranja odvijanja prometnih tokova na jednom raskrižju. Rekonstrukcije u cilju otklanjanja uskih grla u prometu mogu se javljati na različitim dijelovima mreže, a najčešće se javljaju na raskrižjima. Međutim, ovakvim se pristupom ne mogu i ne smiju rješavati problemi odvijanja prometa u mreži ulica. Manje rekonstrukcije mogu dati dobre rezultate samo onda ako se sagledavaju u okvirima ukupne organizacije prometa u mreži ulica. Ovakav pristup omogućuje, uz minimalne investicije, optimalno korištenje postojeće mreže.¹⁸

4.1. Analiza postojeće prometne infrastrukture

Analiza prometne infrastrukture gradske četvrti Gornja Dubrava provedena je s ciljem ocjenjivanja prometne mreže postojećeg stanja te njenih osnovnih karakteristika.

S ciljem dobivanja boljih informacija o prometnoj infrastrukturi analiza iste je provedena prema načinu prometovanja kroz:

- Analizu infrastrukture cestovnog prometa
- Analizu infrastrukture nemotoriziranog prometa

¹⁷ Prometno tehnološko projektiranje, nastavni materijali, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2018/2019, str. 27

¹⁸ Dadić, I., Kos, G.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Skripta, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007., str. 8

4.1.1. Analiza postojeće infrastrukture cestovnog prometa

Analizom postojeće infrastrukture cestovnog prometa utvrđeno je da ceste koje se isprepliću na predmetnim raskrižjima spadaju pod nerazvrstane ceste.

4.1.1.1. Raskrižje 1

Postojeće raskrižje izvedeno je kao izmaknuto četverokrako raskrižje s trokutastim zaštitnim deniveliranim otokom na istočnom privozu. Širina ulaznog traka iznosi 4 m, dok širina izlaznog traka u Ulici Krotovica iznosi 5,5 m. U Ulici Klin širine prometnih trakova iznose 4,5 m, a nakon 30 m od raskrižja u smjeru sjevera (prema raskrižju 2) isti se širi na 6 m. Širina privoza u ulici Novoselski odvojak X iznosi 7,5 m. Postojeće stanje navedenog raskrižja prikazano je na slici 9.



Slika 9. Prikaz postojećeg stanja raskrižja 1

Na navedenom raskrižju uočeno je više nedostataka. Kao prvi nedostatak nameće se loša preglednost na sporednim privozima čime se, uz nejasnu regulaciju prometnih tokova u raskrižju narušava sigurnost prometa, budući da se vozila sa sporednog privoza ne mogu na siguran način uključiti na glavni prometni tok. Nadalje, velika širina prometnih trakova omogućava ostvarivanje velikih brzina vožnje čime se dodatno može narušiti sigurnost, kako motornog, tako i nemotoriziranog prometa. Također, na raskrižju je uočen veći broj potencijalno opasnih elemenata koji se nalaze neposredno uz rub ceste (kao što su kruti elementi: zidovi kuća, kamene ili betonske ograde; stabla; stupovi javne rasvjete). Uz navedeno, uočen je i nedostatak infrastrukture nemotoriziranog prometa, čime je sigurnost istog značajno ugrožena.

4.1.1.2. Raskrižje 2

Postojeće raskrižje je izvedeno kao četverokrako nesemaforizirano raskrižje. Širina ulaznog i izlaznog traka iznosi 6 m u Ulici Klin, 4,5 m u ulici Trnovčica te 3,5 m u Ulici Vinka Žganeca. Prometni trakovi su velike širine te omogućavaju vozačima ostvarivanje velikih brzina, što ugrožava sigurnost sudionika u prometu. S obzirom na to da je raskrižje nesemaforizirano, vertikalnom signalizacijom je određena prednost prolaska kroz raskrižje. Glavni pravac kretanja je iz ulice Klin prema ulici Trnovčica, odnosno iz ulice Trnovčica u ulicu Klin. Ulica Vinka Žganeca i odvojak Klin su sporedne ulice.

Jedan od problema raskrižja je to što se na raskrižju stvaraju repovi čekanja u jutarnjim i popodnevnim vršnim satima zbog toga što većina vozila ne prati putanju kretanja glavnog smjera ceste, stoga se moraju zaustaviti prije ulaska u raskrižje i propustiti vozila koja se kreću po glavnom smjeru. Upravo to utječe na smanjenu sigurnost prilikom prolaska kroz raskrižje. Također je smanjena razina sigurnosti zbog toga što je u odvojkju Klin betonskom ogradom „New Jersey“ zatvoren izlazni trak, pa vozila koja žele ući u odvojak Klin moraju propustiti sva vozila, jedino vozila koja dolaze iz ulice Trnovčica mogu neometano skrenuti desno u odvojak Klin. Zbog svega navedenog, jasno je da je na navedenom raskrižju, sigurnost svih sudionika u prometu ugrožena.

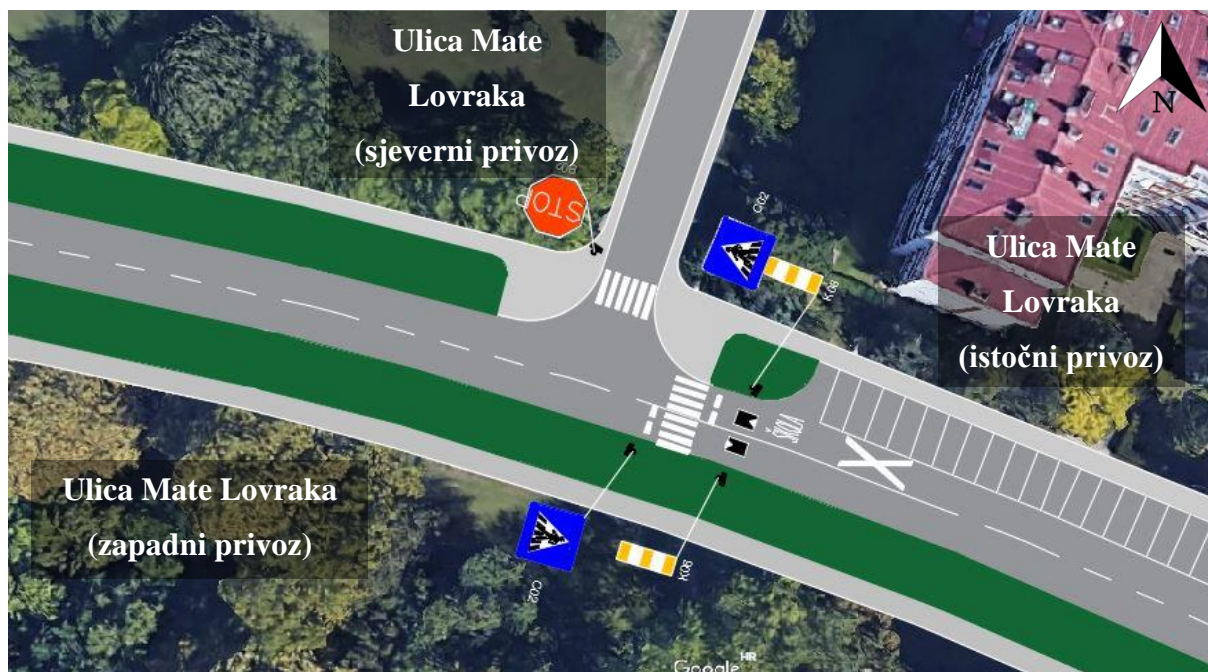


Slika 10. Prikaz postojećeg stanja raskrižja 2

Raskrižjem prolazi autobusna linija 223 koja prometuje na relaciji od terminala Dubrava do terminala Dubec i obrnuto. U Ulici Trnovčica, nalaze se dva autobusna stajališta linije 223 te su u neposrednoj blizini samog raskrižja, što ima nepovoljni utjecaj na sigurnost odvijanja prometnog toka i sigurnost pješaka.

4.1.1.3. Raskrižje 3

Postojeće raskrižje izvedeno je kao trokrako nesemaforizirano raskrižje upravljano vertikalnom prometnom signalizacijom. Širine prometnih trakova u Ulici Mate Lovraka iznose 3,5 m na dionici istok – zapad, dok na sjevernom privozu istoimene ulice iznose 3 m, kao što je prikazano na slici 11.



Slika 11. Prikaz postojećeg stanja raskrižja 3

Na navedenom raskrižju utvrđene su širine prometnih trakova 3,5 m koje mogu potaknuti vozače na vožnju većim brzinama od dopuštene (ograničenje brzine unutar zone navedenog raskrižja iznosi 40 km/h). S obzirom na to da se unutar zone navedenog raskrižja nalaze edukacijsko-rekreacijske odnosno obrazovne ustanove (škola, vrtić i sl.), iste predstavljaju velike atraktore pješačkog prometa, čime je potencijalno ugrožena sigurnost pješaka (uglavnom djece), posebice u noćnim satima.

4.1.2. Analiza postojeće infrastrukture nemotoriziranog prometa

Pješački i biciklistički promet spadaju u posebnu kategoriju prometa, dva vida nemotoriziranog prometa koji u uvjetima suvremenog odvijanja prometa zauzimaju izdvojeno mjesto. Pored izravnog značenja za odvijanje pješačkog prometa, pješačke zone imaju veliku ulogu i na podizanju kvalitete organizacije prometnih tokova na širem prostoru grada.¹⁹

Infrastruktura pješačkog prometa je na predmetnom području obuhvata velikim dijelom nepotpuna, nepostojeća ili u lošem stanju s brojnim oštećenjima rubnjaka, nosivim površinama nogostupa i bez pravilno projektiranih elemenata za savladavanje visinske razlike

¹⁹ Prometno tehnološko projektiranje, nastavni materijali, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2018/2019, str. 44

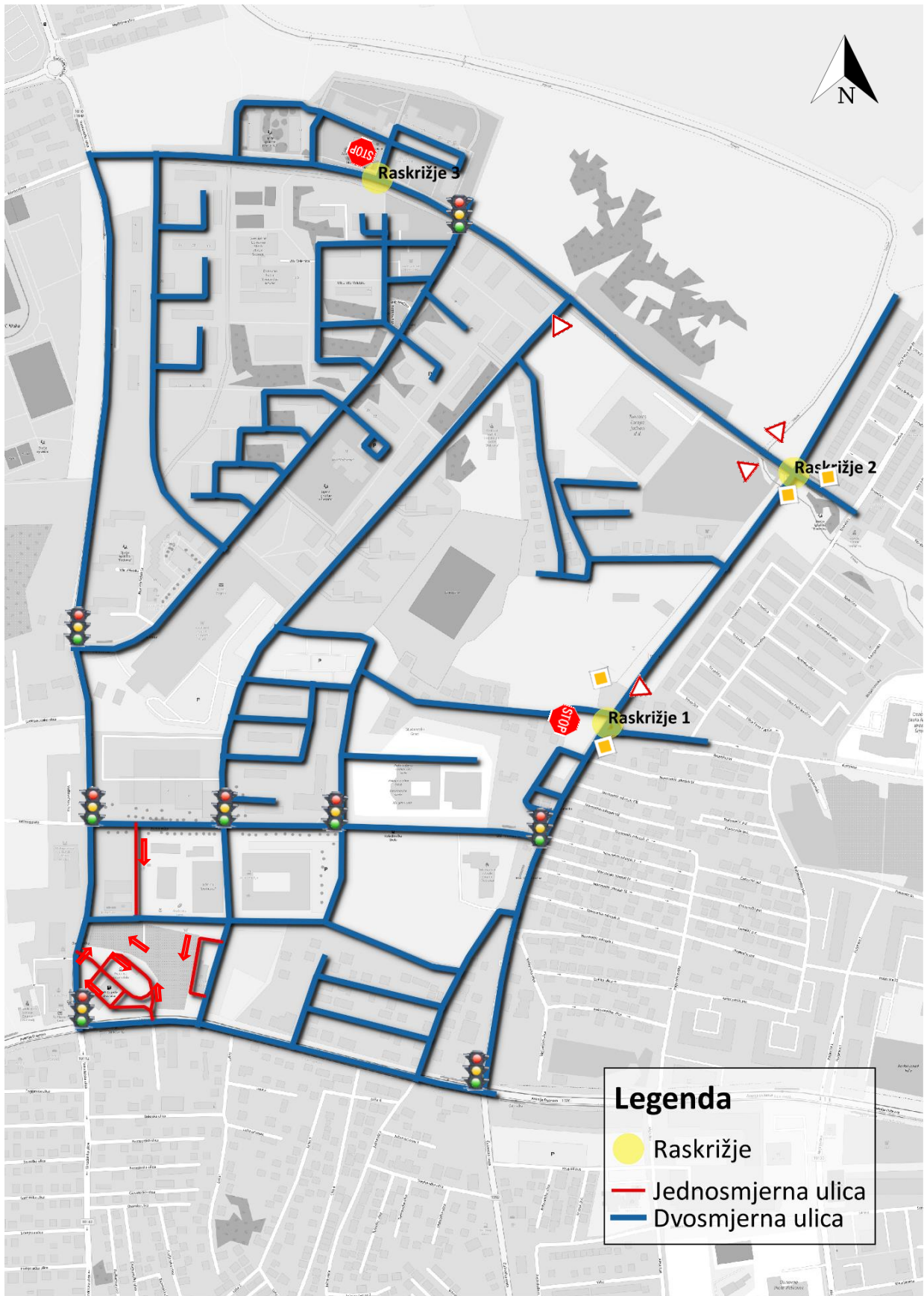
između nogostupa i kolnika. Analizom stanja na terenu utvrđene su ulice bez nogostupa s obje strane kolnika, kao i ulice u potpunosti bez adekvatnih pješačkih površina. Utvrđeno je da su pješaci na nekim dijelovima primorani kretati se zemljanim bankinama uz kolnik što znatno umanjuje sigurnost i atraktivnost pješačkog prometa.

Analizom postojeće infrastrukture biciklističkog prometa ustanovljeno je da na predmetnom području obuhvata nema izgrađenih odnosno obilježenih biciklističkih staza ili trakova. Predmetno područje zbog svoje relativno dobro uklopljene površine (dosta slobodnog prostora; zelene površine) predstavlja idealno mjesto za potenciranje održivih oblika prijevoza (pješačenje, biciklizam) što bi u krajnjoj mjeri rezultiralo izravnim i neizravnim pozitivnim čimbenicima.

4.2. Analiza organizacije i regulacije prometnih tokova

S ciljem dobivanja što šire slike o načinu odvijanja prometa, ali i određivanja budućeg stanja prometa u mjesnom odboru Studentski grad, potrebno je provesti analizu organizacije i regulacije cestovnih prometnih tokova.

U postojećem stanju, u mjesnom odboru Studentski grad, promet je na glavnim mjesnim ulicama organiziran dvosmjerno dok je dio sabirnih ulica organiziran jednosmjerno. Postojeća organizacija važnijih prometnih tokova u zoni obuhvata prikazana je na slici 12.



Slika 12. Organizacija i regulacija prometnih tokova prema postojećem stanju u zoni obuhvata

4.3. Analiza prometnih tokova

Analiza prometnih tokova predstavlja jednu od osnovnih analiza u sklopu analize postojećeg stanja. Ista se temelji na ručnom brojanju prometa na ključnim raskrižjima predmetnog područja.

Brojanje prometa osnovica je za planiranje prometa. Njime se dobiva uvid u trenutno stanje prometa te podaci koji upućuju na potrebne rekonstrukcije, izgradnju novih prometnih pravaca ili na ostale mjere poboljšanja postojećeg i budućeg prometa. Brojanje prometa, odnosno prikupljanje podataka o prometu potrebno je radi:

- Prometnog i urbanističkog planiranja
- Planiranja perspektivne prometne mreže nekog većeg područja ili oblikovanja nekog prometnog čvora
- Eventualne rekonstrukcije postojeće prometne mreže i izgradnje novih prometnih pravaca²⁰

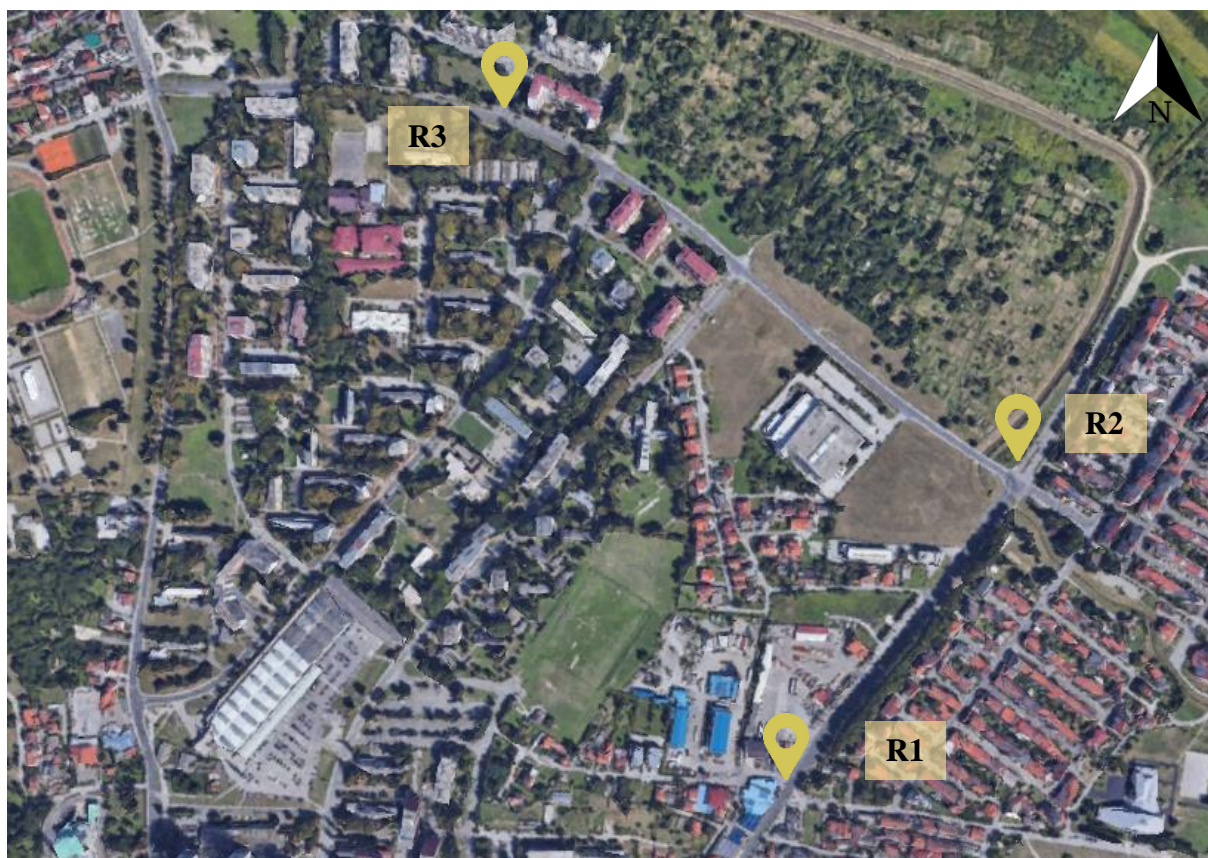
Brojanjem prometa provedenim kroz terensko istraživanje dobivena je informacija o intenzitetu i distribuciji prometnih tokova u zoni obuhvata. Podaci potrebni analizu intenziteta i distribucije prometnih tokova u području zone obuhvata prikupljeni su temeljem podataka ručnog brojanja prometa.

Ručno brojanje prometa provedeno je tijekom karakterističnog dana u tjednu, 10. travnja 2019. godine (srijeda) prilikom čega se dobila informacija o intenzitetu, strukturi te distribuciji prometnih tokova na relevantnim raskrižjima predmetnog područja:

- Raskrižje Ulice Krotovica, Ulice Klin i Ulice Novoselski odvojak X. (R1)
- Raskrižje Ulice Trnovčica, Ulice Klin i Ulice Vinka Žganeca (R2)
- Raskrižje Ulice Mate Lovraka sa sjevernim privozom istoimene ulice(R3)

Brojanje prometa provedeno je u 15' intervalima na predmetnim raskrižjima.

²⁰ Luburić, G.: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1- radni materijal za predavanja, Fakultet prometnih znanosti, 2010., str. 13



Slika 13. Lokacije ručnog brojanja prometa

Izvor: <https://earth.google.com>, 17.06.2019.

Ručno brojanje prometa na predmetnim raskrižjima provedeno je tijekom karakterističnog (vršnog) sata u danu; 07:30 – 08:30. Za potrebe izrade grafičkog prikaza opterećenja izbrojana vozila preračunata su u ekvivalentnu jedinicu osobnog automobila (EJA) koristeći koeficijente ekspanzije koji su prikazani u tablici 1.

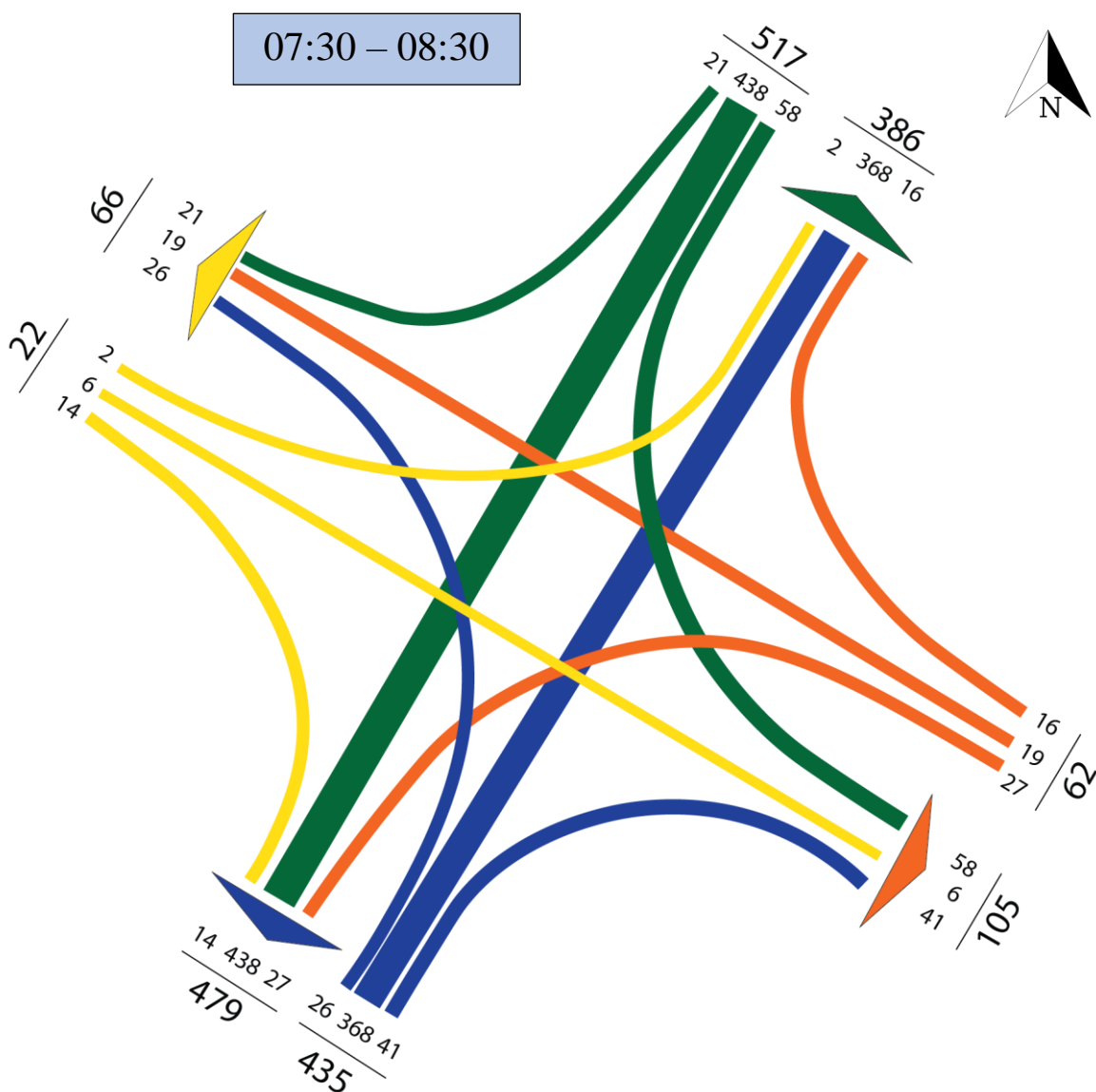
Tablica 1. Koeficijenti ekspanzije

Vrsta vozila	EJA
Osobni automobil	1
Teretno vozilo	2
Autobus	2
Motocikl	0,7

Ručnim brojanjem prometa dobiveni su podaci o distribuciji, strukturi i brzini prometnog toka. Slika 14 prikazuje način označavanja distribucije na raskrižjima.

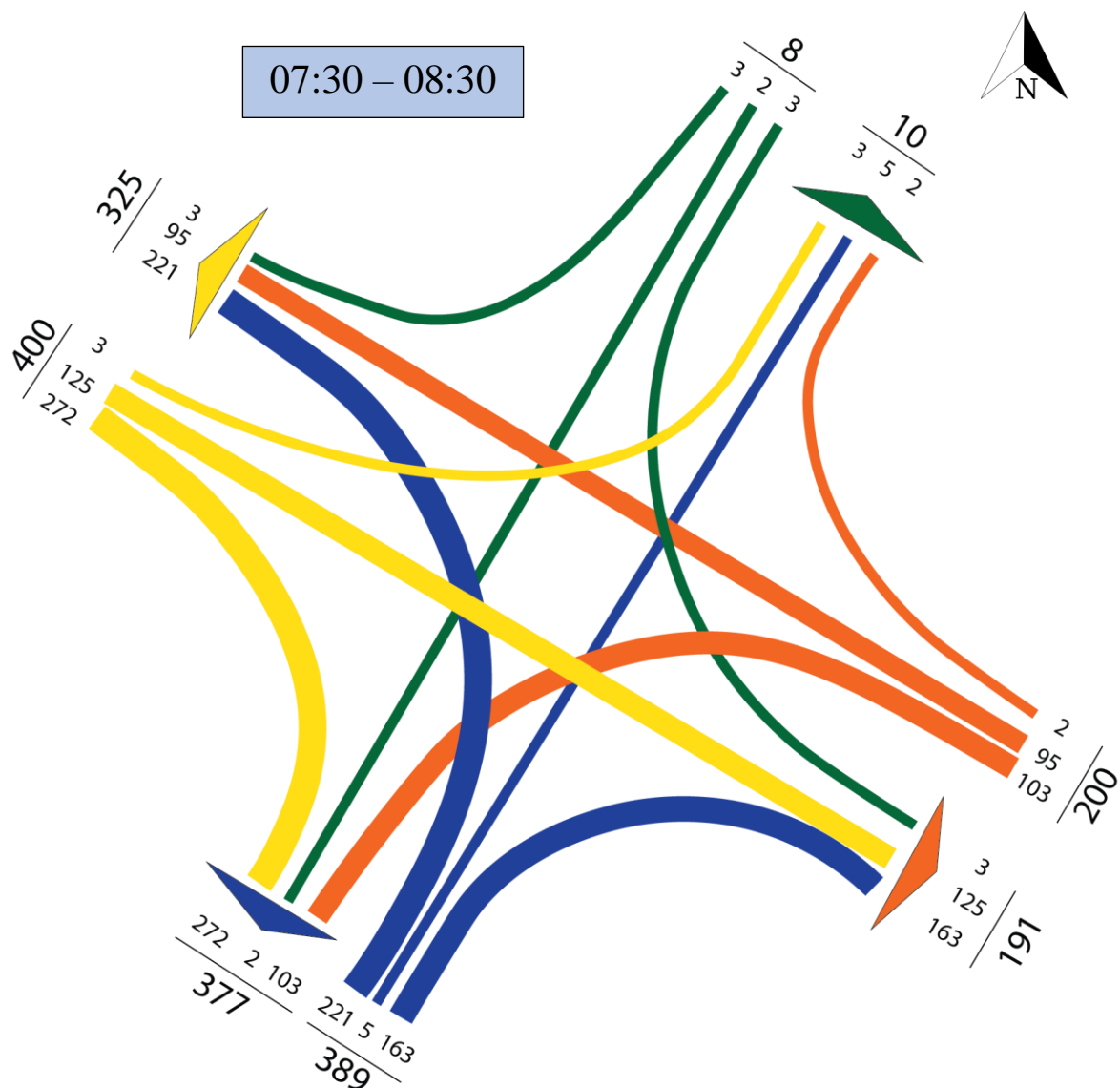


Slika 14. Prikaz distribucije na raskrižjima 1 i 2



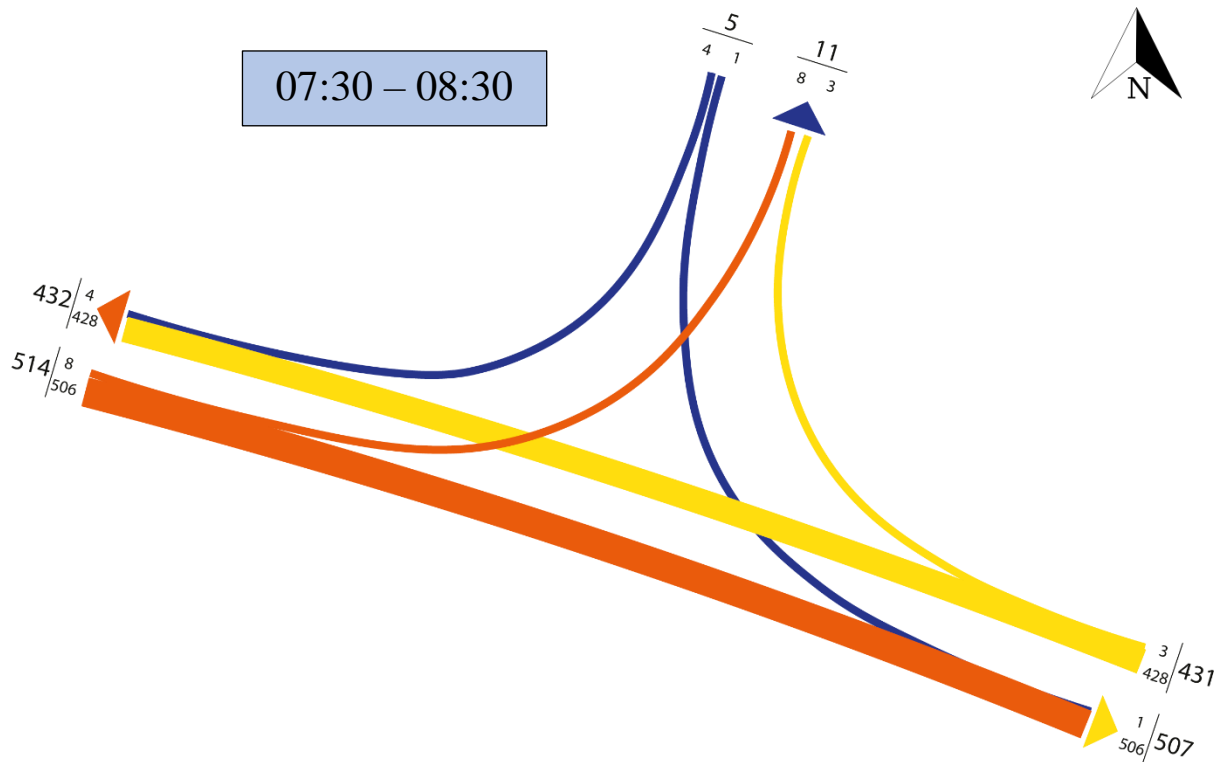
Slika 15. Prikaz vršnih opterećenja raskrižja Ulice Krotovica, Ulice Klin i Ulice Novoselski odvojak X. (R1)

Slika 15 prikazuje distribuciju i prometno opterećenje raskrižja Ulice Krotovica, Ulice Klin i Ulice Novoselski odvojak X. (R1) u jutarnjem vršnom periodu. U periodu od 07:30 do 08:30 opterećenje cijelog raskrižja iznosi 1036 voz/h. Opterećenje sjeveroistočnog privoza na raskrižju (07:30 – 08:30) iznosilo je 903 voz/h od kojih je 386 vozila zabilježeno na ulazu u sjeveroistočni privoz, a 517 vozila na izlazu s privoza.



Slika 16. Prikaz vršnih opterećenja raskrižja Ulice Trnovčica, Ulice Klin i Ulice Vinka Žganeca (R2)

Slika 16 prikazuje distribuciju i prometno opterećenje raskrižja Ulice Trnovčica, Ulice Klin i Ulice Vinka Žganeca (R2) u jutarnjem vršnom periodu. U periodu od 07:30 do 08:30 opterećenje cijelog raskrižja iznosi 903 voz/h. Opterećenje sjeverozapadnog privoza na raskrižju (07:30 – 08:30) iznosilo je 725 voz/h od kojih je 325 vozila zabilježeno na ulazu u sjeverozapadni privoz, a 400 vozila na izlazu s privoza.



Slika 17. Prikaz vršnih opterećenja raskrižja Ulice Mate Lovraka sa sjevernim privozom istoimene ulice (R3)

Slika 17 prikazuje distribuciju i prometno opterećenje raskrižja Ulice Mate Lovraka sa sjevernim privozom istoimene ulice (R3) u jutarnjem vršnom periodu. U periodu od 07:30 do 08:30 opterećenje cijelog raskrižja iznosi 950 voz/h. Opterećenje sjevernog privoza na raskrižju (07:30 – 08:30) iznosilo je 16 voz/h od kojih je 11 vozila zabilježeno na ulazu u zapadni privoz, a 5 vozila na izlazu s privoza.

Zaključno o analizi prometnih tokova

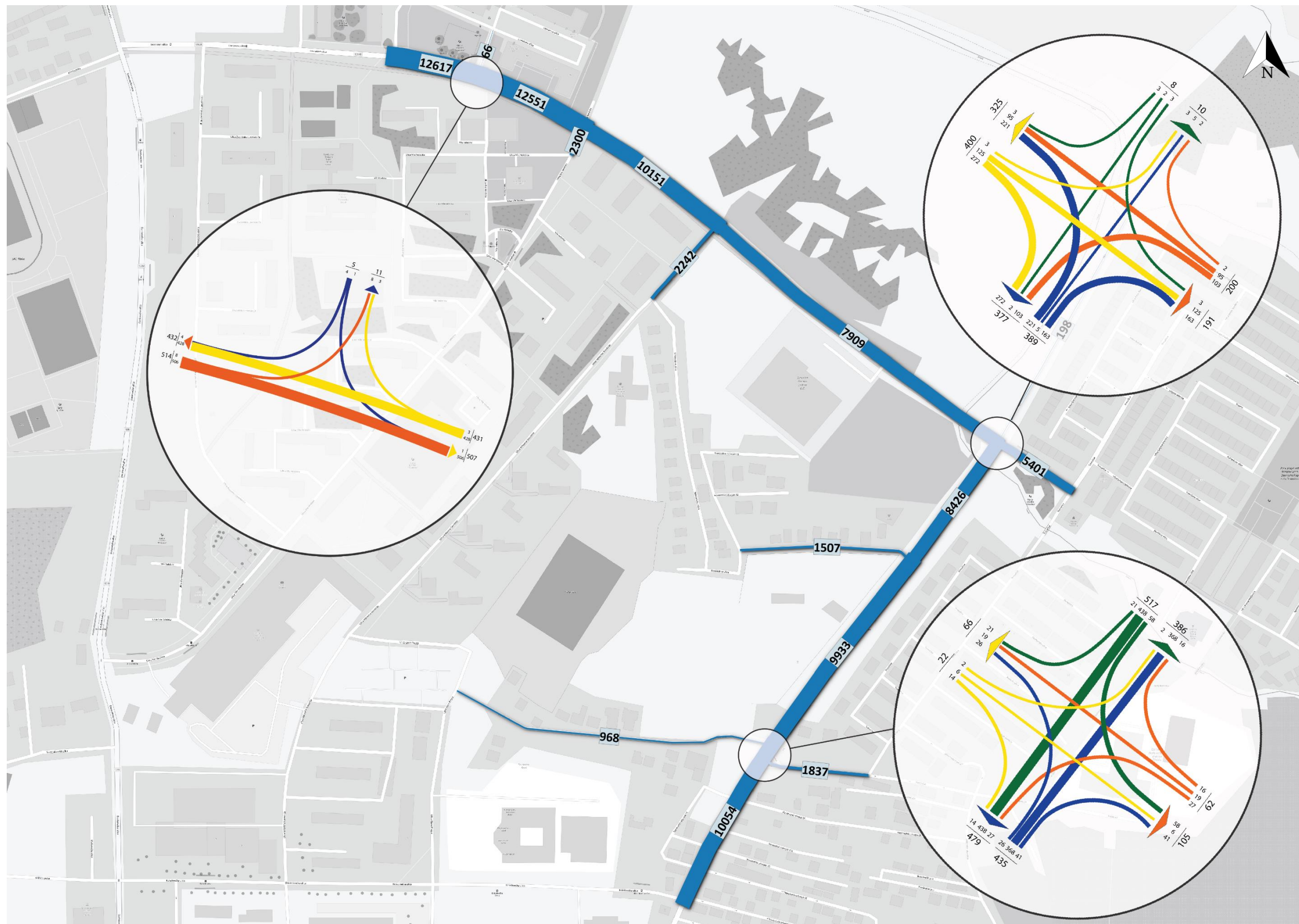
Kako bi se jasnije prikazao intenzitet i distribucija prometnih opterećenja na predmetnom području te kako bi se dobila jasnija slika o postojećem stanju kreirana je karta prometnog opterećenja cestovne mreže u prometnoj zoni.

Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) na predmetnom području:

- Ulica Klin – od oko 8.500 do oko 10.000 voz/dan
- Ulica Trnovčica – oko 5.500 voz/dan
- Ulica Vinka Žganeca – oko 8.000 voz/dan
- Ulica Mate Lovraka – od oko 10.000 do oko 12.500 voz/dan

Određivanje navedenog prometnog opterećenja cestovne mreže temelji se na prikupljenim podacima ručnog brojanja prometa.

Slika 18 prikazuje prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) cestovne mreže predmetnog područja.



Slika 18. Intenzitet PGDP-a [voz/dan] na predmetnom području

4.4. Analiza sigurnosti prometa

Iskustva razvijenih zemalja potvrđuju da je istraživanje problema sigurnosti na cestama isplativ način sprečavanja prometnih nesreća. To je bitno i za gospodarski razvoj budući da troškovi prometnih nesreća čine znatan postotak bruto domaćeg proizvoda (BDP-a).

Korist uslijed promjene prometne sigurnosti izračunava se iz razlike troškova nesreća u cestovnome prometu u situaciji kada nikakva mjera nije primijenjena i u slučaju kada je primijenjena neka mjera. Osnove za izračun troškova nesreća čine sve nesreće i njihove posljedice koje je policija zabilježila (dodatno podijeljene i po kategorijama nesreća). Ekonomska procjena obuhvaća veličinu koristi ostvarene izbjegnutim ljudskim žrtvama (izbjegnute pogibije, teške ili lake ozljede) i izbjegnutih materijalnih šteta (kod nesreća s ozljedama ili samo kod nesreća s materijalnom štetom) u cestovnome prometu.

Kako bi se utvrdili kritični elementi prometnog sustava s aspekta sigurnosti odvijanja prometa potrebno je izvršiti detaljnu analizu sigurnosti odvijanja prometa. U tu svrhu analiziraju se sljedeći podaci:

- broj i vrsta prometnih nesreća,
- odnos troškova i koristi za sanaciju opasnih mjesta.²¹

4.4.1. Analiza prometnih nesreća na području obuhvata

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, analiza postojećeg stanja sigurnosti na području obuhvata kreirana je na temelju baze podataka o prometnim nesrećama uspostavljenoj od strane Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske. U sljedećim tablicama prikazan je broj prometnih nesreća po ulicama i po godinama ovisno o kategoriji prometnih nesreća.

²¹ Prometno tehnološko projektiranje, nastavni materijali, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2018/2019, str. 51

Tablica 2. Kategorije prometnih nesreća po godinama u Ulici Klin

Ulica Klin				
Godina	S poginulima	S ozlijeđenima	Materijalna šteta	Ukupno
2013	0	3	7	10
2014	0	2	4	6
2015	0	5	2	7
2016	0	6	10	16
2017	0	3	8	11

Izvor: *Ministarstvo unutarnjih poslova*

Tablica 3. Kategorije prometnih nesreća po godinama u Ulici Vinka Žganeca

Ulica Vinka Žganeca				
Godina	S poginulima	S ozlijeđenima	Materijalna šteta	Ukupno
2013	0	1	0	1
2015	0	0	1	1

Izvor: *Ministarstvo unutarnjih poslova*

Tablica 4. Kategorije prometnih nesreća po godinama u Ulici Trnovčica

Ulica Trnovčica				
Godina	S poginulima	S ozlijeđenima	Materijalna šteta	Ukupno
2013	0	0	3	3
2014	0	1	1	2
2015	0	0	2	2
2016	0	1	2	3
2017	0	0	1	1

Izvor: *Ministarstvo unutarnjih poslova*

Tablica 5. Kategorije prometnih nesreća po godinama u Gradu Zagrebu

Grad Zagreb				
Godina	S poginulima	S ozlijeđenima	Materijalna šteta	Ukupno
2013	23	1859	5467	7326
2014	18	1904	4589	6493
2015	18	1793	4441	6234
2016	16	1650	4211	5861
2017	26	1754	4478	6232

Izvor: *Ministarstvo unutarnjih poslova*

Iz tablica koje prikazuju broj nesreća ovisno o kategoriji nesreće, vidljiva je relativno konstantna brojka kroz godine. Međutim, ta brojka se odnosi na nesreće u Ulici Klin i Ulici Vinka Žganeca. Na razini Grada Zagreba prikazano u tablici 5. prisutan je konstantni pad broja prometnih nesreća, što ukazuje na to da postoje određeni prometni problemi na predmetnom raskrižju. Iako nema nesreća s poginulim osobama, nesreće s materijalnom štetom i ozlijeđenima itekako su zastupljene u ulicama koje se križaju na predmetnom raskrižju (Ulica Klin i Ulica Vinka Žganeca).

4.4.2. Analiza potencijalno opasnih mjesta na području obuhvata

U svrhu ukazivanja na potencijalno opasna mjesta, a samim time i povećanja sigurnosti, izvršen je terenski izvid zone obuhvata. Terenskim izvidom uočeno je više potencijalno opasnih lokacija, elemenata odnosno situacija na području predmetne zone obuhvata. Potencijalno opasni elementi podijeljeni su u nekoliko kategorija koje su prikazane u tablici 6.

Tablica 6. Kategorije potencijalno opasnih mjesta

Kategorija	Opis kategorije
Kategorija 1	potencijalno opasni objekti koji se nalaze neposredno uz rub ceste
Kategorija 2	potencijalno opasni stupovi vertikalne prometne signalizacije/rasvjete
Kategorija 3	nedostaci infrastrukture nemotoriziranog prometa
Kategorija 4	oštećenja na kolničkoj konstrukciji/pješačkoj infrastrukturi

Pregledom zone obuhvata, na određenim dijelovima ceste su uočeni nedostaci na postojećoj horizontalnoj prometnoj signalizaciji. Loša kvaliteta postojeće horizontalne signalizacije (izbljedjela središnja crta, rubne crte i ostale oznake na kolniku te loša retroreflektivna svojstva), otežava vozačima prosuđivanje položaja njihovog vozila na cesti, zbog smanjenja vizualnih informacija koje su im dostupne tijekom vožnje. Situacija se dodatno pogoršava u slučaju loših vremenskih uvjeta (kiša, magla) i tijekom noći kada horizontalna signalizacija loše kvalitete bude neuočljiva. Osim toga, na većem broju lokacija predmetne zone obuhvata, utvrđene su razne vrste oštećenja i deformacija (neravnine, uzdužne, poprečne i mrežaste pukotine te udarne rupe) na kolničkoj površini.

Uočeni su potencijalno opasni kruti objekti (kategorija 1), prisutni najčešće na udaljenosti oko 1 m od ruba ceste. Opasni kruti objekti primarno uključuju elemente postojećih betonskih, kamenih ili metalnih ograda dvorišta te betonske/kamene stupove i zidove postojećih stambenih, ugostiteljskih i ostalih objekata prisutnih uz cestu. Prilikom frontalnog naleta vozila u nezaštićene krute objekte, postoji mogućnost nastanka prometne nesreće s teško ozlijeđenim i smrtno stradalim osobama.



Slika 19. Prikaz potencijalno opasnog krutog elementa smještenog uz rub ceste (New Jersey ograda) na Raskrižju 2

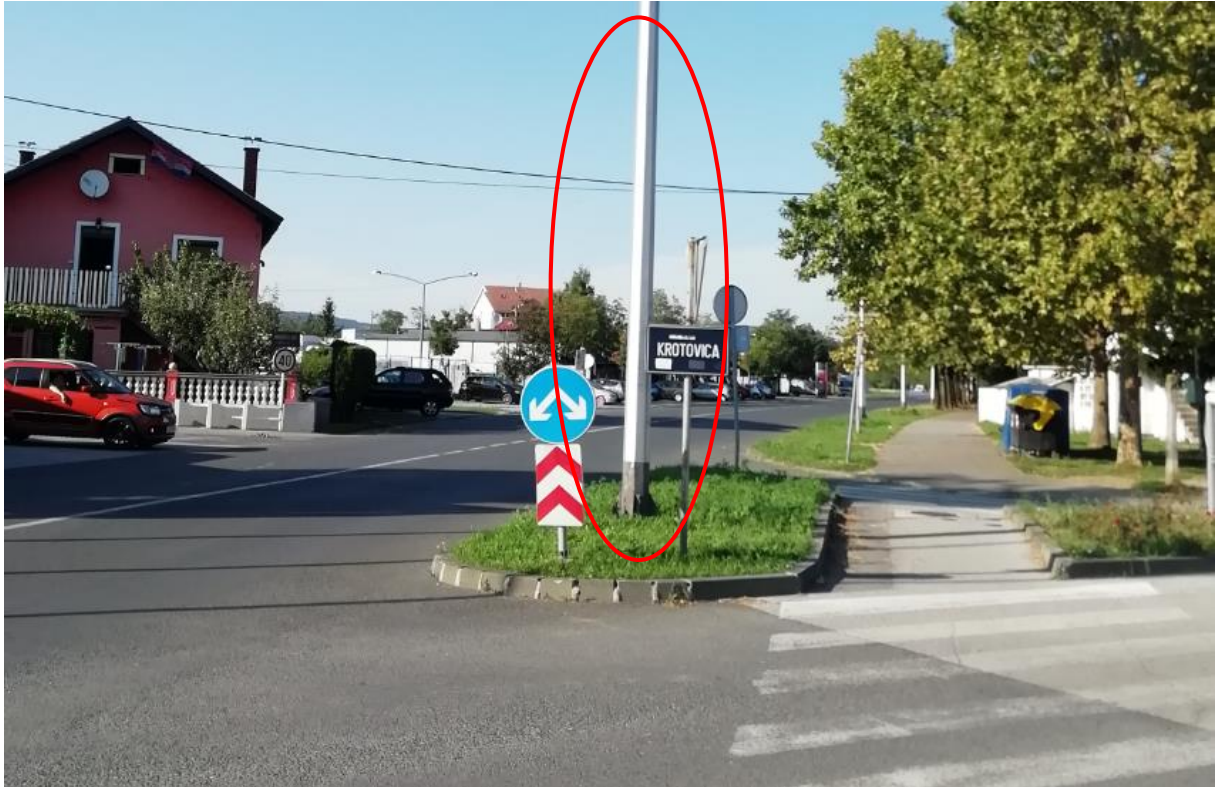


Slika 20. Prikaz potencijalno opasnog krutog elementa smještenog uz rub ceste (betonska ograda) na Raskrižju 1

Uočena su potencijalno opasna mjesta (kategorija 2) na kojima postoji mogućnost naleta vozila na metalne stupove javne rasvjete. Razina rizika od nastanka prometnih nesreća sa teško ozlijeđenim ili smrtno stradalim osobama u slučaju naleta vozila na navedene opasne objekte je vrlo visoka, budući da isti najčešće nisu adekvatno zaštićeni odgovarajućom prometnom opremom i zaštitnim sustavima. Osim toga, postojeći stupovi javne rasvjete najčešće su smješteni u neposrednoj okolini ceste, obično na udaljenosti od 1 do 5 m od ruba ceste, čime se dodatno povećava vjerojatnost naleta vozila u stup javne rasvjete.



Slika 21. Prikaz potencijalno opasnih stupova rasvjete neposredno uz rub ceste na Raskrižju 2

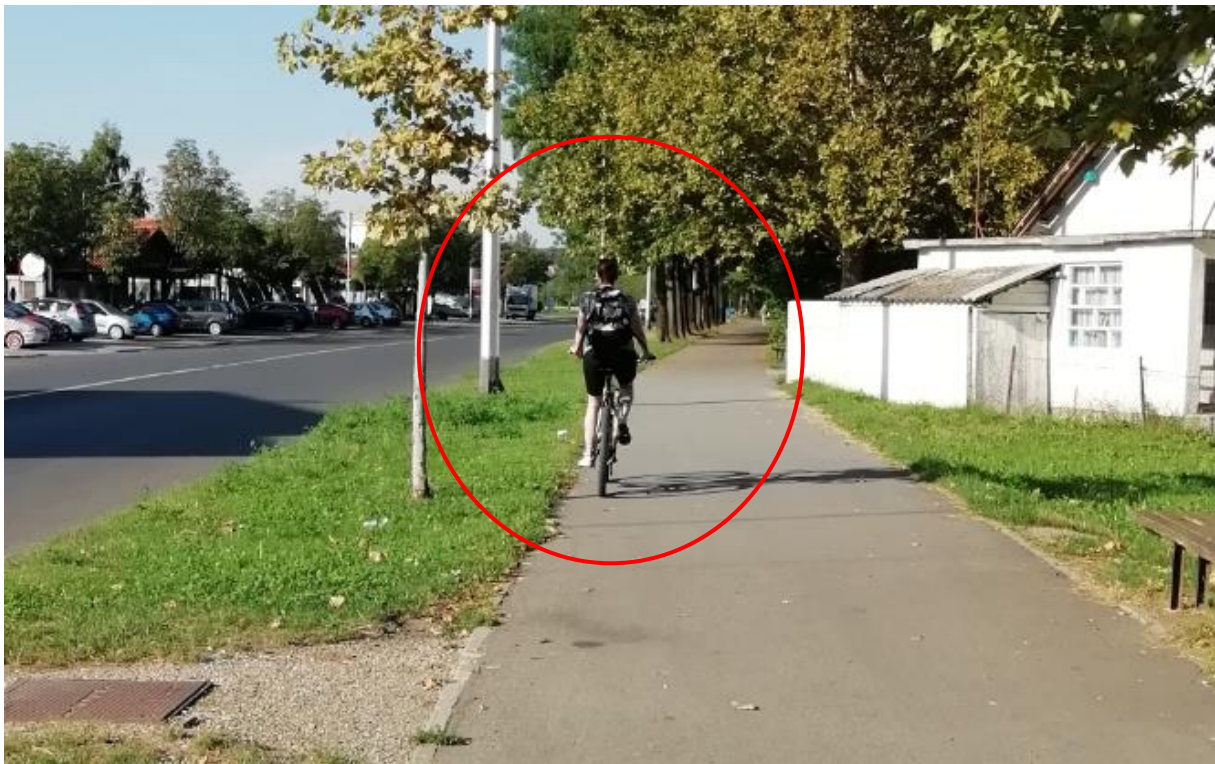


Slika 22. Prikaz potencijalno opasnog stupa rasvjete na Raskrižju 1

Sigurnost nemotoriziranih sudionika u prometu, pješaka i biciklista, značajno je narušena zbog nepostojanja nogostupa te zbog utvrđenih nedostataka na postojećoj pješačkoj infrastrukturi (nogostupima i pješačkim prijelazima). Na određenim lokacijama, postojeća širina nogostupa onemogućava normalno kretanje pješaka, osobito starijih osoba te osoba sa invaliditetom (kategorija 3).



Slika 23. Prikaz nedostatka nogostupa



Slika 24. Prikaz nedostatka biciklističke staze



Slika 25. Prikaz oštećenja na pješačkoj stazi

Uočena su potencijalno opasna mjesta (kategorija 4) na kojima su utvrđene deformacije i oštećenja na kolničkoj površini te postojećoj pješačkoj infrastrukturi od kojih su najznačajnije deformacije i oštećenja na kolničkoj površini. Povećani je rizik od nastanka prometnih nesreća zbog oštećenja gornje površine kolnika odnosno pojave udanih rupa i mrežastih pukotina.



Slika 26. Prikaz oštećenja kolničke konstrukcije



Slika 27. Prikaz oštećenja kolničke konstrukcije

4.5. Analiza postojećeg sustava prijevoza putnika u javnom prijevozu

Kroz raskrižja 1 i 2 prolazi autobusna linija 223 koja prometuje na relaciji od terminala Dubrava do terminala Dubec i obrnuto. U ulici Trnovčica, nalaze se dva autobusna stajališta linije 223 te su u neposrednoj blizini samog raskrižja, što ima nepovoljni utjecaj na sigurnost odvijanja prometnog toka i sigurnost pješaka.



Slika 28. Ruta autobusne linije 223 koja prolazi kroz raskrižja 1 i 2

Raskrižjem 3 prolazi autobusna linija 210 koja prometuje na relaciji Dubrava – Studentski grad – Novi Retkovec.



Slika 29. Ruta autobusne linije 210 koja prolazi raskrižjem 3

5. PRIJEDLOZI IDEJNIH RJEŠENJA NOVE REGULACIJE PROMETNIH TOKOVA

Predložena rješenja koja su data u daljnjem dijelu ovog poglavlja imaju za cilj poboljšati situaciju odvijanja prometa u odnosu na postojeće stanje. Shodno tome poboljšanja koja uključuju prijedlozi rješenja obuhvaćaju sljedeće:

- Povećanje preglednosti
- Povećanje sigurnosti (svih sudionika; motornih i nemotoriziranih)
- Bolje prometno – oblikovno vođenje trase ceste
- Uklanjanje potencijalno opasnih elemenata
- Povećanje iskoristivosti površine
- Povećanje vidljivosti u otežanim uvjetima (noć, loši vremenski uvjeti i sl.)

5.1. Raskrižje 1

Prijedlog rješenja prvenstveno obuhvaća okomizaciju raskrižja kojom se prethodno vođenje prometa pojednostavilo formiranjem jednostavnih okomitih privoza. S obzirom na to da je na predmetnom raskrižju u postojećem stanju uočeno kretanje teških teretnih vozila, ulazni i izlazni polumjeri predmetnih privoza iznose 12 m. Širine prometnih trakova na glavnom prometnom toku u Ulici Klin s postojećih 4,5 m smanjene su na 4 m, dok širine ulaznih i izlaznih prometnih trakova na sporednim privozima u Ulici Krotovica i Ulici Novoselski odvojak X iznose 3 m. Spomenutom okomizacijom omogućena je bolja preglednost prilikom dolaska vozila na glavni prometni tok sa sporednih privoza.

Terenskim izvidom predmetne dionice uočen je određen broj biciklista koji se kretao isključivo po nogostupu namijenjenom kretanju pješaka. S obzirom na to da prostorne mogućnosti omogućavaju formiranje dvosmjerne biciklističke staze širine 2 m, implementacija iste predložena je ovim rješenjem. Kako bi se omogućilo sigurno vođenje pješačkih tokova, na zapadnoj strani glavnog prometnog toka predloženo je formiranje nogostupa za pješake širine 2 m. Uz navedeno, predloženo je i izvođenje pješačkog prijelaza preko glavne ceste (Ulica Klin) kako bi se osiguralo sigurnije vođenje pješačkih tokova.

Poglavljem 4.4.2. *Analiza potencijalno opasnih mjesta na području obuhvata* ukazalo se na potencijalno opasna mjesta koja se nalaze u neposrednoj blizini predmetnog raskrižja te koja mogu negativno utjecati na sigurnost odvijanja prometa.

Potencijalno opasni elementi koji su navedeni u spomenutom poglavlju su:

- potencijalno opasni objekti koji se nalaze neposredno uz rub ceste
- potencijalno opasni stupovi rasvjete
- nedostaci infrastrukture nemotoriziranog prometa
- oštećenja na kolničkoj konstrukciji/pješačkoj infrastrukturi

Predloženim rješenjem riješio bi se problem potencijalno opasnih krutih objekata smještenih neposredno uz rub ceste na način da bi se isti uklonili. Također, predložena je i implementacija pješačke i biciklističke infrastrukture za sigurno vođenje nemotoriziranog prometa predmetnog područja. Uz navedeno, predlaže se postavljanje stupova javne rasvjete u skladu s europskom normom EN 12767 (europski standard za pasivno sigurnu opremu ceste - takvi stupovi se lome prilikom naleta vozila te uvelike smanjuju posljedice naleta vozila - Prilog 4. Europski standard EN 12767).



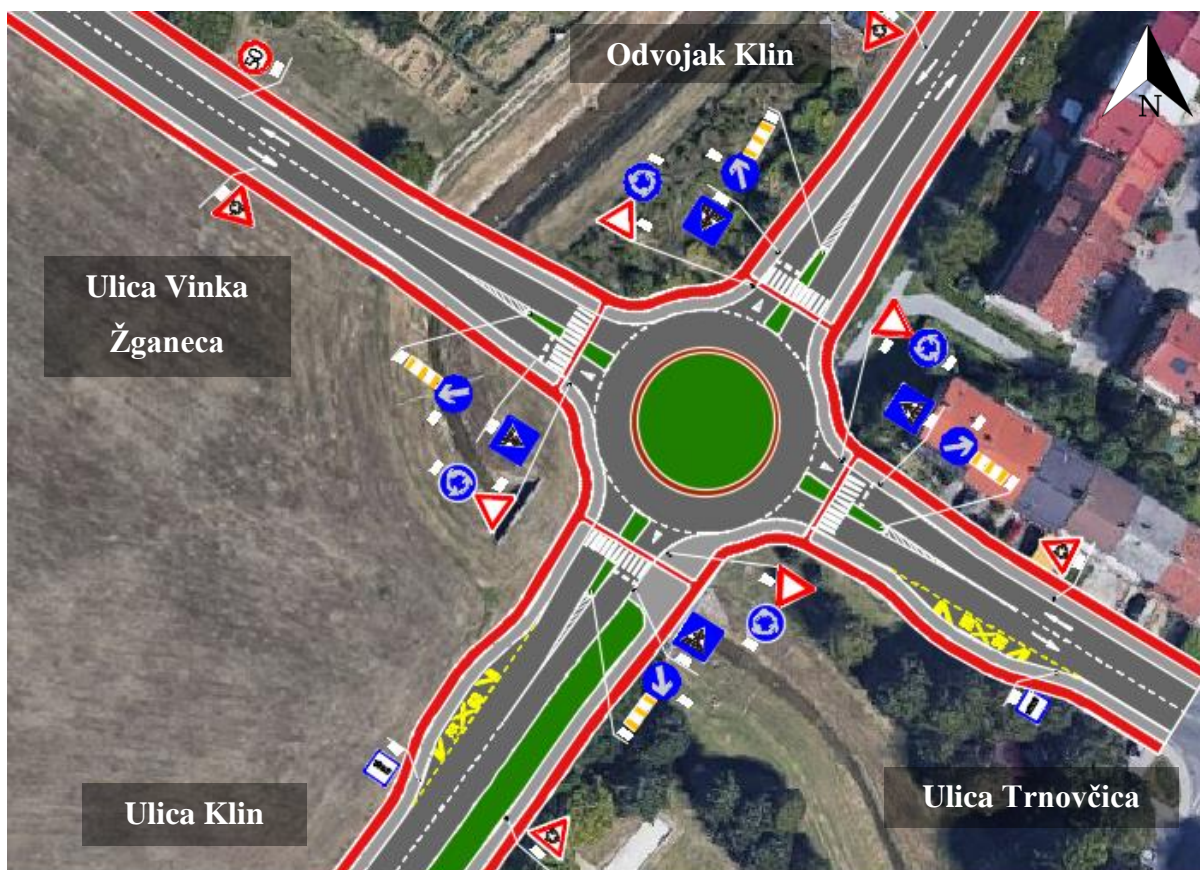
Slika 30. Idejno prometno rješenje raskrižja Ulica Klin, Krotovica i Novoselski odvojak X.

5.2. Raskrižje 2

Prijedlog rješenja je izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa umjesto postojećeg nesemaforiziranog četverokrakog raskrižja. Takvim predloženim raskrižjem omogućilo bi se sigurnije i jasnije vođenje prometa.

*"Kružno raskrižje je kanalizirano raskrižje kružnog oblika s neprovoznim, djelomično ili u cijelosti povoznim/provoznim središnjim otokom i kružnim voznim trakom na koji se vežu tri ili više priključnih cesta u razini i u kojem se promet odvija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu."*²²

Napravljen je premještaj autobusne stanice iz ulice Trnovčica u Ulicu Klin u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima (NN 119/07).

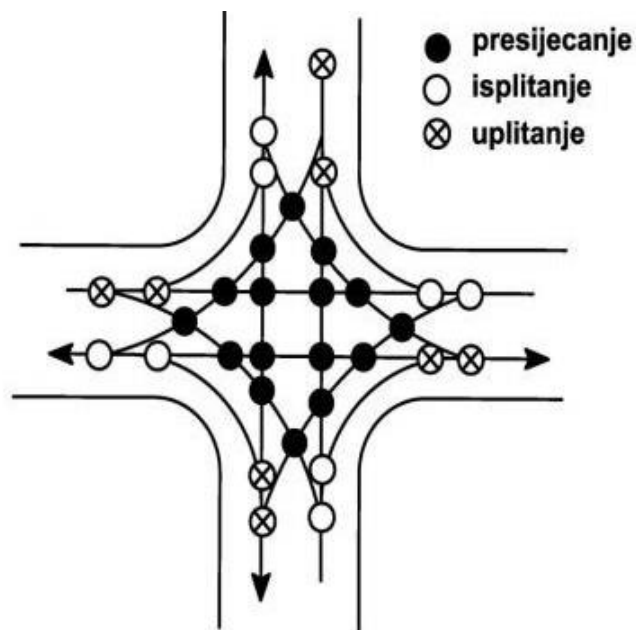


Slika 31. Idejno prometno rješenje raskrižja Ulica Klin, Trnovčica i Vinka Žganeca

²² Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Hrvatske ceste d.o.o. Zagreb, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, str. 7

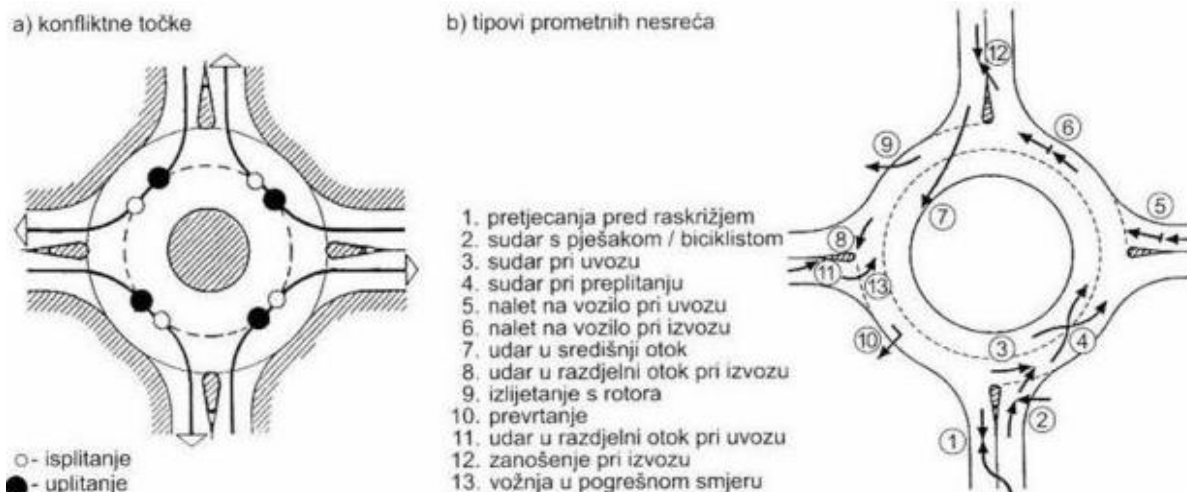
Vanjski polumjer kružnog kolnika iznosi 18 m, dok je širina kružnog kolnika 6 m. Ulazni i izlazni polumjeri na svakom privozu iznose 12 m. Širina ulaznog i izlaznog traka u Ulici Klin, Ulici Trnovčica i odvojkju Klin je 4 m, a u Ulici Vinka Žganeca širina ulaznog i izlaznog traka je 3,5 m. Širina pješačke staze je 2 m, a širine pješačkih prijelaza na svim privozima iznose 4 m. S obzirom na prostorne mogućnosti i potrebe predložena je implementacija biciklističke infrastrukture kojom se omogućuje sigurno vođenje biciklističkog prometa. Predložena biciklistička staza je širine 2 m.

Uvođenjem raskrižja s kružnim tokom prometa umjesto četverokrakog nesemaforiziranog raskrižja, vozači bi smanjili brzinu kretanja vozila te bi se time poprilično smanjila mogućnost nastanka prometnih nesreća. Glavna prednost kružnog raskrižja u usporedbi s klasičnim četverokrakim raskrižjem je u eliminaciji konfliktne površine i konfliktnih točaka presijecanja i preplitanja kao i smanjenje broja konfliktnih točaka uplitanja i isplitanja. Klasično četverokrako raskrižje ima 32 konfliktne točke (16 presijecanja, 8 uplitanja i 8 isplitanja), a četverokrako kružno raskrižje samo 8 konfliktnih točaka (4 uplitanja i 4 isplitanja). Kod kružnog raskrižja isključena je potpuno konfliktna točka (situacija) križanja odnosno presijecanja prometnih tokova. Upravo je to najopasnija konfliktna situacija na raskrižju zbog koje nastaju nesreće sa najtežim posljedicama (frontalni i bočni sudari vozila).



Slika 32. Konfliktne točke u četverokrakom nesemaforiziranom raskrižju

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.



Slika 33. a) konfliktne točke u kružnom raskrižju, b) tipovi prometnih nesreća u kružnom raskrižju
Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

Prednosti raskrižja s kružnim tokom prometa pred ostalim oblicima raskrižja su:

- mnogo veća sigurnost prometa (s manjim brojem konfliktnih točaka i sa smanjenim brzinama u kružnom toku) uz manje posljedice prometnih nesreća,
- manja zauzetost zemljišta i troškovi održavanja,
- veća propusna moć raskrižja, uz manje proizvedene buke i štetnih plinova,
- kraće čekanje na privozima i mogućnost propuštanja jačih prometnih tokova,
- dobro rješenje pri ravnomjernijem opterećenju privoza i kao mjera za smirivanje prometa u urbanim sredinama,
- mogućnost dobrog uklapanja u okolni prostor.²³

Poglavljem 4.4.2. *Analiza potencijalno opasnih mjesta na području obuhvata* ukazalo se na potencijalno opasna mjesta koja se nalaze u neposrednoj blizini predmetnog raskrižja te koja mogu negativno utjecati na sigurnost odvijanja prometa.

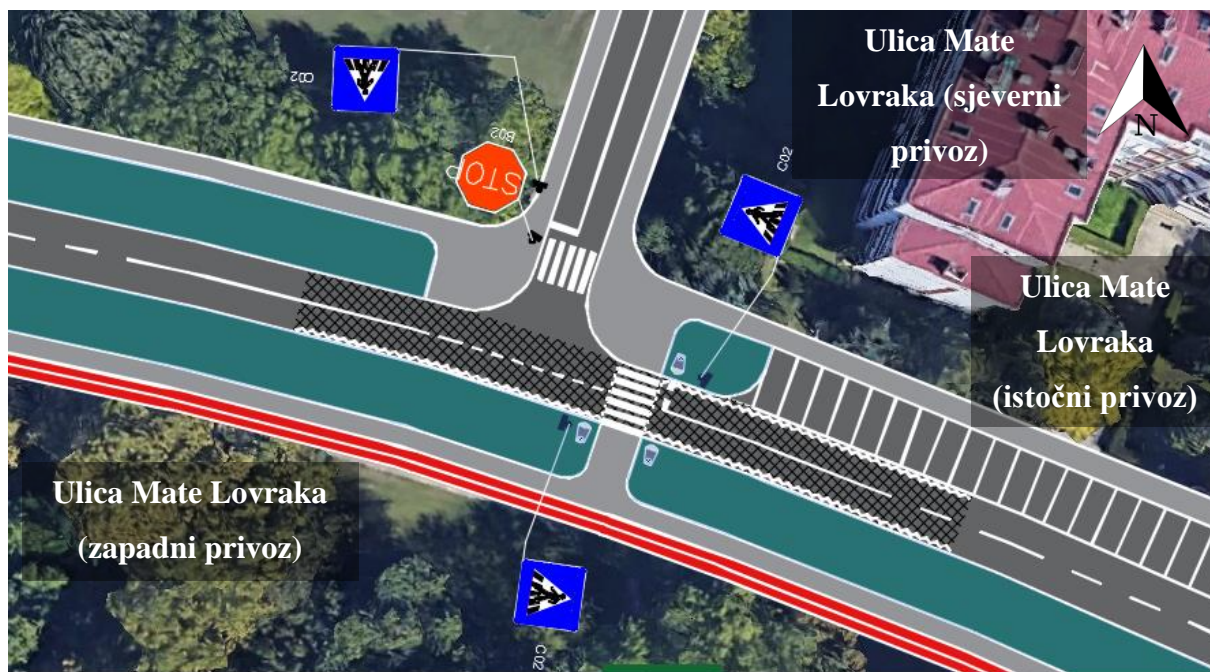
Predloženim rješenjem riješio bi se problem potencijalno opasnih krutih objekata smještenih neposredno uz rub ceste na način da bi se isti uklonili. Također, predložena je i implementacija pješačke i biciklističke infrastrukture za sigurno vođenje nemotoriziranog prometa predmetnog područja. Uz navedeno, predlaže se postavljanje stupova javne rasvjete u skladu s europskom normom EN 12767 (Prilog 4. Europski standard EN 12767).

²³ Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Hrvatske ceste d.o.o. Zagreb, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2014., str. 11

5.3. Raskrižje 3

Prijedlog rješenja obuhvaća povećanje sigurnosti odvijanja pješackog prometa, posebice zbog djece. Prema postojećem stanju, najveći problem predstavlja loša preglednost, nedovoljna rasvijetljenost prostora te mogućnost kretanja vozila velikim brzinama. S obzirom na navedeno predlaže se povećanje rasvijetljenosti površine postavljanjem vertikalnih stupova rasvjete (koji su u skladu s europskom normom EN 12767). Također, predlaže se suženje kolnika na način da širina svake prometne trake iznosi 3 m.

Umjesto postojećih usporivača prometa (tzv. “ležećih policajaca“) predlaže se formiranje zone na području raskrižja, duljine oko 40 m, koja bi imala drugačiju kolničku površinu (kamena podloga). Izvedbom takve zone prisililo bi se vozače da smanje brzinu u zoni predmetnog raskrižja. Pored navedenog, kako bi se dodatno povećala sigurnost odvijanja prometa na predmetnom raskrižju, predlaže se implementacija tzv. zig –zag linija koje također utječu na smanjenje brzine kretanja vozila. Kako bi se dodatno naglasila prisutnost pješackog prijelaza (posebice u noćnim uvjetima i uvjetima loše vidljivosti) predlaže se implementacija treptajućih LED markera uzduž pješackog prijelaza.



Slika 34. Idejno prometno rješenje raskrižja Ulice Mate Lovraka sa sjevernim privozom istoimene ulice

6. EVALUACIJA PREDLOŽENIH RJEŠENJA

Evaluacija predloženih rješenja napravljena je na osnovu proračuna evaluacijskih parametara koji pokazuju uvjete odvijanja prometnih tokova u raskrižju. Proračun se izvodi na temelju Highway Capacity Manual 2010 (HCM) metodologije.

Priručnik Highway Capacity Manual predstavlja standard u projektiranju i planiranju cesta, autocesta i gradskih ulica. Prvenstveno služi za proračune kapaciteta i razina usluga raskrižja, dionica cesta, javnog gradskog prijevoza, te pješačkog i biciklističkog prometa. U HCM - u se daju analitičke metode za određivanje i predviđanje maksimalnih prometnih tokova za različite prometne objekte za svaku razinu usluge, osim za razinu usluge F. Za razinu usluge F koju karakterizira nestabilan tok sa zastojsima teško je procjenjivati prometni tok ("stani-kreni" vožnja).²⁴

6.1. Proračun propusne moći nesemaforiziranog raskrižja

Određivanje propusne moći i razine usluge raskrižja prvenstveno podrazumijeva određivanje propusne moći i razine usluge kretanja na sporednim privozima. Od posebne je važnosti ispitivanje propusne moći i razine usluge lijevih skretanja na glavnom privozu. Proračun prometnih parametara raskrižja temelji se na:

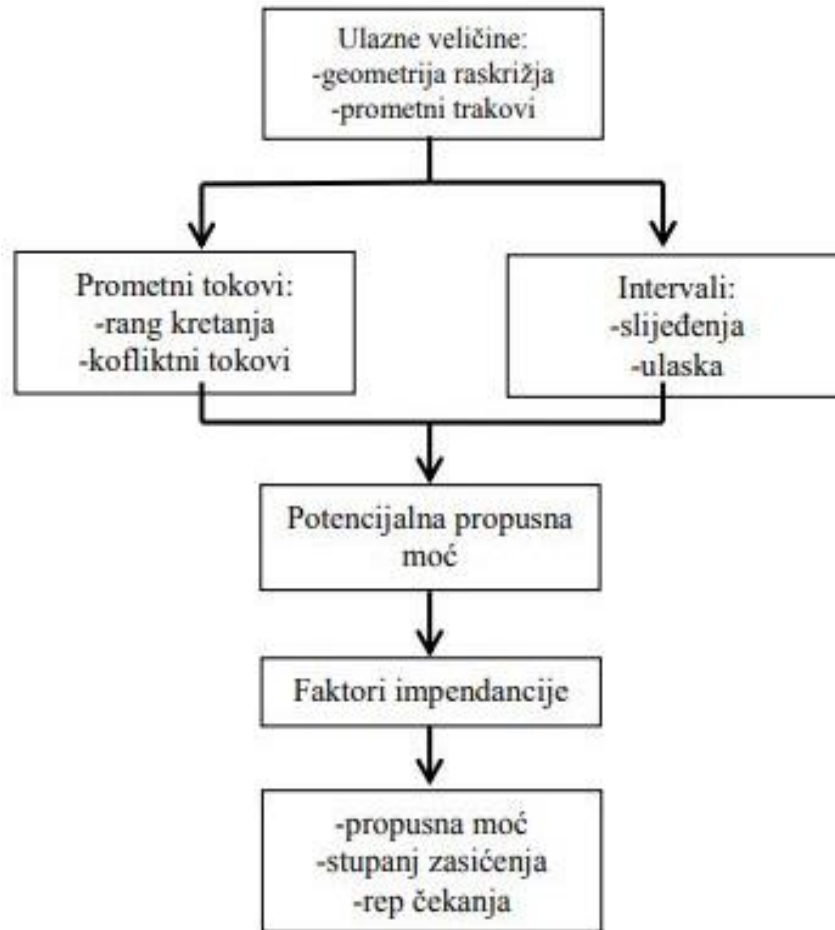
- geometrijskim podacima raskrižja (širina i broj prometnih trakova, ulazni i izlazni polumjeri privoza, postojanje trakova za lijevo skretanje i razdjelnog pojasa i sl.)
- prometnom opterećenju privoza (utvrđuje se brojanjem prometa te mora biti iskazano za svaku radnju u raskrižju)
- postotku teških vozila
- pješačkim tokovima
- postojanju semaforiziranog raskrižja u zoni do 400 m²⁵

Nakon dobivanja ulaznih podataka izračunavaju se konfliktni prometni tokovi, vrijeme slijeđenja i vremenske praznine. Nadalje slijedi proračun potencijalnog kapaciteta, koji se zatim prilagođava realnim uvjetima (utjecaj impedancije, zajedničkog prometnog traka i sl.).

²⁴ Hozjan, D.; Novačko, L.: Cestovne prometnice 2, interna skripta za izradu seminarskog rada, Zagreb 2009., str.2

²⁵ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb 2017., str.1

Zatim se računaju duljine repova čekanja te vrijeme kašnjenja na temelju kojeg se određuje razina usluge.²⁶ Na slici 34. prikazana je metodologija utvrđivanja propusne moći na nesemaforiziranom raskrižju.



Slika 35. Metodologija utvrđivanja propusne moći na nesemaforiziranom raskrižju

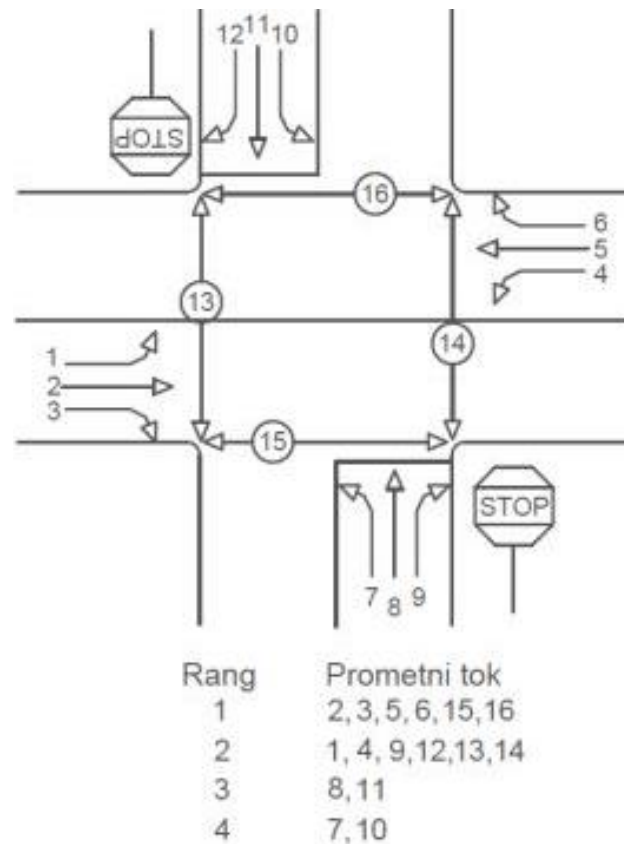
Izvor: Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

6.1.1. Prioriteti prometnih tokova

Prioritet broj 1 čine prolazni tokovi na glavnom smjeru i desna skretanja s glavnih privoza. Prioritet broj 2 čine lijeva skretanja s glavnog toka i desna skretanja s sporednog toka u glavni tok. Prioritet 3 čine tokovi za ravno na sporednim privozima (četverokrako raskrižje) i tokovi za lijevo skretanje sa sporednih privoza u glavni privoz (samo kod T-raskrižja).

²⁶ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb 2017., str.6

Prioritet 4 se pojavljuje samo kod četverokrakih raskrižja i čine ga lijeva skretanja sa sporednih privoza u glavni prometni tok.²⁷



Slika 36. Prometni tokovi na četverokrakom raskrižju (tokovi 13, 14, 15 i 16 su pješački tokovi koji su zanemareni)

Izvor: Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017.

6.1.2. Konfliktni prometni tokovi

Konfliktni tok $V_{c,x}$ predstavlja zbroj prometnih opterećenja tokova koji su u konfliktu s manevrom x . Desni skretači sa sporednog privoza su samo u konfliktu s provoznim trakovima u glavnom privoza. Desni skretači s glavnog privoza indirektno utječu na odluku vozača da izvede manevar desnog skretanja iz sporednog u glavni privoz pa se uzima u proračun polovica prometnog opterećenja desnih skretača s glavnog privoza. Lijevi skretači s glavnog privoza su u konfliktu s provoznim prometom i desnim skretačima glavnog privoza suprotnog smjera. Tokovi za ravno na sporednim privozima su u konfliktu sa svim tokovima glavnih privoza, osim s desnim skretačima na glavnom privoza. Međutim, zbog indirektnog

²⁷ Ibid., str. 6

utjecaja na odluku vozača ipak se uzima u proračun polovina prometnog toka desnih skretača na glavnom privozu.²⁸

Prema istraživanjima pokazalo se da je utjecaj lijevih skretača na glavnom privozu izrazit pa se u proračunima udvostručuje protok lijevih skretača. Lijevo skretanje sa sporednog privoza je najkompliciraniji manevar na četverokrakom raskrižju. On mora propustiti sve tokove glavnog privoza te tokove za ravno i desno na sporednom privozu suprotnog smjera. U proračun se uzima samo polovina protoka za ravno i desnih skretača suprotnog sporednog privoza, jer su ti protoci regulirani prometnim znakom (STOP ili raskrižje s cestom s prednošću prolaska) i imaju umanjen utjecaj na lijevog skretača. Ako je skretanje udesno sa sporednog privoza odvojeno trokutastim otokom ti tokovi se zanemaruju u proračunu.²⁹

6.1.3. Kritične vremenske praznine i vrijeme slijeđenja

Kritična vremenska praznina $t_{c,x}$ definira se kao minimalan vremenski interval u prometnom toku glavnog smjera koji omogućuje ulaz vozila sa sporednog privoza u raskrižje. Vozač će odbaciti svaku prazninu manju od kritične da uđe u raskrižje.³⁰ Kritična vremenska praznina se računa za svaki manevar posebno prema formuli:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} \times \frac{PHV}{100} \text{ [s]}$$

gdje je:

$t_{c,x}$ – kritična vremenska praznina za manevar x (s),

$t_{c,base}$ – bazna kritična vremenska praznina (s),

$t_{c,HV}$ - korekcijski faktor za teška vozila (za dvotračni glavni pravac iznosi 1) (s),

PHV – postotak teških vozila u toku/100.³¹

²⁸ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.7

²⁹ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.7

³⁰ Ibid., str. 10

³¹ Ibid., str. 10

Vrijeme koje protekne između napuštanja sporednog privoza od strane jednog vozila do napuštanja drugog vozila naziva se vrijeme slijeđenja.³²

Vrijeme slijeđenja za svaki manevar određuje se prema formuli:

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} \times \frac{PHV}{100} \text{ [s]}$$

gdje je:

$t_{f,x}$ – vrijeme slijeđenja za manevar x [s] ($t_{f,HV} = 0,9$),

$t_{f,base}$ – bazno vrijeme slijeđenja [s],

$t_{f,HV}$ – korekcijski faktor za teška vozila,

PHV - postotak teških vozila.³³

U tablici 7. prikazane su vrijednosti bazne kritične vremenske praznine za dvotračni glavni smjer te vrijeme slijeđenja zavisno o manevru u raskrižju.

³² Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorske vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.11

³³ Ibid., str. 11

Tablica 7. Bazne kritične vremenske praznine i vrijeme slijeđenja u ovisnosti o manevaru u raskrižju

Manevar	Bazni kritični $t_{c,base}$ (s)	Bazni $t_{f,base}$ (s)
	2-tračni glavni smjer (broj provoznih traka u glavnom smjeru)	
Lijevo skretanje s glavnog privoza	4,1	2,2
Desno skretanje sa sporednog privoza	6,2	3,3
Ravno sa sporednog privoza	6,5	4,0
Lijevo skretanje sa sporednog privoza	7,1	3,5

Izvor: Highway Capacity Manual 2010

6.1.4. Potencijalni kapacitet (idealna propusna moć)

Potencijalni kapacitet (idealna propusna moć) predstavlja kapacitet za specifični manevar pri sljedećim uvjetima:

- promet iz susjednih raskrižja ne utječe na promatrano raskrižje,
- postoji posebna prometna traka za svaki manevar sa sporednog privoza.³⁴

³⁴ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.11

Potencijalni kapacitet izvodi se prema formuli:

$$C_{p,x} = V_{c,x} \frac{e^{\frac{(-V_{c,x} \times t_{c,x})}{3600}}}{1 - e^{\frac{(-V_{c,x} \times t_{f,x})}{3600}}} \text{ [voz/h]}$$

gdje je:

$C_{p,x}$ – potencijalni kapacitet za manevar x,

$V_{c,x}$ – konfliktni prometni tok za manevar x,

$t_{c,x}$ – kritična vremenska praznina za manevar x [s],

$t_{f,x}$ – vrijeme slijeđenja za manevar x [s].³⁵

6.1.5. Realni kapacitet

Realni kapacitet ovisi o stupnju zasićenja prometnoga toka i ranga prometnoga toka. Za glavne prometne tokove ranga 1 se pretpostavlja da nisu ometani od prometnih tokova sa sporednih privoza. Ovaj rang također podrazumijeva da se glavni tok ne usporava i ne kasni prilikom prolaska kroz raskrižje.³⁶

Rang 2 nema dodatnih ometanja od strane tokova sa sporednih privoza pa je realni kapacitet ranga 2 jednak idealnom. Rang 3 mora propustiti rang 1, te lijeve skretače s glavnog pravca ranga 2. Iz toga proizlazi da rang 3 neće moći iskoristiti sve vremenske praznine kako bi se uključio u glavni tok, jer će neke od tih praznina iskoristiti vozači koji s glavnoga toka skreću lijevo. Veličina ove impedancije (ometanja) ovisi o vjerojatnosti da će vozila koja skreću lijevo s glavnog privoza čekati istovremeno odgovarajuću vremensku prazninu kao i vozila ranga 3.³⁷

³⁵ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.11

³⁶ Ibid., str. 11

³⁷ Ibid., str. 11

Vjerojatnost da nema repa čekanja se računa prema formuli:

$$p_{o,j} = 1 - \frac{V_j}{C_{m,j}}$$

gdje je:

j – lijevi skretači s glavnog privoza,

$C_{m,j}$ – realni kapacitet lijevih skretača (rang 2).³⁸

Realni kapacitet za sve manevre ranga 3 računa se pomoću korekcijskog koeficijenta:

$$f_k = \prod x \times p_{o,j}$$

$p_{o,j}$ – vjerojatnost da prometni tok ranga 2 nema repa čekanja

k – manevri ranga 3.³⁹

Realni kapacitet ranga 3 računa se prema formuli:

$$C_{m,k} = C_{p,k} \times f_k$$

Vozila ranga 4 (lijevi skretači sa sporednog privoza) moraju propustiti sva vozila ranga 1, 2 i 3, te ovisi o redu čekanja ta tri viša ranga, a to su lijevi skretači s glavnog privoza, ravno sa sporednog privoza i desno sa sporednog privoza. Kod ranga 4 je bitno uočiti da vjerojatnosti viših rangova nisu neovisne jedna o drugoj. Posebno, vjerojatnost da nema reda čekanja u traku za lijevo skretanje s glavnog privoza utječe na vjerojatnost da nema reda čekanja u traku za ravno sa sporednog privoza. Iz tog razloga potrebno je odrediti faktor statističke zavisnosti vjerojatnosti za tokove ranga 2 i 3, što je prikazano formulom⁴⁰:

$$p' = 0,65 \times p'' - \frac{p''}{p''+3} + 0,6 \times \sqrt{p''}$$

³⁸ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorske vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.12

³⁹ Ibid., str. 12

⁴⁰ Ibid., str. 12

gdje je:

p' – faktor statičke zavisnosti vjerojatnosti za struje 2 i 3 ranga,

p'' – $(fk) * (P0,k)$

$P0,k$ predstavlja vjerojatnost da prometni tok ranga 3 nema reda čekanja, prikazan je formulom:

$$p_{0,k} = 1 - \frac{Vk}{c_{m,k}}$$

Korekcijski faktor prikazan je formulom:

$$f_l = p' \times p_{0,j}$$

gdje je:

l – lijevi skretači sa sporednog privoza,

j – desni skretači sa sporednog privoza.⁴¹

Konačno, realni kapacitet ranga 4 računa se prema formuli:

$$c_{m,l} = c_{p,l} \times f_l$$

6.1.6. Kapacitet zajedničkih trakova

Kapacitet zajedničkih trakova na sporednom privozu računa se prema formuli:

$$C_{SH} = \frac{\sum x V_x}{\sum x \frac{V_x}{c_{mx}}} [\text{voz/h}]$$

gdje je:

C_{SH} - kapacitet zajedničkog traka,

V_x – protok vozila za pojedini manevar u zajedničku traku.⁴²

⁴¹ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.13

⁴² Ibid., str. 14

6.1.7. Duljina repa čekanja

Rep čekanja je funkcija kapaciteta i stvarnog protoka u analiziranom vremenu. Prema sljedećoj formuli se računa broj vozila u repu čekanja s 95% sigurnošću:

$$Q_{95}=900 \times T \times \left[\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}}\right) \times \left(\frac{V_x}{c_{m,x}}\right)}{150 \times T}} \right] \times \left(\frac{c_{m,x}}{3600}\right) ; (T=0,25)$$

gdje je:

Q_{95} – 95% rep čekanja [vozila],

V_x – protok za manevar x,

$C_{m,x}$ – realni kapacitet manevara x,

T - analizirani period (0.25 za 15 – minutni period).⁴³

6.1.8. Prosječno vrijeme kašnjenja

Prosječno vrijeme kašnjenja definira se kao vrijeme koje protekne dok vozilo dođe na kraj repa čekanja do trenutka kad prođe kroz stop liniju.

$$d_x = \left(\frac{3600}{c_{m,x}}\right) + 900 \times T \times \left[\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}}\right) \times \left(\frac{V_x}{c_{m,x}}\right)}{450 \times T}} \right] + 5; (T=0,25)$$

gdje je:

d – prosječno vrijeme kašnjenja (s/vozilo).⁴⁴

Konstantna vrijednost od 5 s/vozilo dodana je u formulu zbog usporenja vozila iz brzine slobodnog toka do brzine vozila u redu čekanja i zbog ubrzanja vozila od zaustavne linije do brzine slobodnog toka. Prosječno vrijeme kašnjenja računa se za lijevo skretanje s glavnog privoza i trakove sporednog privoza.⁴⁵

⁴³ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorske vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.14

⁴⁴ Ibid., str. 15

⁴⁵ Ibid., str. 15

6.1.9. Razina usluge nesemaforiziranog raskrižja

Razina usluge je kvalitativna mjera koja opisuje operativne uvjete prometnog toka, a parametri na temelju kojih se utvrđuje su: brzina, vrijeme putovanja, sloboda manevriranja, utjecaj drugog prometa, udobnost. Definirano je šest razina usluge od A do F. Razina usluge A predstavlja najbolje operativne uvjete, a razina F najlošije. Razina usluge nesemaforiziranog raskrižja određuje se za svaku traku posebno, ali iza privoza raskrižja, kao i za samo raskrižje na temelju tablice 8.⁴⁶

Tablica 8. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena kašnjenja

Razina usluge	Prosječna vremena kašnjenja (s/veh)
A	0 - 10
B	> 10 - 15
C	> 15 - 25
D	> 25 - 35
E	> 35 - 50
F	> 50

Izvor: Highway Capacity Manual 2010 (HCM)

Nakon proračuna vremena kašnjenja za lijeve skretače s glavnog privoza i trakove sporednih privoza, potrebno je odrediti prosječno vrijeme kašnjenja po privozima:

$$d_A = \frac{d_{7,8} \times (V_8 + V_7) + d_9 \times V_9}{V_7 + V_8 + V_9}$$

d_A – vrijeme kašnjenja po privozu (s/voz)

d_r , d_t , d_l – proračunato vrijeme kašnjenja za desno skretanje, za ravno, za lijevo skretanje

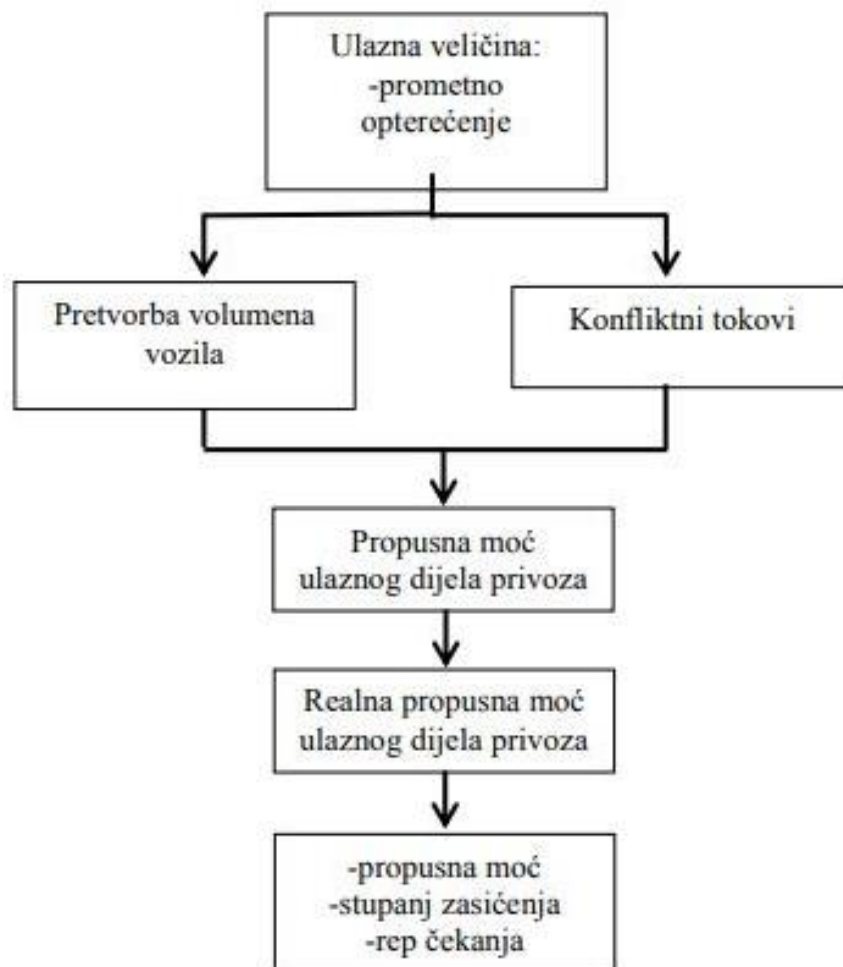
v_r , v_t , v_l – prometno opterećenje (voz/h).⁴⁷

⁴⁶ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.15

⁴⁷ Ibid., str. 15

6.2. Proračun propusne moći raskrižja s kružnim tokom prometa

Propusna moć odnosno kapacitet ulaza jednostranoga kružnoga raskrižja s jednostranim privozima određuje se na temelju konfliktnih tokova $V_{c,x}$. Konfliktna se situacija određuje kao zbroj svih konfliktnih točaka do kojih je došlo zbog prometnih radnja isplitanja, uplitanja, preplitanja i križanja prometnih tokova u raskrižju. Konfliktni prometni tok kružnoga raskrižja čine dva ili više prometna toka koja su u konfliktu zbog prometnih radnja uplitanja, isplitanja ili presijecanja prometnih tokova na površini kružnoga raskrižja.⁴⁸



Slika 37. Metodologija utvrđivanja propusne moći na raskrižju s kružnim tokom prometa

Izvor: Izvor: Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

⁴⁸ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.40

6.2.1. Izračun intenziteta pojedinog manevra i prometnog opterećenja

Intenzitet pojedinog manevra x (od 1 do 12) određuje se formulom:

$$v_x = \frac{V_x}{PHF} \text{ [voz/h]}$$

gdje je:

v_x – intenzitet za manevar x [voz/h],

V_x – stvarni intenzitet pojedinog manevra x [voz/h],

PHF – faktor vršnog sata (0,90).⁴⁹

Pretvorba volumena vozila [voz/h] u jedinice putničkog automobila [PAJ/h] prikazana je slijedećih formulama:

$$V_x = \frac{v_x}{f_{x,HV}} \text{ [PAJ/h]}$$

V_x [PAJ/h] – intenzitet za manevar x [PAJ/h],

v_x – intenzitet za manevar x [voz/h].⁵⁰

$$f_{x,HV} = \frac{1}{1 + P_{HV} * (E_T - 1)}$$

$f_{x,HV}$ – faktor prilagodbe za teška vozila,

E_T – koeficijent ekvivalentnih jedinica vozila.⁵¹

⁴⁹ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorske vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.41

⁵⁰ Ibid., str. 41

⁵¹ Ibid., str. 41

6.2.2. Konfliktni prometni tokovi

Protok konfliktnih tokova $V_{c,x}$ za pojedine privoze izražava se formulama:

$$V_{c,1,PAJ} = V_{4,PAJ} + V_{10,PAJ} + V_{11,PAJ} \text{ [PAJ/h]}$$

$$V_{c,2,PAJ} = V_{1,PAJ} + V_{2,PAJ} + V_{10,PAJ} \text{ [PAJ/h]}$$

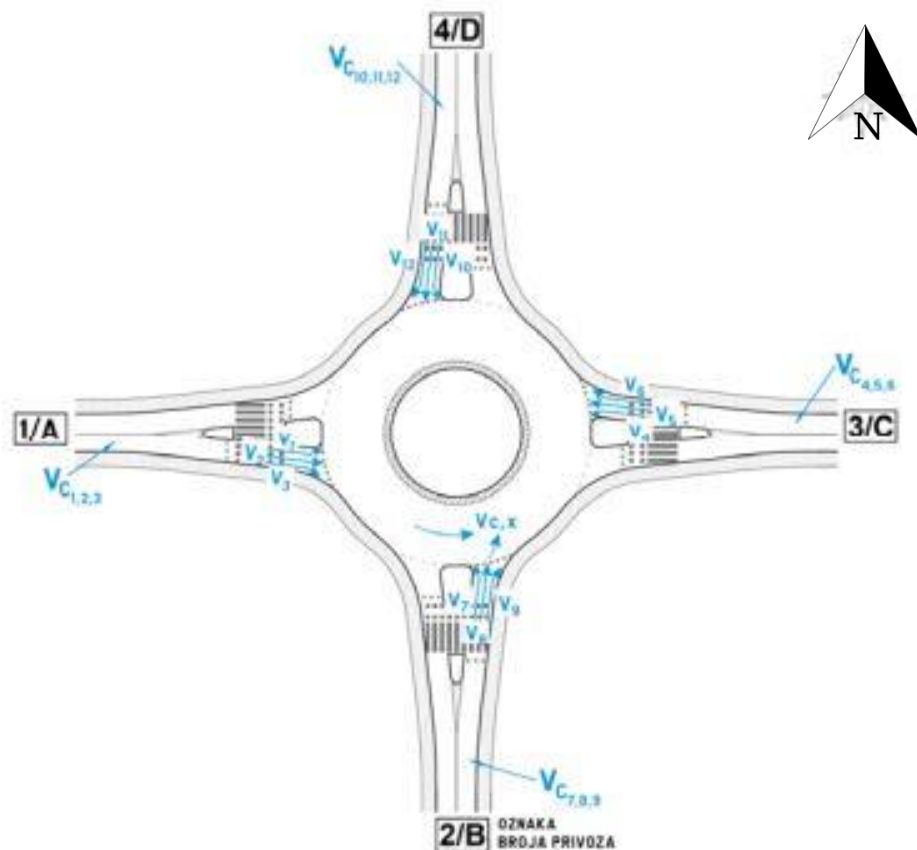
$$V_{c,3,PAJ} = V_{1,PAJ} + V_{7,PAJ} + V_{8,PAJ} \text{ [PAJ/h]}$$

$$V_{c,4,PAJ} = V_{4,PAJ} + V_{5,PAJ} + V_{7,PAJ} \text{ [PAJ/h]}$$

gdje je:

$V_{x,PAJ}$ – intenzitet za manevar x [PAJ/h],

$V_{c,PAJ}$ – konfliktni tok za pojedini privoz [PAJ/h].⁵²



Slika 38. Oznake privoza i pripadajuća raspodjela prometnih tokova prema HCM metodologiji

Izvor: Highway Capacity Manual 2010

⁵² Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.42

6.2.3. Propusna moć ulaznog dijela privoza

Propusna moć ulaznog dijela privoza određuje se prema formuli:

$$C_u = 1130 * e^{(-1*10^{-3})*V_{c,x}}$$

C_u – propusna moć ulaza privoza [PAJ/h],

$V_{c,x}$ – konflikti prometni tok za pojedini privoz [PAJ/h].⁵³

Faktor prilagodbe teških vozila po pojedinom privozu:

$$f_{HVe} = \frac{f_{x,HV,L} * V_{L,PAJ} + f_{x,HV,R} * V_{R,PAJ} + f_{x,HV,D} * V_{D,PAJ}}{V_{L,PAJ} + V_{R,PAJ} + V_{D,PAJ}}$$

$f_{x,HV}$ – faktor prilagodbe teških vozila za pojedini manevar x (lijevo, ravno, desno)

$V_{L,PAJ}$ – intenzitet za manevar x [PAJ/h].⁵⁴

Pretvorba intenziteta ulaza u jedinice [voz/h] u zavisnosti od faktora prilagodbe za teška vozila:

$$V = Q_{PAJ} * f_{HVe}$$

V – stvarni intenzitet pojedinog privoza [voz/h],

Q_{PAJ} – intenzitet ulaza privoza [PAJ/h],

f_{HVe} – faktor prilagodbe teških vozila za pojedini privoz.⁵⁵

⁵³ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorske vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.42

⁵⁴ Ibid.str. 43.

⁵⁵ Ibid., str. 43

6.2.4. Realni kapacitet ulaza

Stvarni (realni) kapacitet ulaza:

$$C_u = C_{u,PAJ} * f_{HVe} * f_{pj}$$

C_u – kapacitet ulaza [voz/h]

$C_{u,PAJ}$ – kapacitet ulaza [PAJ/h]

f_{HVe} – faktor prilagodbe teških vozila za pojedini privoz

f_{pj} – faktor prilagodbe ($f_{pj} = 1$)⁵⁶

6.2.5. Stupanj zasićenja

Stupanj zasićenja (omjer volumena privoza i propusne moći privoza) predstavlja usporedbu potražnje i propusne moći ulaza i pruža izravnu procjenu da li određeno oblikovno rješenje zadovoljava pretpostavljajuće potrebe. Pri analizi propusne moći potrebno je provjeriti stupanj zasićenja privoza x koji se dobije iz omjera volumena privoza i propusne moći privoza. Kako HCM2010 ne određuje standarde za stupanj zasićenja, prema svjetskim iskustvima i praksi vrijednosti od 0,85 do 0,90 predstavljaju zadovoljavajući stupanj zasićenja. Pri vrijednostima većima od 0,9 dolazi do zagušenja na privozima.

$$X = \frac{v_x[\text{voz/h}]}{C_u[\text{voz/h}]}$$

$X = 0,80 - 0,95$ -> zadovoljavajući stupanj zasićenja; $X > 0,9$ -> zagušenje na privozima

C_u – kapacitet ulaza [voz/h,

V – intezitet ulaza u [voz/h], ovisno o f_{HVe} ⁵⁷

⁵⁶ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.44

⁵⁷ Ibid., str. 44

6.2.6. Duljina nakupljanja vozila

Duljina nakupljanja vozila predstavlja bitan parametar oblikovnosti raskrižja s kružnim tokom prometa u pogledu geometrijskih veličina privoza. Određuje se kao duljina nakupljanja vozila koja čekaju na ulazak u kružni kolnik. Pri projektiranju kružnih raskrižja treba voditi računa da se u 95% slučajeva ne prijeđe duljina nakupljanja vozila pred ulazom u kružni prometni tok.⁵⁸

Duljina nakupljanja vozila (repa čekanja) koja čekaju da uđu na kružni kolnik:

$$Q_{95} = 900 \times T \times \left[X - 1 + \sqrt{(1 - X)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_u}\right) \times (X)}{150 \times T}} \right] \times \left(\frac{C_u}{3600}\right) ; (T=0,25)$$

Q_{95} – 95% duljina repa čekanja (voz),

x – stupanj zasićenja pojedinoga privoza,

C_u – kapacitet ulaza (voz/h),

T – vremenski period (za cijeli sat $T = 1$, za 15 minuta $T = 0,25$).⁵⁹

6.2.7. Prosječno vrijeme kašnjenja privoza

Vrijeme kašnjenja predstavlja standardni parametar koji se koristi za mjerenje učinkovitosti kružnih i klasičnih raskrižja. To je potrebno vrijeme koje vozač utroši na usporeenje vozila do zaustavljanja iza posljednjega vozila u repu čekanja, vrijeme provedeno u repu čekanja, čekanje prihvatljivoga trenutka uključivanja u kružni prometni tok.⁶⁰

Prosječno vrijeme kašnjenja privoza:

$$d_x = \frac{3600}{C_u} + 900 * T * \left[X - 1 + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_u}\right) * X}{450 * T}} \right] + (5 * X) \text{ [s/vozilu]}$$

⁵⁸ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorske vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.45

⁵⁹ Ibid., str. 46

⁶⁰ Ibid., str. 45

d_x – prosječno vrijeme kašnjenja manevra [s/voz],

X – stupanj zasićenja pojedinog privoza,

C_u – kapacitet ulaza [voz/h],

T – vremenski period (za 15 min $T = 0,25$)⁶¹

6.2.8. Razina usluge kružnog raskrižja

Na temelju prosječnog vremena kašnjenja određuje se pripadajuća razina usluge raskrižja s kružnim tokom prometa.

Prosječno vrijeme kašnjenja raskrižja:

$$d_{RKT} = \frac{d_A * V_A + d_B * V_B + d_C * V_C + d_D * V_D}{V_A + V_B + V_C + V_D} \left[\frac{s}{voz} \right]$$

gdje je:

d_{RKT} – prosječno vrijeme kašnjenja raskrižja s kružnim tokom prometa,

d_{A-D} – prosječno vrijeme kašnjenja privoza (A do D) [s/voz],

V_{A-D} – volumen prometa promatranog privoza (A do D) [voz/h].⁶²

6.3. Prikaz evaluacijskih parametara

Evaluacija služi za vrednovanje i procjenu isplativosti, utjecaja i učinka predloženih rješenja. U ovom diplomskom radu, evaluacija je napravljena od strane autora te na temelju proračuna iz Highway Capacity Manual priručnika napravljena su zaključna razmatranja i evaluacija za sva tri predmetna raskrižja.

⁶¹ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorske vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017., str.45

⁶² Ibid., str. 45

6.3.1. Raskrižje 1

S obzirom na to da se predloženim rješenjem raskrižja 1 nije mijenjao koncept raskrižja (prema postojećem stanju radi se o nesemaforiziranom četverokrakom raskrižju), nije bilo potrebno izraditi matematičke proračune evaluacije. Predloženim rješenjem raskrižje je zadržalo koncept nesemaforiziranog četverokrakog raskrižja, a predložene su promijene u vidu povećanja preglednosti i sigurnosti. Preciznije, prijedlog rješenja obuhvaća okomizaciju raskrižja kojom bi se povećala preglednost te razina sigurnosti svih sudionika u prometu. Jasnijim i jednostavnijim vođenjem prometnih tokova smanjio bi se rizik od nastanka prometnih nesreća. Kako bi se dodatno povećala razina sigurnosti prometa na području predmetnog raskrižja, predložena je sanacija potencijalno opasnih elemenata smještenih neposredno uz rub ceste.

Pored navedenog, predložena je implementacija kvalitetnije infrastrukture nemotoriziranog prometa koje je uključilo dodavanje nogostupa za pješake na zapadnom privozu te postavljanje biciklističke staze na istočnom. Uz to, predloženim rješenjem postavljen je i dodatni pješački prijelaz preko Ulice Klin. Prethodno spomenute mjere imale bi velikog značaja za razvoj održivog prometa na predmetnom području.

6.3.2. Raskrižje 2

Prema postojećem stanju, raskrižje 2 funkcioniralo je kao nesemaforizirano četverokrako raskrižje s tim da se glavni prometni tok odnosi na ulice Klin i Trnovčica. S obzirom na to da je prema postojećem stanju vođenje prometa na predmetnom raskrižju rezultiralo nerijetkim prometnim zagušenjima na pojedinim privozima, kao i čestim situacijama u kojima su ugroženi svi sudionici u prometu, predloženo je formiranje raskrižja s kružnim tokom prometa. Predloženim rješenjem osiguralo bi se jasnije vođenje prometa uz smanjenje brzine u samom raskrižju što bi dovelo do povećanja sigurnosti uz ostvarivanje harmonije u vođenju prometnih tokova novoplaniranim predmetnim raskrižjem. Kao i kod raskrižja 1 predložena je sanacija potencijalno opasnih mjesta koji su smješteni neposredno uz rub ceste. Njihovom sanacijom znatno bi se povećala razina sigurnosti prometa za sve sudionike. Uz navedeno, predloženo je i povećanje razine izgrađenosti infrastrukture za nemotorizirani promet, a koja uključuje prije svega formiranje nove biciklističke staze kojom bi se potaknulo vođenje biciklističkog prometa, a smanjilo korištenje motornih vozila, odnosno čime bi se djelovalo na razvoj održivog prometa na predmetnom području.

Sukladno provedenim proračunima za predmetno raskrižje (opisanim u prethodnom potpoglavlju) formiranjem raskrižja s kružnim tokom prometa, povećala bi se propusna moć pojedinih privoza, a samim time i razina usluge predmetnih raskrižja. Razina usluge u Ulici Klin (d B) u predloženom rješenju ostala bi B kao i u postojećem stanju, međutim kod ostalih privoza razina usluge bi se predloženim rješenjima povećala, pa bi se tako u Ulici Trnovčica (d C) i odvojkju Klin (d D) razina usluge povećala sa B na A, dok bi se u Ulici Vinka Žganeca razina usluge povećala sa C na A. U tablici 9 određena je razina usluge (na temelju *Tablica 8. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena kašnjenja*) prema vrijednostima dobivenima iz proračuna opisanih u prethodnim potpoglavljima.

Tablica 9. Usporedba prosječnog vremena kašnjenja postojećeg stanja i predloženog rješenja

d [s/vozilu]	Postojeće stanje	Razina usluge postojećeg stanja	Prijedlog rješenja	Razina usluge predloženih rješenja
d A	16,1156	LOS C	9,456	LOS A
d B	14,8755	LOS B	12,4213	LOS B
d C	11,3471	LOS B	8,9604	LOS A
d D	10,7662	LOS B	5,7565	LOS A

Iz tablice 9 može se zaključiti da bi se oblikovanjem postojećeg četverokrakog nesemaforiziranog raskrižja u predloženo raskrižje s kružnim tokom prometa razina usluge po privozima povećala te bi se time znatno povećala propusna moć raskrižja i sigurnost svih sudionika u prometu.

Tablica 10. Razina usluge prema prosječnom vremenu kašnjenja na predloženom raskrižju s kružnim tokom prometa

d_{rkt} [s/vozilu]		Razina usluge
d_{rkt}	10,4839	LOS B

6.3.3. Raskrižje 3

S obzirom na to da se predloženim rješenjem raskrižja 3, kao i kod raskrižja 1, nije mijenjao koncept raskrižja (prema postojećem stanju radi se o nesemaforiziranom trokrakom raskrižju), nije bilo potrebno izraditi matematičke proračune evaluacije. Predloženim rješenjem raskrižje je zadržalo koncept nesemaforiziranog trokrakog raskrižja, a predložene su promjene u vidu povećanja preglednosti i sigurnosti.

Kako se predmetno raskrižje nalazi u blizini škole i vrtića najveći naglasak stavljen je na povećanje sigurnosti najugroženijih sudionika u prometu, pješaka, posebice djece. Shodno tome, poboljšanje raskrižja ostvareno je kroz smanjenje brzine kretanja vozila na predmetnom raskrižju na način da je postavljena kamena podloga umjesto asfaltne kojom su vozački primorani smanjiti brzinu kretanja vozila. Također, predloženo je postavljanje adekvatne rasvjete kojom bi pješaci bili znatno uočljiviji. Uz to, predložena je i implementacija LED markera kako bi se dodatno naglasila prisutnost pješačkog prijelaza. Kao i na prethodno opisana dva raskrižja predloženim rješenjem poboljšana je infrastruktura nemotoriziranog prometa, pa je tako predloženo postavljanje biciklističke staze kojom bi se naglasak stavio na održivi promet, a čime bi se smanjila gustoća motoriziranog prometa na predmetnom području.

7. ZAKLJUČAK

Prometnim planiranjem nastoji se uz kvalitetnu organizaciju prometnih tokova na prometnoj mreži optimizirati korištenje te iste mreže uz najmanje moguće ekološke, ekonomske, društvene i ostale troškove. Kako bi se postupak prometnog planiranja izveo na najbolji mogući način potrebno je prije svega uočiti problem, detaljno ga analizirati te na temelju dobivenih analiziranih parametara predložiti rješenja koja je na kraju poželjno i vrednovati. Uz navedeno, treba nastojati da predložena prometna rješenja budu u korelaciji s održivim prometnim planiranjem. Sam održivi promet označava onaj kod kojeg parametri kao što su potrošnja goriva, prometna sigurnost te otvorenost održivim modovima prijevoza (pješačenje, biciklizam) ne ostavljaju teške posljedice u budućnosti na sustav u kojem živimo.

U ovom diplomskom radu analizirana su tri raskrižja na području gradske četvrti Gornja Dubrava. Raskrižja su okarakterizirana kao problematična zbog nedostatka sigurnosti svih sudionika u prometu zbog prisutnosti potencijalno opasnih elemenata u neposrednoj blizini predmetnih raskrižja, kao što su kruti objekti stupovi rasvjete, oštećen kolnik; smanjene preglednosti zbog prisutnosti stambenih objekata u neposrednoj blizini; neodgovarajuće širine prometnih trakova koje omogućavaju razvoj većih brzina od dopuštenih; nejasne regulacije na predmetnim raskrižjima koja može djelovati zbunjujuće na vozače te time ugroziti sigurnost svih sudionika u prometu. Kako bi se poboljšalo postojeće stanje na predmetnim raskrižjima predložena su idejna prometna rješenja.

Raskrižje 1 karakteristično je po tome što je izmaknuto raskrižje pa je zbog toga smanjena preglednost i sigurnost te sadrži trokutasti otok koji može zbuniti vozače prilikom ulaska u sporedni privoz odnosno izlaska iz sporednog na glavni privoz. Kao rješenje za raskrižje 1 predložena je okomizacija raskrižja te je uklonjen trokutasti otok. Povećana je sigurnost na način da je uz pojednostavljenje regulacije vođenja prometa na raskrižju predloženo uklanjanje potencijalno opasnih objekata smještenih neposredno uz rub ceste. Također, predloženo je i suženje prometnih trakova sa postojećih 6 m na predloženih 4 m što ima za cilj smanjiti brzinu kretanja vozila u području predmetnog raskrižja. Kako bi se područje predmetnog raskrižja organiziralo u skladu s održivim prometovanjem predloženo je formiranje pješačke i biciklističke staze koji imaju za cilj povećanje sigurnosti nemotoriziranog prometa, ali i povećanje atraktivnosti urbane zone.

Za raskrižje 2 predložena je rekonstrukcija iz nesemaforiziranog četverokrakog raskrižja u raskrižje s kružnim tokom prometa kojim bi se povećala razina sigurnosti i

propusna moć raskrižja. Uvođenjem raskrižja s kružnim tokom prometa ostvarilo bi se smirivanje prometa odnosno smanjio bi se broj konfliktnih točaka čime bi mogućnost nastanka prometne nesreće bila niža, a ukoliko bi došlo do prometne nesreće, ona bi bila s lakšim posljedicama (samo materijalna šteta ili s lakše ozlijeđenim osobama). Također je, kao i kod raskrižja 1, formirana pješačka i biciklistička staza kojima se nastoji poticati razvoj održivih oblika prometovanja.

Raskrižje 3 karakterizira ugroženost pješaka, posebice djece jer se u neposrednoj blizini raskrižja nalaze osnovna škola i vrtić. S obzirom na to da širine prometnih traka iznose 3,5 metra, vozači mogu razviti veću brzinu od dopuštene. Iz navedenog je razloga kao rješenje predloženo suženje prometnih trake na 3 metra te implementacija tzv. zig – zag linija kako bi vozači smanjili brzinu kretanja vozila u zoni pješačkog prijelaza. Uz navedeno, predlaže se formiranje zone na području raskrižja, duljine oko 40 m, koja bi imala drugačiju kolničku površinu od postojeće. Prisutnost pješačkog prijelaza dodatno je naglašena treptajućim LED markerima postavljenih uzduž pješačkog prijelaza.

Svi prijedlozi rješenja imaju za cilj povećati sigurnost svih sudionika u prometu, povećati preglednost i propusnu moć raskrižja te smanjiti mogućnost nastanka prometnih nesreća. Također, formiranjem pješačke i biciklističke staze, nastoji se poticati razvoj održivih oblika prometa što ima za cilj smanjenje gustoće cestovnih motornih vozila. Sveobuhvatnim predloženim rješenjima nastoji se poboljšati trenutno stanje prometa na području Gornje Dubrave koja bi uz smanjenje direktnih, indirektnih i eksternih troškova, kroz određeni vremenski period rezultirala brojnim ekonomskim, ekološkim i društvenim benefitima.

LITERATURA

1. Luburić, G.: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1- radni materijal za predavanja, Fakultet prometnih znanosti, 2010.
2. Dadić, I., Kos, G., Ševrović M.: Teorija prometnog toka, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
3. Dadić, I., Kos, G.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Skripta, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007.
4. Dadić, I. i suradnici,: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
5. <https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/>, Pristupljeno: 30.05.2019.
6. <https://earth.google.com/web/>, Pristupljeno: 30.05.2019.
7. <https://www.zagreb.hr/14-mjesni-odbor-studentski-grad/>, Pristupljeno: 30.05.2019.
8. Prometno tehnološko projektiranje, nastavni materijali, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2018/2019
9. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Hrvatske ceste d.o.o. Zagreb, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2014.
10. Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II., Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017.
11. HCM – Highway Capacity Manual. Volume 3. Interrupted flow. 2010. Transport Research Laboratory. Washington. D. C. USA
12. Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

POPIS SLIKA

Slika 1. Shematski prikazi različitih vrsta mreža	5
Slika 2. Shematski prikaz prometnog toka	6
Slika 3. Blok dijagram procesa promjene organizacije prometnih tokova	8
Slika 4. Smještaj gradske četvrti Gornja Dubrava	10
Slika 5. Šira zona obuhvata	11
Slika 6. Prikaz područja mjesnog odbora Studentski grad	12
Slika 7. Uža zona obuhvata	13
Slika 8. Prikaz namjene površina u užoj zoni obuhvata	14
Slika 9. Prikaz postojećeg stanja raskrižja 1	16
Slika 10. Prikaz postojećeg stanja raskrižja 2	18
Slika 11. Prikaz postojećeg stanja raskrižja 3	19
Slika 12. Organizacija i regulacija prometnih tokova prema postojećem stanju u zoni obuhvata	21
Slika 13. Lokacije ručnog brojanja prometa	23
Slika 14. Prikaz distribucije na raskrižjima 1 i 2	24
Slika 15. Prikaz vršnih opterećenja raskrižja Ulice Krotovica, Ulice Klin i Ulice Novoselski odvojak X. (R1)	25
Slika 16. Prikaz vršnih opterećenja raskrižja Ulice Trnovčica, Ulice Klin i Ulice Vinka Žganeca (R2)	26
Slika 17. Prikaz vršnih opterećenja raskrižja Ulice Mate Lovraka sa sjevernim privozom istoimene ulice (R3)	27
Slika 18. Intenzitet PGDP-a [voz/dan] na predmetnom području	29
Slika 19. Prikaz potencijalno opasnog krutog elementa smještenog uz rub ceste (New Jersey ograda) na Raskrižju 2	34
Slika 20. Prikaz potencijalno opasnog krutog elementa smještenog uz rub ceste (betonska ograda) na Raskrižju 1	34
Slika 21. Prikaz potencijalno opasnih stupova rasvjete neposredno uz rub ceste na Raskrižju 2	35
Slika 22. Prikaz potencijalno opasnog stupa rasvjete na Raskrižju 1	36
Slika 23. Prikaz nedostatka nogostupa	37
Slika 24. Prikaz nedostatka biciklističke staze	37
Slika 25. Prikaz oštećenja na pješačkoj stazi	38

Slika 26. Prikaz oštećenja kolničke konstrukcije	39
Slika 27. Prikaz oštećenja kolničke konstrukcije	40
Slika 28. Ruta autobusne linije 223 koja prolazi kroz raskrižja 1 i 2.....	41
Slika 29. Ruta autobusne linije 210 koja prolazi raskrižjem 3	42
Slika 30. Idejno prometno rješenje raskrižja Ulica Klin, Krotovica i Novoselski odvojak X. 44	
Slika 31. Idejno prometno rješenje raskrižja Ulica Klin, Trnovčica i Vinka Žganeca.....	45
Slika 32. Konfliktne točke u četverokrakom nesemaforiziranom raskrižju.....	46
Slika 33. a) konfliktne točke u kružnom raskrižju, b) tipovi prometnih nesreća u kružnom raskrižju.....	47
Slika 34. Idejno prometno rješenje raskrižja Ulice Mate Lovraka sa sjevernim privozom istoimene ulice.....	48
Slika 35. Metodologija utvrđivanja propusne moći na nesemaforiziranom raskrižju.....	50
Slika 36. Prometni tokovi na četverokrakom raskrižju (tokovi 13, 14, 15 i 16 su pješački tokovi koji su zanemareni)	51
Slika 37. Metodologija utvrđivanja propusne moći na raskrižju s kružnim tokom prometa ...	60
Slika 38. Oznake privoza i pripadajuća raspodjela prometnih tokova prema HCM metodologiji	62

POPIS TABLICA

Tablica 1. Koeficijenti ekspanzije	23
Tablica 2. Kategorije prometnih nesreća po godinama u Ulici Klin.....	31
Tablica 3. Kategorije prometnih nesreća po godinama u Ulici Vinka Žganeca.....	31
Tablica 4. Kategorije prometnih nesreća po godinama u Ulici Trnovčica.....	31
Tablica 5. Kategorije prometnih nesreća po godinama u Gradu Zagrebu.....	32
Tablica 6. Kategorije potencijalno opasnih mjesta	33
Tablica 7. Bazne kritične vremenske praznine i vrijeme slijeđenja u ovisnosti o manevru u raskrižju.....	54
Tablica 8. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena kašnjenja.....	59
Tablica 9. Usporedba prosječnog vremena kašnjenja postojećeg stanja i predloženog rješenja	68
Tablica 10. Razina usluge prema prosječnom vremenu kašnjenja na predloženom raskrižju s kružnim tokom prometa	68

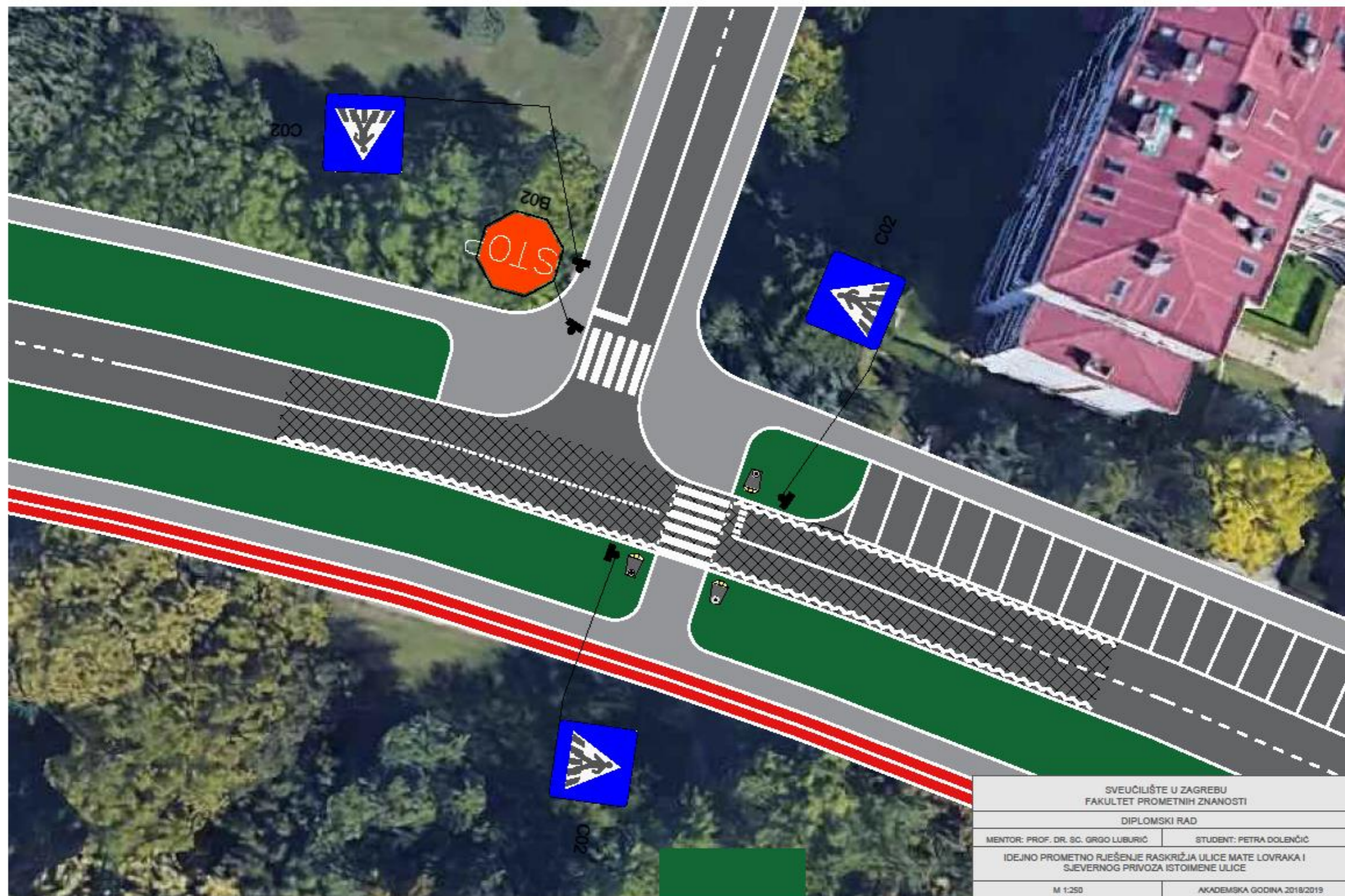
PRILOG 1. IDEJNO PROMETNO RJEŠENJE RASKRIŽJA ULICA KLIN, KROTOVICA I NOVOSELSKI ODVOJAK X. U GRADU ZAGREBU



PRILOG 2. IDEJNO PROMETNO RJEŠENJE RASKRIŽJA ULICA KLIN, VINAK ŽGANECA I TRNOVČICA U GRADU ZAGREBU



PRILOG 3. IDEJNO PROMETNO RJEŠENJE RASKRIŽJA ULICE MATE LOVRAKA I SJEVERNOG PRIVOZA ISTOIMENE ULICE

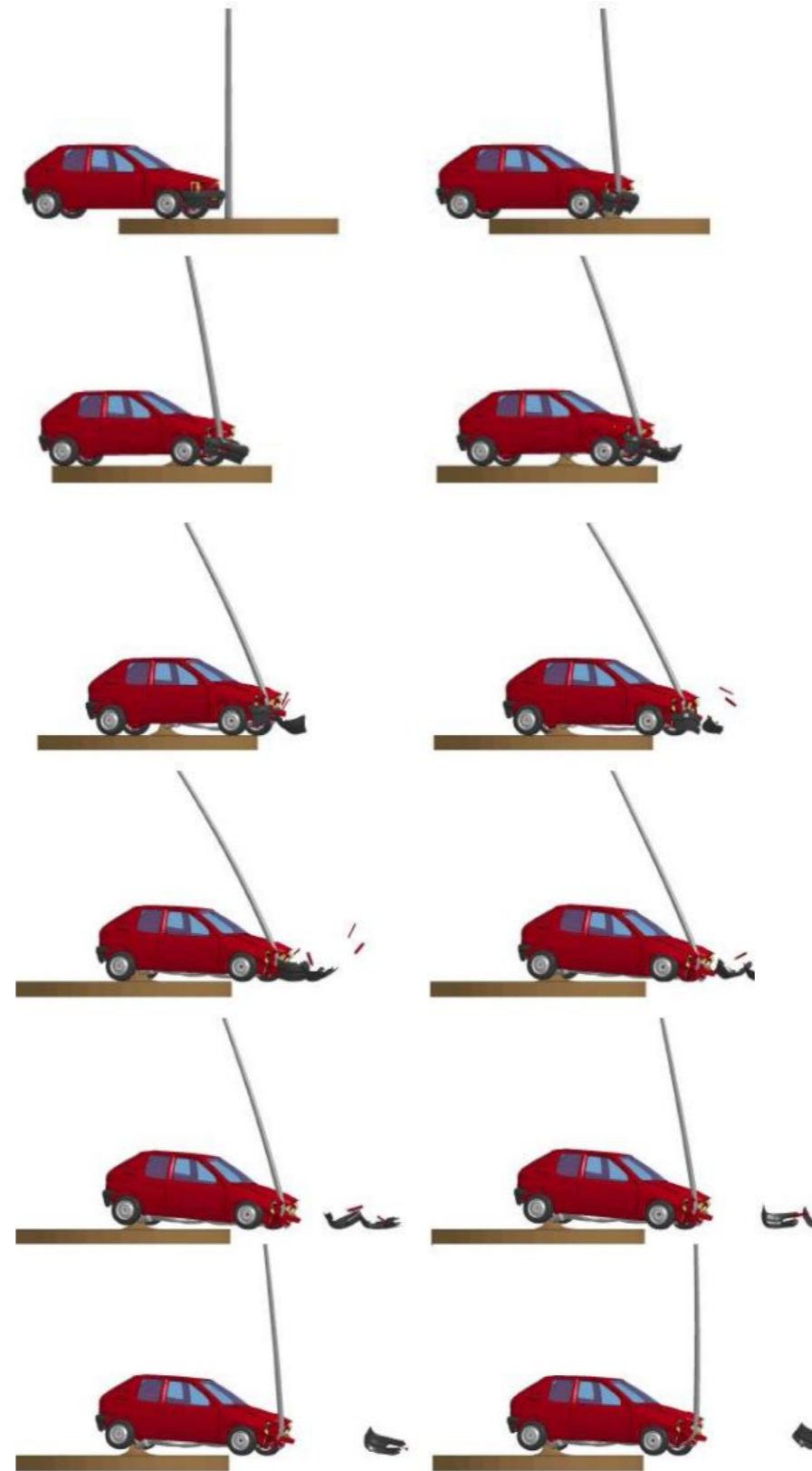


SVEUČILIŠTE U ZAGREBU FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
DIPLOMSKI RAD	
MENTOR: PROF. DR. SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: PETRA DOLENIČ
IDEJNO PROMETNO RJEŠENJE RASKRIŽJA ULICE MATE LOVRAKA I SJEVERNOG PRIVOZA ISTOIMENE ULICE	
M 1:250	AKADEMSKA GODINA 2018/2019

PRILOG 4. EUROPSKI STANDARD EN 12767



Stupovi pasivne sigurnosti koji su sastavljeni od više elemenata, a funkcioniraju na način da se rastave prilikom naleta vozila na njih pa tako nema nagle promjene brzine vozila koja može biti kobna za vozače



Stupovi pasivne sigurnosti koji su napravljeni od materijala koji se savija prilikom naleta vozila, pa tako nema nagle promjene brzine vozila koja može biti kobna za vozače