

Utjecaj rekonstrukcije kružnog raskrižja Remetinec na promjenu tokova prijevozne potražnje u Gradu Zagrebu

Majcan, Domagoj

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:119:594084>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ REKONSTRUKCIJE KRUŽNOG RASKRIŽJA
„REMETINEC“ NA PROMJENU TOKOVA PRIJEVOZNE
POTRAŽNJE U GRADU ZAGREBU**

**IMPACT OF RECONSTRUCTION OF ROUNDABOUT
„REMETINEC“ ON TRANSPORT DEMAND CHANGE IN THE CITY
OF ZAGREB**

Mentor:
doc. dr. sc. Luka Novačko

Student:
Domagoj Majcan
0135224172

Zagreb, srpanj 2019.

SAŽETAK:

Tema diplomskog rada je „Utjecaj rekonstrukcije kružnog raskrižja „Remetinec“ na promjenu tokova prijevozne potražnje u Gradu Zagrebu“. U radu se provela analiza 1. faze Masterplana Grada Zagreba i napravio se kritički osvrt na postojeće stanje vođenja prometnih tokova na kružnom raskrižju „Remetinec“ te se za odabrano raskrižje predložilo poboljšanje postojećeg stanja. Napravila se simulacija raskrižja programskim alatom PTV Visum na temelju vlastitog brojanja prometa iz 2017. i 2018. godine, te se napravila evaluacija rezultata prometnog modela nakon predloženih prometno-građevinskih intervencija na mreži.

KLJUČNE RIJEČI: vođenje prometa, kružno raskrižje, rekonstrukcija, simulacija.

SUMMARY:

Theme of the thesis is "Impact of reconstruction of roundabout „Remetinec“ on transport demand change in the City of Zagreb". This paper analyzes the first stage of the Master Plan of the City of Zagreb and has made a critical review of the existing state of the traffic flows at the "Remetinec" roundabout and proposed improvements to the existing condition for the selected intersection. Intersection simulation was performed with the PTV Visum program tool based on its own traffic counts from 2017 to 2018, and an evaluation of the traffic model results was made following the proposed traffic-building interventions on the network.

KEYWORDS: traffic management, roundabout, reconstruction, simulation.

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. ANALIZA REZULTATA 1. FAZE MASTERPLANA GRADA ZAGREBA..... | 3 |
| 2.1 Geografski položaj | 4 |
| 2.2 Stanovništvo | 4 |
| 2.3 Prometni sustav | 6 |
| 2.3.1 Cestovni promet | 6 |
| 2.3.2 Javni putnički promet | 7 |
| 2.3.3 Željeznički promet..... | 8 |
| 2.3.4 Zračni promet | 9 |
| 2.3.5 Biciklistički promet | 10 |
| 2.4 Turizam | 10 |
| 2.5 Rezultati istraživanja | 11 |
| 2.6 Glavni rezultati ispitivanja kućanstva | 13 |
| 2.6.1 Karakteristike kućanstva | 13 |
| 2.6.2 Stavovi i mišljenja o prometu..... | 14 |
| 2.6.3 Navike putovanja..... | 14 |
| 2.7 Sustav javnog prijevoza..... | 14 |
| 2.8 Promet osobnih vozila | 15 |
| 2.9 Automatsko bojanje prometa..... | 16 |
| 2.10 Scenarij prometne potražnje | 17 |
| 2.10.1 Niski scenarij | 18 |
| 2.10.2 Srednji scenarij | 21 |
| 2.10.3 Visoki scenarij | 24 |
| 3. ANALIZA PROMETNOG MODELA GRADA ZAGREBA..... | 28 |
| 3.1 Klasični četverostupnjevani model..... | 29 |
| 3.2 Prometni model Grada Zagreba..... | 33 |
| 4. BROJANJE PROMETA I VALIDACIJA PROMETNOG MODELA | 37 |

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Brojanje prometa listopad 2017..... | 39 |
| 4.2 | Zaključna analiza brojanja prometa za listopad 2017. godine..... | 40 |
| 4.3 | Brojanje prometa ožujak 2018..... | 44 |
| 4.4 | Zaključna analiza brojanja prometa za ožujak 2018. godine..... | 45 |
| 4.5 | Brojanje prometa srpanj 2018. | 49 |
| 4.6 | Zaključna analiza brojanja prometa za srpanj 2018. godine..... | 50 |
| 4.7 | Zaključna analiza brojanja prometa za listopad 2017., ožujak 2018. i srpanj 2018. godine . | 54 |
| 5. | PRIJEDLOG OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA ROTORU „REMETINEC“ | 58 |
| 5.1 | Osnovni podaci..... | 58 |
| 5.2 | Predloženo rješenje_Varijanta 1..... | 61 |
| 5.3 | Predloženo rješenje_Varijanta 2..... | 63 |
| 6. | EVALUACIJA REZULTATA PROMETNOG MODELA NAKON PREDLOŽENIH PROMETNO-GRAĐEVINSKIH INTERVENCIJA NA MREŽI..... | 67 |
| 7. | ZAKLJUČAK | 69 |
| | LITERATURA..... | 70 |
| | POPIS SLIKA | 72 |
| | POPIS TABLICA..... | 74 |
| | POPIS GRAFIKONA | 76 |
| | POPIS PRILOGA..... | 77 |

1. UVOD

Grad Zagreb je najveći grad u Hrvatskoj s najviše stanovnika, zdravstvenih ustanova, obrazovnih ustanova i najvećim brojem motornih vozila. Tijekom cijele godine, za vrijeme radnog dana, zbog potrebe za putovanjem na posao, u obrazovne i zdravstvene ustanove i slično, nastaju ogromni repovi čekanja vozila na raskrižjima/ulicama koje stvaraju negativni utjecaj na kvalitetu života.

Cilj ovog rada je prikazati smanjenje broja osobnih vozila rekonstrukcijom kružnog raskrižja „Remetinec“ u odnosu na postojeće kružno raskrižje. Na temelju vlastitog brojanja prometa unutar tri tjedna (od 23.10.2017. do 29.10.2017, od 12.03.2018. do 18.03.2018. i od 23.07.2018. do 29.07.2018. godine) u jutarnjem (6:00-09:00 sati) i popodnevnom (16:00-18:00 sati) vršnom opterećenju, zaključit će se dali je potrebna rekonstrukcija kružnog raskrižja „Remetinec“. Rad je podijeljen u 7 cjelina:

1. Uvod
2. Analiza rezultata 1. faze Masterplana Grada Zagreba
3. Analiza prometnog modela Grada Zagreba
4. Brojanje prometa i validacija prometnog modela
5. Prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova na rotoru „Remetinec“
6. Evaluacija rezultata prometnog modela nakon predloženih prometno-građevinskih intervencija na mreži
7. Zaključak

U drugom poglavlju provedena je analiza rezultata 1. faze Masterplana Grada Zagreba. U to spadaju geografski podatci, podatci o stanovništvu, prometu, turizmu, rezultati ispitivanja stanovništva, te scenarij prometne potražnje.

U trećem poglavlju opisan je prometni model i klasični četverostupnjevani model, te je prikazana prometna mreža Grada Zagreba i broj osobnih vozila pomoću programskog alata PTV Visum.

U četvrtom poglavlju prikazani su rezultati brojanja prometa unutar tri tjedna u jutarnjem i popodnevnom vršnom periodu.

U petom poglavlju predložit će se dva varijantna rješenja kružnog raskrižja „Remetinec“, te će se prikazati stanje prometa na prometnicama nakon predloženog rješenja.

U šestom poglavlju prikazat će se usporedba rezultata prometnog modela nakon predloženih prometno-građevinskih intervencija na mreži.

U sedmom poglavlju obrazložit će se dali je potrebno izvršiti rekonstrukciju postojećeg kružnog raskrižja „Remetinec“ na temelju brojanja prometa.

2. ANALIZA REZULTATA 1. FAZE MASTERPLANA GRADA ZAGREBA

„Master plan prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije“ obuhvaća administrativno područje triju županija u središnjoj Hrvatskoj. One uključuju:

- Grad Zagreb (koji istovremeno ima status županije),
- Zagrebačku županiju,
- Krapinsko-zagorsku županiju. [1]

Osim prometne situacije, Master plan opisuje demografsku situaciju u gradu i županijama, kao i stanje gospodarenja otpadom, turizma, zdravstva, obrazovanja i industrije [1].

Između ostalog, to uključuje: slojevitu analizu relevantnih modova prijevoza, kvalitetu infrastrukture, kapacitet infrastrukture, sigurnost prometa, trenutnu potražnju (uključujući izvorišno odredišne karakteristike), dostupnost, funkcionalnost mreže, kvalitetu i kapacitet voznog parka, organizaciju sustava, održavanje postojećeg sustava, operativna ograničenja, analizu crnih točaka, okoliš, sustav parkiranja itd. [1]

Izvještaj Master plana je podijeljen na tri glavna dijela koji pokrivaju tri različite teme :

- Demografski pokazatelji - obuhvaćaju detaljne opise stanovništva i njegovog sastava, te prostorne planove za područje Master plana itd.
- Prometna ponuda - analizira prometne mreže koje pokrivaju sustav cestovnog i biciklističkog prometa te javnog prijevoza u segmentu pristupačnosti, funkcionalnosti, kapaciteta, kvalitete infrastrukture. Opisi i analiza uključuju procjenu raspoloživih podataka kao i istraživanja na terenu provedena od strane Izvršitelja.
- Prometna potražnja - prometna potražnja analizirana je na temelju Prometnog modela za Grad Zagreb, Zagrebačku županiju i Krapinsko-zagorsku županiju te prikupljenih podataka. Ovaj segment obuhvaća i glavne rezultate opsežnog istraživanja provedenog tijekom izrade studije i glavne rezultate izračuna bazne godine prometnog modela. Neki od nalaza vezanih uz raspodjelu putovanja i ankete kućanstava proizlaze iz drugog izvještaja ovog Master plana provedenog nakon faze prikupljanja podataka. [1]

U nastavku ovog rada, od tri navedene županije, analizirat će se Grad Zagreb.

2.1 Geografski položaj

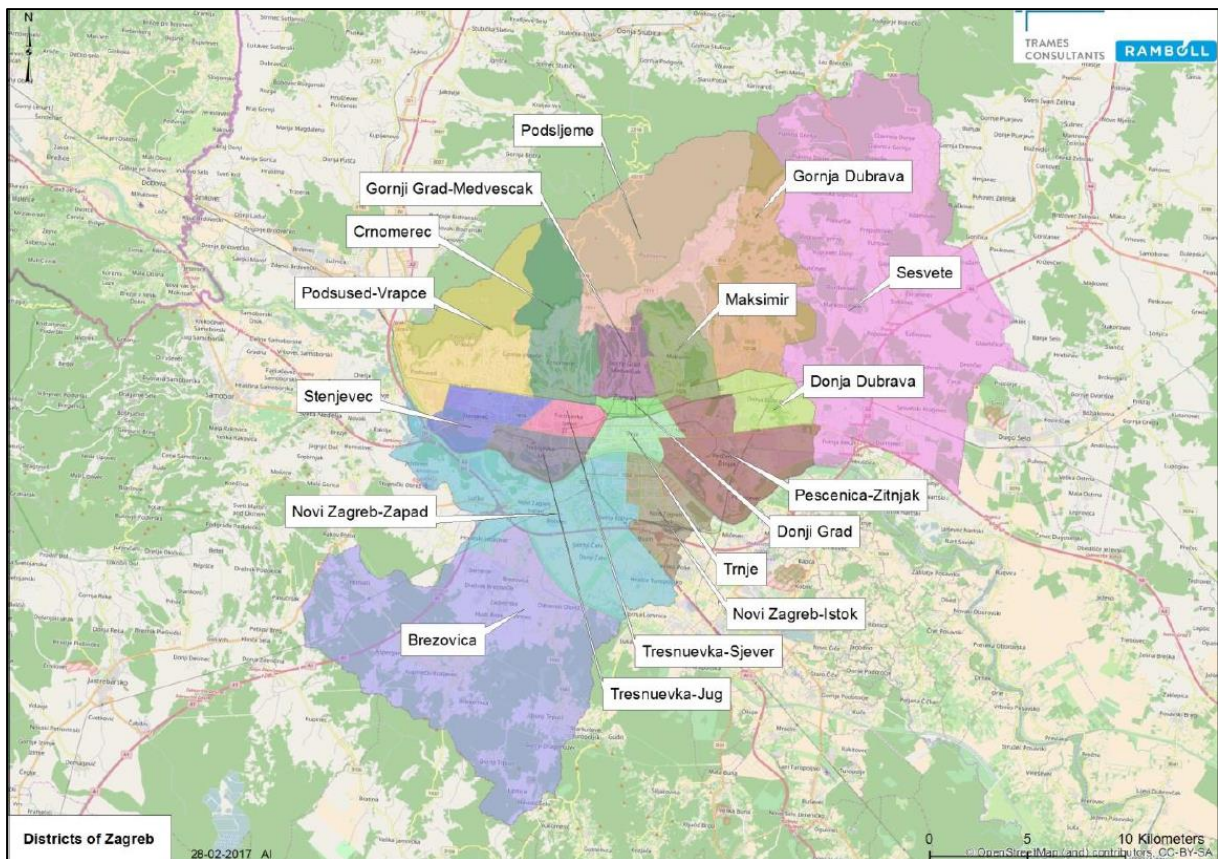
Grad Zagreb ima površinu od 640 km² i obuhvaća 1,13 % kopnenog teritorija Republike Hrvatske. Na istoku, jugu i zapadu, Grad Zagreb graniči sa Zagrebačkom županijom, a na sjeveru s Krapinsko-zagorskom županijom. Što se tiče šireg zemljopisnog položaja, Grad Zagreb nalazi se na jugozapadnom rubu prostranog Panonskog bazena, na samo 120 km zračne udaljenosti od obale Jadranskog mora, što mu daje komparativnu prednost u odnosu na sve ostale gradove u Republici Hrvatskoj, Predstavlja "vrata prema Jadranskom moru" za većinu srednjoeuropskih zemalja [1].

2.2 Stanovništvo

Prema Popisu stanovništva iz 2011. godine, nešto manje od jedne petine stanovništva Hrvatske (18,4 %) živi u glavnom gradu. Prema Popisu stanovništva iz 2011. godine, u Gradu Zagrebu živi 790.017 stalnih stanovnika. Gustoća naseljenosti bila je 1.234 stanovnika po km² u 2011. u usporedbi s 1.215 stanovnika po km² u Popisu stanovništva iz 2001. godine [1].

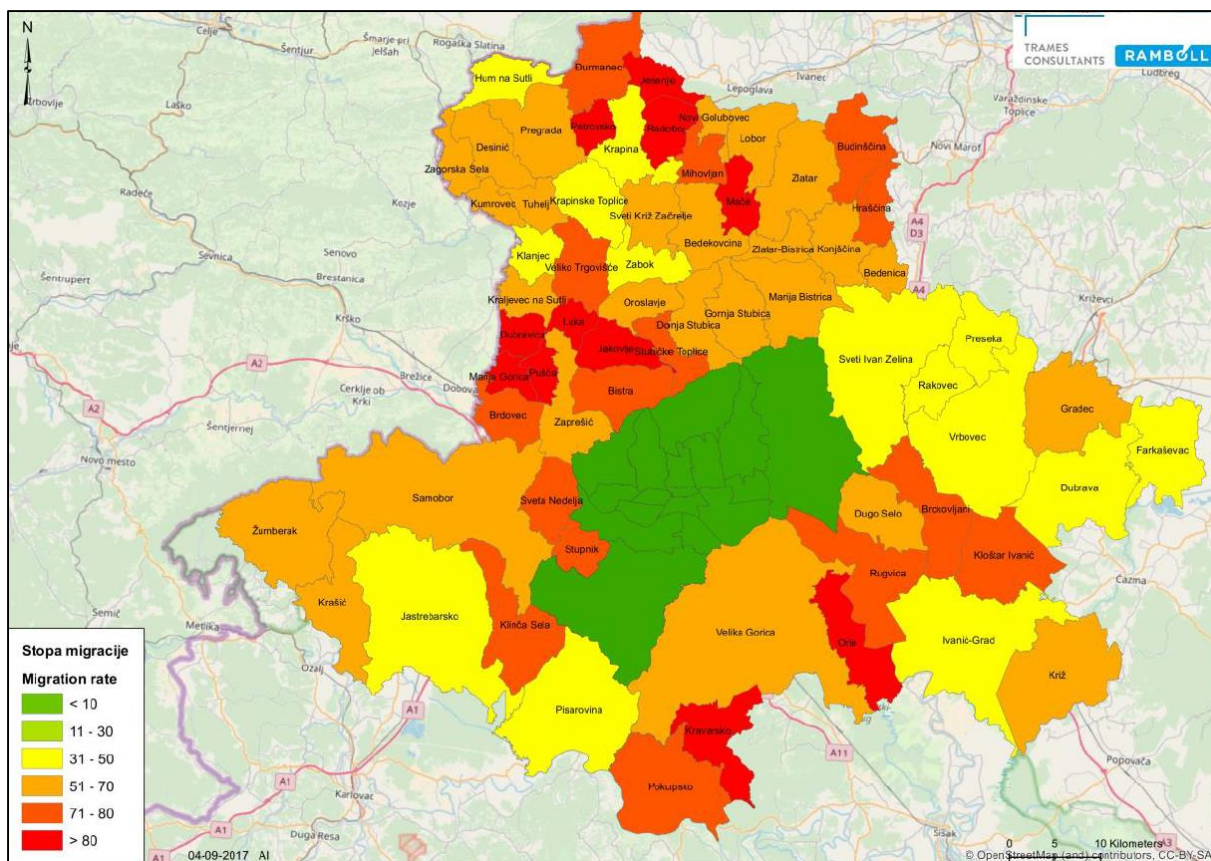
Grad Zagreb je gospodarsko središte zemlje koje stvara oko 30% bruto domaćeg proizvoda i zapošljava više od četvrtine ukupno zaposlenih u Hrvatskoj [1].

Grad Zagreb je jedinica lokalne/područne samouprave koja se sastoji od 17 manjih samoupravnih jedinica - gradskih četvrti (Slika 2.1.) [1].



Slika 2.1. Općine u Gradu Zagrebu, [1]

Broj putnika koji svakodnevno putuju prema Gradu Zagrebu premašio je brojku od 100.000 ljudi. Interesi putnika vezani su za obrazovanje, zdravstvo i gospodarstvo. Više od 30.000 učenika i studenata svakodnevno putuje prema Zagrebu, a broj zaposlenih koji putuju na posao u Zagreb premašuje 80.000 ljudi. Velik broj putnika pokazuje privlačnost Grada Zagreba, ali ukazuje i na moguće probleme i pritisak na prometnu infrastrukturu Grada. Slika 2.2. prikazuje stopu migracije za Grad Zagreb, Zagrebačku županiju i Krapinsko-zagorsku županiju, gdje se ujedno može vidjeti najmanji postotak migracije za područje grada Zagreba u odnosu na druge županije [1].



Slika 2.2. Stopa migracije u Gradu Zagrebu, Zagrebačkoj županiji i Krapinsko-zagorskoj županiji, [1]

2.3 Prometni sustav

Grad Zagreb je jedno od najjačih prometnih čvorišta u Hrvatskoj. Prometni sustav na međunarodnoj i nacionalnoj razini na području Grada sastoji se od cestovnih, željezničkih i zračnih prometnih komponenti. U sklopu paneuropskih koridora, europske međunarodne cestovne i željezničke trase prolaze kroz područje Grada Zagreba: željeznički pravac Pariz - München - Istanbul i cestovna trasa E71 (La Coruña - Poti) prolaze kroz koridor X, a željeznički pravac Budimpešta - Rijeka / Split i cestovne trase E59 (Prag - Zagreb), E65 (Malmö - Rijeka - Hania) i E70 (Košice - Split) prolaze kroz koridor Vb. Tim je trasama čitav teritorij Hrvatske povezan na regionalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini [1].

2.3.1 Cestovni promet

Cestovni promet se odvija na autocestama, državnim cestama i mreži nerazvrstanih cesta [1].

U Gradu Zagrebu ima 44,28 km autocesta (5,6 % ukupne duljine cestovne mreže), 28,53 km državnih cesta (3,7 %) i 708,43 km nerazvrstanih cesta (90,7 %). Ukupna duljina javnih

cesta je 781,19 km. Gustoća cestovne mreže definirana kao omjer duljine cestovne mreže i površine Grada Zagreba iznosi 1,22 km po km² (Tablica 2.1.) [1].

Tablica 2.1. Prikaz duljine pojedinih cesta, [1]

| | Broj ceste | Opis ceste | Duljina (km) |
|---------------|------------|---|---------------|
| Autoceste | A1 | Zagreb (čvorište Lučko) - Karlovac - Split | 9.95 |
| | A2 | g.p. Macelj - Krapina - Zagreb -(čvorište Jankomir) | 3.52 |
| | A3 | g.p. Bregana - Zagreb - Slavonski Brod - g.p. Bajakovo | 16.69 |
| | A4 | g.p. Goričan - Varaždin - Zagreb (čvorište Ivanja Reka) | 11.48 |
| | A11 | Zagreb (čvorište Jakuševac) - Velika Gorica - Sisak | 2.59 |
| Državne ceste | DC1 | g.p. Macelj - Zagreb - Karlovac - Split | 5.39 |
| | DC3 | g.p. Goričan - Varaždin - Zagreb - Rijeka (D8) | 5.44 |
| | DC29 | Novi Golubovec (D35) - Zlatar Bistrica - Sobinec (D3) | 13.50 |
| | DC30 | Čvorište Buzin (A3) - Velika Gorica - Petrinja - g.p. Hrvatska Kostajnica | 3.33 |
| | DC225 | g.p. Harmica - Brdovec - čvorište Zaprešić (A2) | 0.87 |
| | | nerazvrstane ceste kojima upravlja Grad Zagreb | 708.43 |
| Ukupno | | | 781.19 |

Grad Zagreb je čvorište autocesta A1 (Zagreb - Rijeka), A2 (Zagreb - Krapina - granični prijelaz [g.p.] Macelj), A3 (g.p. Bregana - Zagreb - g.p. Lipovac), A5 (Zagreb - Varaždin - g.p. Goričan) i buduće autoceste A11 (Zagreb - Velika Gorica - Sisak). Najduža dionica autoceste koja prolazi kroz područje Grada Zagreba je dionica autoceste A3, čiji dio je i zagrebačka obilaznica. Autocesta A11 još je u izgradnji. Program građenja i održavanja javnih cesta 2009 - 2012 osigurao je za dionicu Jakuševac - Velika Gorica završetak eksproprijacije i izgradnju trase i vijadukta Odra. U trenutku pripreme ovog dokumenta, na području Grada Zagreba izgrađeno je oko 800 m autoceste A11 [1].

2.3.2 Javni putnički promet

Javni prijevoz u Gradu Zagrebu obavlja se tramvajima, autobusima, željeznicom i uspinjačom [2].

- **Tramvaj**

Tramvajsku mrežu čini 58 km dvokolosiječnih pruga na kojima je organizirano 15 dnevnih i 4 noćne linije. U razdoblju od 2000. do 2015. povećan je broj tramvajskih motornih vozila s 254 na 274, s time što su 142 vozila suvremeni niskopodni tramvaji [2].

- **Autobus**

Autobusni promet odvija se na 142 dnevne i 4 noćne linije. Broj autobusa je u razdoblju od 2006. do 2015. povećan sa 337 na 411, od čega je suvremenih niskopodnih autobusa 361. U voznom parku ZET-a ima 60 autobusa na plinski pogon [2].

- **Željeznica**

Na području Grada Zagreba, putnicima je dostupno 17 službenih kolodvora i stajališta u gradskom prometu, od kojih je 11 na dvokolosiječnoj pruzi Zaprešić – Dugo Selo, 2 na jednokolosiječnoj pruzi Zagreb – Sisak i 4 na jednokolosiječnoj pruzi Zagreb – Rijeka. U zagrebačkoj okolici trenutno vozi 9 niskopodnih vlakova [2].

- **Žičara**

Žičara koja je povezivala Dolje s Medvednicom od 2007. godine je izvan funkcije (u pripremi je izgradnja nove) pa je javni prijevoz na Medvednicu organiziran autobusom. Nakon faze rušenja postojeće žičare (za što je izrađen projekt rušenja), uslijedit će izgradnja nove žičare (izrađeno je idejno rješenje i idejni projekt). U tijeku je i istraživanje mogućnosti povezivanja Medvednice sa Zagorjem [2].

- **Uspinjača**

Uspinjača spaja zagrebački Gornji i Donji grad. Pruga dužine 66 metara savladava visinsku razliku od 30,5 metara. Zadržala je prvobitni vanjski izgled i građevnu konstrukciju, a i većinu tehničkih svojstava koja su joj dali graditelji krajem 19. stoljeću, zbog čega je zagrebačka Uspinjača zakonski zaštićena kao spomenik kulture [2].

- **Taksi**

Krajem 2013. na području Grada bilo je ukupno 1333 dozvola za autotaksi prijevoz. Od toga je 969 dozvola imao Radio Taxi Zagreb (udruženi privatni koncesionari), 120 dozvola Taxi Cammeo, 79 dozvola Eko taxi, a 165 dozvola imali su pojedinačni prijevoznici. 2015. godine ukupan broj taksi vozila na području Grada iznosio je 1290 [2].

2.3.3 Željeznički promet

Na području zagrebačkog željezničkog čvora presijecaju se paneuropski koridor X i ogranak paneuropskog koridora Vb. Hrvatski dio koridora X, koji se odvija preko glavnih

željezničkih pruga M101 (državna granica sa Slovenijom - Savski Marof - Glavni kolodvor Zagreb) i M102 (Glavni kolodvor Zagreb - Dugo Selo) na području Grada Zagreba, prvenstveno se koristi za tranzitni promet. Željeznička pruga M104 (Glavni kolodvor Zagreb - Sisak - Novska), koja je također dio sustava u sklopu koridora X, prvenstveno se koristi za regionalni putnički prijevoz [1].

Promet na zagrebačkom željezničkom čvoru organiziran je na način da svi tranzitni vlakovi prolaze kroz Glavni kolodvor Zagreb, koji je polazna i krajnja postaja za lokalne vlakove. Postoje 3 terminala za željeznički promet. Ukupna duljina željezničkog koridora na području Grada Zagreba iznosi 83,22 km. Ukupna duljina željezničkih pruga u sklopu koridora iznosi 141,13 km, od čega je 137,37 km duljina glavnih željezničkih pruga (Tablica 2. 2) [1].

Tablica 2. 2. Prikaz duljine pojedinih pruga, [1]

| Broj pruge | Opis pruge | Broj kolosijeka | Duljina (km) | |
|----------------------|---|-----------------|--------------|---------|
| | | | Glavna | Lokalna |
| M101 | Državna granica - Savski Marof - Zagreb Glavni kolodvor | 2 | 27.594 | |
| M102 | Zagreb Glavni kolodvor - Dugo Selo | 2 | 36.114 | |
| M104 | Zagreb Glavni kolodvor - Sisak - Novska | 1 | 10.664 | |
| M202 | Zagreb Glavni kolodvor - Rijeka | 1 | 21.227 | |
| M401 | Sesvete - Resnik | 2 | 21.643 | |
| M402 | Sava - Zagreb Klara | 2 | 9.325 | |
| M403 | Zagreb Ranžirni kolodvor PS - Zagreb Klara (K) | 1 | 1.077 | |
| M404 | Zagreb Klara - Delta | 1 | 2.491 | |
| M405 | Zagreb Zapadni kolodvor - Trešnjevka | 1 | 1.357 | |
| M406 | Čulinec - Zagreb Resnik | 1 | 2.086 | |
| M409 | Zagreb Ranžirni kolodvor PS - Zagreb Klara (S) | 1 | 1.071 | |
| M410 | Zagreb Ranžirni kolodvor OS - Zagreb Ranžirni kolodvor PS | 1 | 2.719 | |
| L203 | Zagreb Borongaj - Zagreb Istočni kolodvor | 1 | | 3.760 |
| Ukupno | | | 137.370 | 3.760 |
| Ukupna duljina pruge | | | 141.130 | |

2.3.4 Zračni promet

Zračni promet od međunarodnog i nacionalnog značaja ostvaruje se putem Međunarodne zračne luke Zagreb. Zračna luka nalazi se izvan upravnih granica Grada Zagreba, na području Grada Velike Gorice u Zagrebačkoj županiji. Povezanost Zračne luke sa Zagrebom temelji se gotovo isključivo na prijevozu osobnim automobilima i taksi prijevozu. Službeni prijevoznik "Pleso prijevoz" u manjoj mjeri sudjeluje u prijevozu putnika, dok je javni prijevoz prisutan s jednom autobusnom linijom (broj 290) koja polazi s Kvaternikovog trga i prolazi kroz novi putnički terminal u Zračnoj luci do Grada Velike Gorice [1].

Zračna luka je proširena i njezini su kapaciteti primjereno povećani. Na području Grada Zagreba nalazi se i Zračno pristanište Lučko, kojim upravlja Aeroklub Zagreb. Lučko je

sportski aerodrom regionalnog karaktera, s travnatom pistom i bez većeg prometnog značaja [1].

2.3.5 Biciklistički promet

Od 2000. do 2015. višestruko je povećana dužina biciklističkih staza, a biciklistički promet je u kontinuiranom porastu. Dužina biciklističkih staza i traka 2015. iznosila je 250 km. Biciklistička mreža nije dovoljno povezana ni unutar Grada ni s okolnim prostorima. Pilot projekt javnih bicikala sa šest parkirališta i 50 bicikala za iznajmljivanje uspostavljen je u svibnju 2013. Tijekom 2014. sustav je proširen na ukupno 14 parkirališta i 85 bicikala [2].

Do 2016. na području Grada postavljena su 183 staka za bicikle na 23 lokacije, što omogućuje parkiranje 202 bicikla. Ukupno se na području Grada na 42 lokacije nalazi 284 stalaka, što osigurava parkiranje za 568 bicikala [2].

2.4 Turizam

Razvoj turizma u Gradu Zagrebu najbliže je povezan s privlačnosti grada s obzirom na njegovu povijesnu i prirodnu baštinu te metodološkim jačanjem uloge grada u sustavu velikih europskih gradova i obnovom i razvoj složene urbane infrastrukture [1].

Uloga turizma u gospodarstvu Grada Zagreba postaje sve značajnija. Godišnji broj turističkih dolazaka stalno raste, a 2016. godine dosegao je 1.152.598 dolazaka i 2.016.107 noćenja. Turizam Grada Zagreba i dalje se temelji na kratkom boravku turista s prosječno 1,75 noćenja/dolazaka. Kada se uspoređi broj domaćih i stranih turista, čini se da je 80% dolazaka 2016. godine bilo stranih turista [1].

Gospodarski potencijal turizma očituje se kroz stalni porast broja smještajnih kapaciteta na gradskom području (Tablica 2. 3). Većina smještajnih kapaciteta nalazi se unutar Grada Zagreba. Sektor privatnog smještaja napreduje brže od sektora kolektivnog smještaja [1].

Tablica 2. 3. Broj smještajnih kapaciteta, [1]

| Razdoblje | Smještajni kapaciteti (kreveti) | | | Dolasci | | | Noćenja | | |
|-----------|---------------------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|-----------|
| | Ukupno | Osnovni | Pomoćni | ukupno | Domaći | Strani | Ukupno | Domaći | Strani |
| 2013 | 14.756 | 13.954 | 802 | 876.604 | 190.884 | 685.720 | 1.451.891 | 305.323 | 1.146.568 |
| 2014 | 15.314 | 14.233 | 1.081 | 967.902 | 197.648 | 770.254 | 1.602.240 | 326.715 | 1.275.705 |
| 2015 | 19.868 | 18.342 | 1.526 | 1.077.778 | 218.638 | 859.140 | 1.804.290 | 375.739 | 1.428.551 |
| 2016 | 24.501 | 22.952 | 1.549 | 1.152.598 | 232.295 | 920.303 | 2.016.107 | 395.208 | 1.620.899 |

2.5 Rezultati istraživanja

Istraživanje 1. faze Masterplana Grada Zagreba je provedeno kako bi se osigurao čvrst temelj za podatke za Model razvoja prometa; također, istraživanje je važno za prikupljanje informacija o navikama putovanja, mišljenju o prometu te problemima u prometu. Cjelokupna metodologija opisana je u Uvodnoj knjizi 1. Faze Masterplana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije [3].

Prikupljanje prometnih podataka služi kao temelj za prepoznavanje problema, testiranje hipoteza, kvantifikaciju utjecaja promjena i određivanje tipova ili opsega potrebnih poboljšanja. Adekvatnost i pouzdanost podataka, koji su apsolutno neophodni za svako istraživanje prometa, zahtijevaju pažljivo, standardizirano prikupljanje i analizu kako bi se osigurala važeća interpretacija i usporedivost [4].

Glavni rezultati koji pokrivaju cijelo područje istraživanja prikazani su u Knjiga 1 METODOLOGIJA I IZVJEŠTAJ O PROMETNIM ISTRAŽIVANJIMA, a prateće Knjige (Knjiga 1, 2, 3, 4) 1. faze Masterplana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije, obuhvaćaju detaljne ankete i rezultate brojanja podijeljene za:

- Grad Zagreb
- Zagrebačka županija
- Krapinsko-zagorska županija [4].

Provedene su ankete kućanstava i izvorišno odredišne (IO) ankete kako bi se utvrdila prometna struktura, navike putovanja itd. unutar istraživanog područja. Osim predmetnih anketa kućanstava, proveden je i velik broj istraživanja u cestovnom prometu osobnih vozila i sustavu javnog prijevoza. Cestovni promet osobnih vozila uključuje brojanje vozila, biciklista i pješaka. Za sustav javnog prijevoza brojanje uključuje brojanje putnika u vlakovima, tramvajima i autobusima [4].

Naredna poglavlja unutar knjige 1. METODOLOGIJA I IZVJEŠTAJ O PROMETNIM ISTRAŽIVANJIMA sadrže za sva istraživanja i brojanja prometa:

- a. Opći opis i metodologiju
- b. Prikaz glavnih rezultata (u tekstu i tablicama)
- c. Popratne karte lokacija i rezultata [4].

Istraživanja su provođena tijekom tromjesečnog razdoblja, od 13. ožujka do 15. lipnja 2017. Sva istraživanja su provođena utorkom, srijedom i četvrtkom, kako bi se obuhvatilo prosječni uzorak putovanja za radni dan [4].

Tablica 2.4. prikazuje cjelokupni raspored provedbe istraživanja, podijeljen prema mjesecima provedbe te na Grad Zagreb, Zagrebačku županiju i Krapinsko-zagorsku županiju.

Tablica 2.4. Pregled broja svih brojanja i anketa [4]

| | | <i>Broj anketa u skladu s početnom izvještajem</i> | <i>Broj provedenih anketa tijekom faze istraživanja</i> |
|---|--|--|---|
| | <u>Istraživanje o prometnoj potražnji i navikama putovanja u cestovnom prometu osobnih vozila, te sustavu javnog prijevoza:</u> | | |
| 1 | Anketiranje kućanstava | 3.550 intervjuja | 3.921 intervjuja |
| 2 | Izvorišno-odredišne ankete u cestovnom prometu osobnih vozila i sustavu javnog prijevoza | | |
| | Sustav javnog prijevoza | 51 lokacija | 54 lokacije |
| | Autobusna stanica | 16 lokacija | 19 lokacija |
| | Željezničke postaje | 2 lokacije | 2 lokacije |
| | Tramvajske stanice | 9 lokacija | 9 lokacija |
| | Autobusne/tramvajske stanice | 15 lokacija | 15 lokacija |
| | Autobusne stanice/željezničke postaje | 7 lokacija | 7 lokacija |
| | Autobusne/tramvajske stanice/željezničke postaje | 2 lokacije | 2 lokacije |
| | Cestovni promet osobnih vozila | 27 lokacija | 27 lokacija |
| | <u>Brojanje prometa – promet automobila, biciklista i pješaka, te putnika u sustavu javnog prijevoza:</u> | | |
| 3 | Automatsko brojanje prometa | 114 lokacije | 124 lokacije |
| 4 | Klasifikacija prometa na raskrižjima (manualna) | 65 lokacija | 72 lokacije |
| 5 | Klasifikacija prometa na cestovnim presjecima (manualna) | 27 lokacija | 28 lokacija |
| 6 | Brojanja putnika u autobusima/tramvajima | | |
| | Tramvaji | 15 linija | 15 ¹ linija |
| | Autobusi | Linije 142/136/170/92 ² | Linije 142/136/170/79 ² |
| 7 | Brojanja ulazaka i izlaza putnika u/iz vlakova na stanicama | 10 postaja | 10 postaja |
| 8 | Istraživanja potpunosti gradskih autobusa/tramvaja | 51 lokacija | 51 lokacija |
| | <u>Trajanje putovanja osobnih vozila:</u> | | |
| 9 | Istraživanje brzine i trajanja putovanja automobilom | 12/10/10 | 12/10/10 |

Istraživanju se pristupilo na način da se osigura što učinkovitije provođenje, sa što manje grešaka. Za provođenje anketa u kućanstvima, izvorišno/odredišne ankete, brojanje ulazaka i izlazaka putnika u autobus/tramvaj/vlak, te istraživanje popunjenosti javnog prijevoza na stanicama su se koristile:

- Internetske aplikacije
- Aplikacije razvijene u softveru SurveyXact
- Tableti/pametni telefoni držanim u ruci
- Različite aplikacije koje rade izvanmrežno za kasnije učitavanje podataka [4].

Glavne prednosti ovog pristupa su:

- Smanjeni izvori pogrešaka
- Jednostavan pristup za obradu podataka te analizu tijekom razdoblja analize
- Bolja i jednostavnija organizacija ljudstva [4].

2.6 Glavni rezultati ispitivanja kućanstva

U Knjiga 2, 3 i 4 su navedeni glavni rezultati dobiveni iz anketa kućanstava za sve intervjue u cjelini, u zasebnim knjigama za svako područje Masterplana:

- Grad Zagreb
- Zagrebačka županija
- Krapinsko-zagorska županija

navedeni su detaljni rezultati posebno [4].

Rezultati su podijeljeni u tri skupine:

- Karakteristike kućanstva
- Stavovi i mišljenja o prometu
- Navike putovanja [4].

2.6.1 Karakteristike kućanstva

Prosječna veličina ispitanog kućanstva iznosi 2,8 osoba od čega je 2,7 u prosjeku starije od 7 (sedam) godina. Prosječni broj automobila po kućanstvu je 1,2, a bicikala 1,5 po kućanstvu. 64% kućanstava ima autobusnu postaju kao najbliži način javnog prijevoza, a 48% kućanstava ima manje od 250 m (1-3 min) do neke od usluga javnog prijevoza [3].

2.6.2 Stavovi i mišljenja o prometu

U sklopu ankete, ukućanima su postavljena pitanja o njihovom mišljenju o različitim oblicima prijevoza –također, postojala je mogućnost dodavanja komentara i prijedloga za poboljšanja [3].

Najvažniji čimbenik za putnike je pouzdani prijevoz (bez kašnjenja), sa 64 %. 64% je reklo da je najvažnije poboljšati uvjete javnog prijevoza-dok 58% smatra da je najvažnije poboljšati uvjete za bicikliste te 44% za promet osobnih vozila [3].

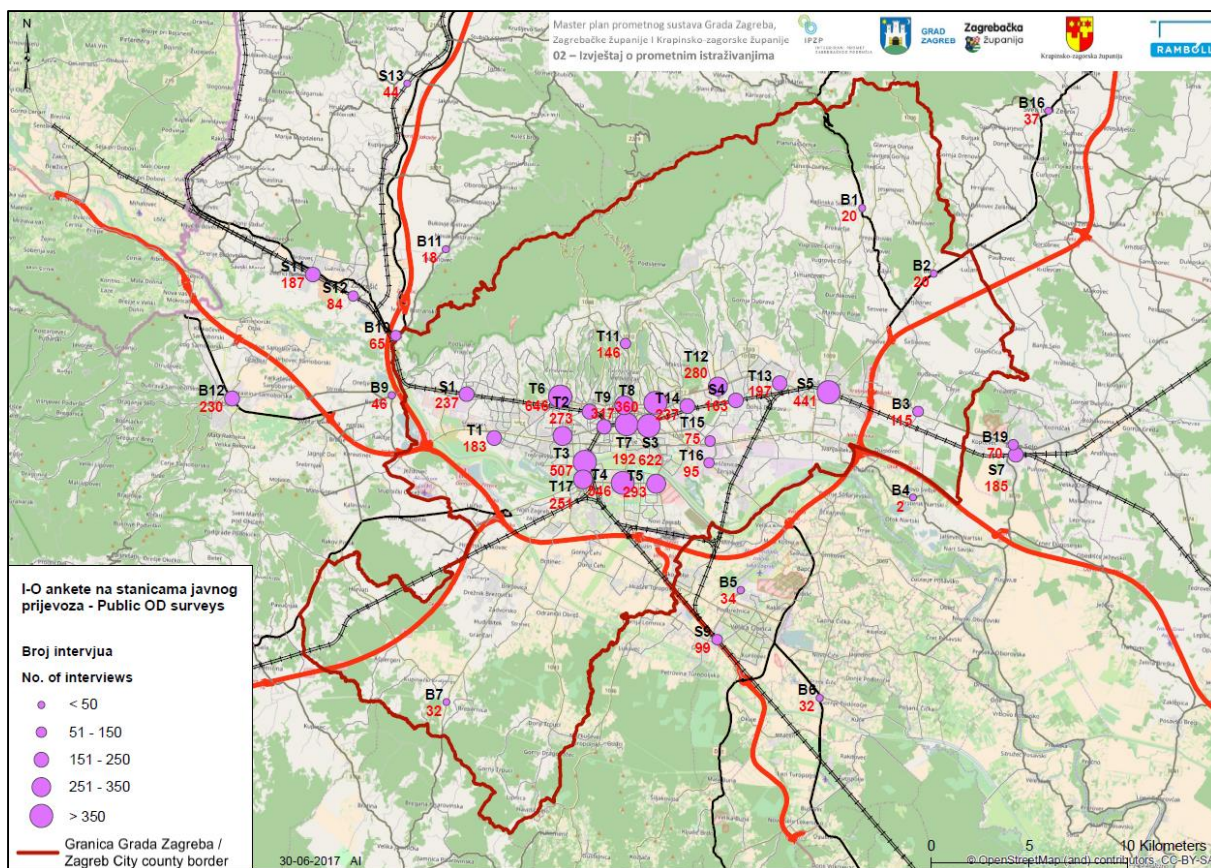
Jednostavniji sustav karata, veća pouzdanost te niža cijena posebice se ističu među poboljšanjima u javnom prijevozu. Posebice za bicikle, uvjeti sigurnosti u prometu nalaze se visoko na popisu poboljšanja [3].

2.6.3 Navike putovanja

Najvažnije prijevozno sredstvo za putnike je putovanje osobnim automobilom sa 37,91 %, dok su manje bitna putovanja autobusom 14,64 %, tramvajem 22,52 %, vlakom 1,74%, taksijem 0,65 %, biciklom 3,30 %, motociklom 0,32 %, pješaćenjem 10,65 %, dok ostali oblici iznose 8,27 % [3].

2.7 Sustav javnog prijevoza

Tijekom razdoblja od 14. ožujka do 7. travnja provedene su 103 izvorišno-odredišne ankete u sustavu javnog prijevoza na 27 odabranih stanica i autobusnih postaja u Gradu Zagrebu. Ankete su provedene između 06:00-22:00 sata. Slika 2.3. prikazuje broj intervjuja na određenim lokacijama [3].



Slika 2.3. Broj intervjuja na određenim lokacijama za javni prijevoz, [3]

Većina ispitanika (preko 30%) koristi javni prijevoz svaki dan ili 3-5 puta tjedno, a nešto manje od trećine ispitanika koristi javni prijevoz jednom do dva puta tjedno ili rjeđe [3].

Većina putovanja odvija se između kuće i posla ili kuće i obrazovne ustanove. Najmanji je broj poslovnih putovanja ili putovanja u kupovinu [3].

2.8 Promet osobnih vozila

Izvorišno-odredišne ankete (IO ankete) u cestovnom prometu osobnih vozila provedene su na sljedećih 11 lokacija:

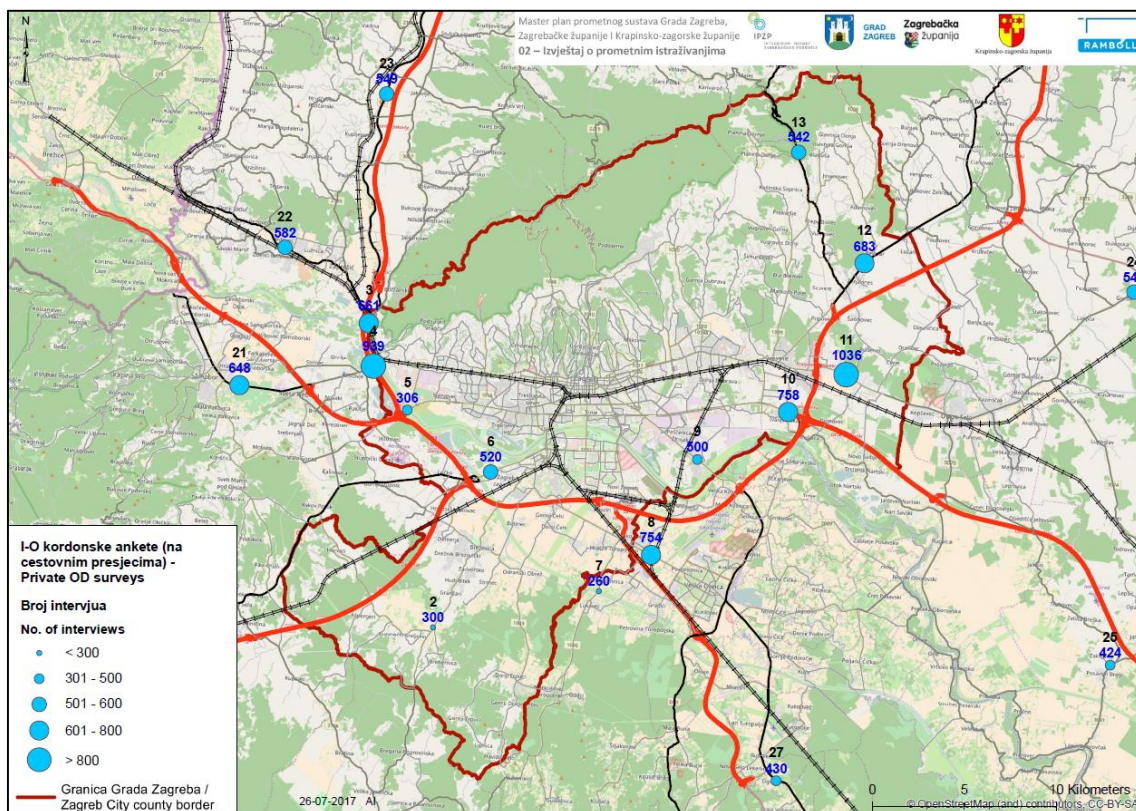
1. Ž1037 (između Grančari/Starjak) za Pisarovinu (K. Kraljevec)
2. A. Bologne (prije raskrižja na M. Tita/Zaprešić)
3. Podsusedski most (Samoborska cesta)
4. Jankomirski most
5. Jadranska avenija (prije čvora Lučko)
6. Zagrebačka cesta -V. Mlaka (za Veliku Goricu)
7. Domovinski most
8. Slavonska avenija (Svetog Ivana ulica) prije čvora I. Reka

9. Sesvetska ulica (Ulica M. Krleže) - S. Kraljevec
10. Soblinečka ulica - Belovar (sjeverno od Soblinca)
11. D29 (Ulica I. Mažuranića) iza Kašine (između Planina Gornja i Donja) [3].

Ukupan broj IO anketa u cestovnom prometu osobnih vozila provedenih u Gradu Zagrebu je 6.930. Ankete su provedene u razdoblju od 4. travnja do 11. svibnja 2017. na 11 odabranih lokacija. Većina intervjuja provedena je tijekom sati vršnog opterećenja - između 06:00-09:00 sati i 15:00-17:00 sati [3].

Glavni dio putovanja odvija se automobilom između kuće i posla i većina vozača automobila vozi automobil svaki dan ili 3-5 puta tjedno [3].

Broj osoba u automobilu varira između 1 i 5 osoba. Većina automobila (68%) ima samo jednu osobu u automobilu, nakon čega slijede dvije osobe u automobilu (25 %), tri osobe (6 %) i više od tri osobe (1 %). Slika 2.4. prikazuje broj intervjuja na određenim lokacijama [3].

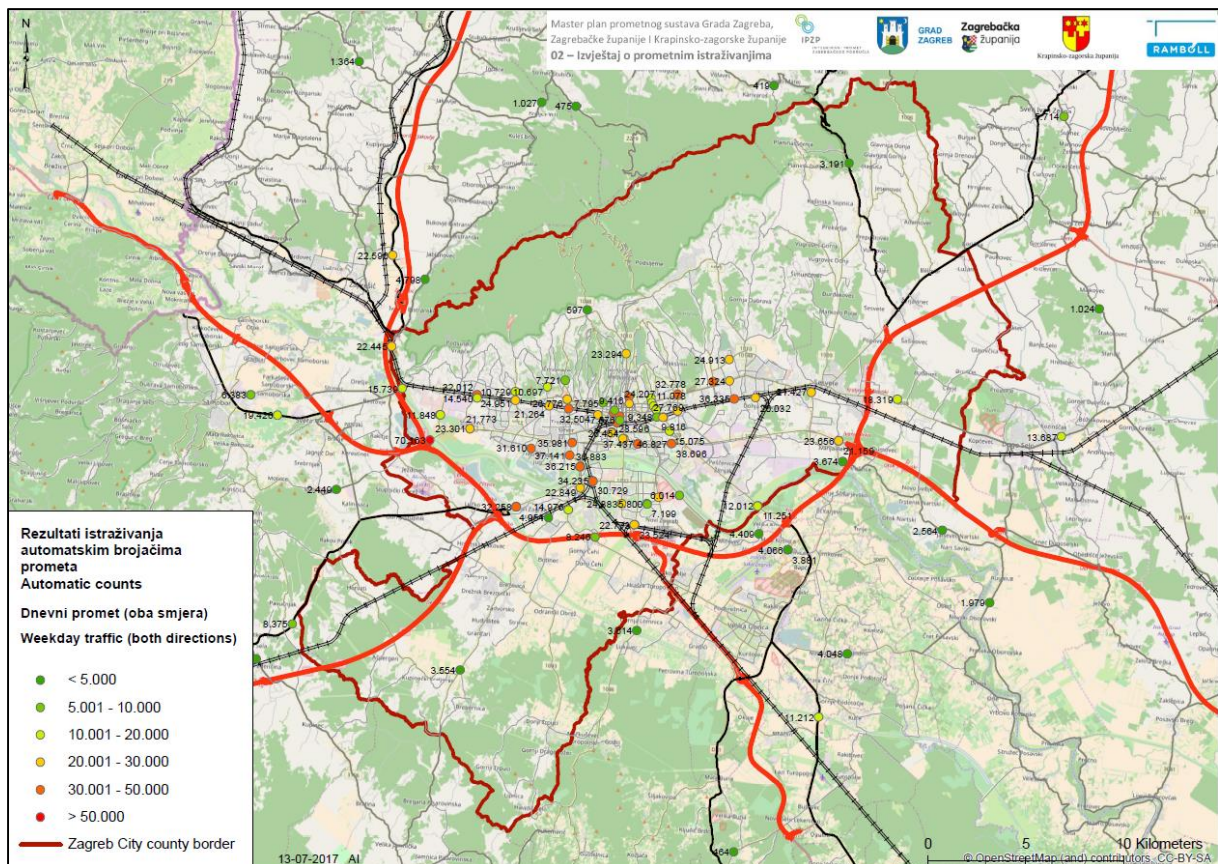


Slika 2.4. Broj intervjuja na određenim lokacijama za osobna vozila, [3]

2.9 Automatsko bojanje prometa

Automatska brojanja u Gradu Zagrebu provedena su na 65 lokacija korištenjem tehnologije radara i kamere (Slika 2. 5). Podatci su prikupljeni tijekom jednog radnog dana u

oba smjera te podijeljeni prema vrstama vozila (motocikli, automobili, vozila lake kategorije, autobusi i kamioni) [3].



Slika 2. 5. Rezultati istraživanja automatskim brojačima prometa, [3]

2.10 Scenarij prometne potražnje

U izvještaju „DO-NOTHING“ posebna se pozornost obraća na buduću prometnu potražnju u području Masterplana. Projekcije prometne potražnje u ovom su poglavlju izrađene s pomoću modela prometne potražnje kojim se procjenjuje kako će budući stanovnici područja Masterplana putovati tijekom dnevnog i jutarnjeg vršnog razdoblja na tipičan radni dan, uzimajući u obzir predviđene promjene vezane uz korištenje zemljišta, stanovništvo i vlasništvo nad automobilom [5].

Rezultati ovog modela pomoći će u utvrđivanju načina na koji se mogu zadovoljiti potrebe biciklista, tranzitnih putnika, vozača i suvozača automobila te gospodarskih vozila (teretni promet) [5].

Na razini prometne mreže, tom će se analizom predvidjeti zahvati vezani uz standardno održavanje te projekte koji su već u tijeku, uz kretanja utvrđena u Strategiji prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2014. do 2030. godine [5].

Buduća prometna potražnja (razvoj) promatra se kroz tri moguća scenarija (visoki/srednji/niski) kako bi se utvrdio najvjerojatniji scenarij [5].

Kako bi se analizirale slabosti prometnog sustava unutar područja Masterplana u razdoblju do 2030. godine, postavljeni su sljedeći glavni ciljevi razvoja prometnog sustava, a za postizanje tih ciljeva moraju se naći odgovarajuća rješenja u drugoj fazi Masterplana:

- I. unaprjeđenje prometne dostupnosti cijele regije putem razvoja učinkovitog i održivog prometnog sustava
- II. osiguranje veće mobilnosti građana kroz korištenje oblika prijevoza koji su ekološki, energetske i ekonomski prihvatljivi za društvo
- III. integracija prometnih podsustava kroz institucionalna, organizacijska i infrastrukturna poboljšanja, s posebnim naglaskom na integraciju sustava javnog prijevoza
- IV. povećanje sigurnosti u prometu [5].

Svrha “učini ništa” scenarija jest procijeniti prometnu potražnju unutar regije bez ikakvih uspostavljenih mjera kako bi se utvrdile relevantne mjere za daljnji razvoj regije, definirali ključni pokazatelji uspješnosti (KPU) za svaki od navedenih ciljeva te osiguralo postizanje tih ciljeva [5].

2.10.1 Niski scenarij

Tablice u nastavku prikazuju glavne rezultate različitih scenarija. Tablica 2.5 prikazuje broj putovanja u području Masterplana. Procjenjuje se da će se ukupan broj putovanja povećati za 12.427 putovanja po danu od 2017. do 2030. godine, pri čemu će se putovanja biciklom smanjiti za 13.434, a putovanja javnim prijevozom za 207.222, dok će se putovanja osobnim automobilom povećati za 233.083 putovanja po danu od 2017. do 2030. godine. [5].

Procjenjuje se da će se broj putovanja po osobi povećati za 0,7 % u razdoblju od 2017. do 2020., za 0,4 % od 2017. do 2025., i za 0,6 % od 2017. do 2030. godine. [5].

Broj putovanja osobnim automobilom povećat će se za 5,5 % u razdoblju od 2017. do 2020., 10,6 % od 2017. do 2025., i 15,6 % od 2017. do 2030. godine. [5].

Tablica 2.5. Broj putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., niski scenarij, [5]

| | Broj putovanja po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|------------------------|-----------|------------------|-----------|-------------------|-----------|------------------|--------|
| | Biciklom | Javnim p. | Automo- bilom | Ukupno | Biciklom | Javnim p. | Automo- bilom | Ukupno |
| 2017. | 38.580 | 620.124 | 1.490.150 | 2.148.853 | | | | |
| 2020. | 34.492 | 556.755 | 1.571.781 | 2.163.028 | -4.088 | -63.369 | 81.631 | 14.174 |
| 2025. | 29.499 | 479.556 | 1.647.940 | 2.156.995 | -9.081 | -140.568 | 157.791 | 8.141 |
| 2030. | 25.146 | 412.901 | 1.723.233 | 2.161.281 | -13.434 | -207.222 | 233.083 | 12.427 |

Tablica 2.6. Relativne promjene broja putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., niski scenariji, [5]

| | Broj putovanja po danu Promjena od 2017., % | | | |
|--------------|--|---------------------------|-----------------------|--------|
| | Bici- klo- m | Javnim prijevo- zom | Auto- mobi- lom | Ukupno |
| 2020. | -10,6 | -10,2 | 5,5 | 0,7 |
| 2025. | -23,5 | -22,7 | 10,6 | 0,4 |
| 2030. | -34,8 | -33,4 | 15,6 | 0,6 |

Tablica 2.7. prikazuje prijeđene putničke kilometre po danu za različite godine i vidove prijevoza, dok Tablica 2.8. prikazuje putničke sate provedene u različitim vidovima prijevoza. [5].

I prijeđena udaljenost i potrošeni sati pokazuju ista kretanja kao i broj putovanja. Povećanje u kilometrima putnika (u svim načinima prijevoza) procjenjuje se na 0,49 milijuna km, a u satima putnika na oko 1.500 sati dnevno. [5].

Tablica 2.7. Putnički kilometri na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., niski scenarij, [5]

| | Putnički km po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|---------------------|-----------|------------------|------------|--------------------|------------|-------------|----------|
| | Bici- klo- m | Javnim p. | Automobi- lom | Ukupno | Bici- klo- m | Javnim p. | Automobilom | Ukupno |
| 2017. | 127.794 | 4.380.194 | 27.236.876 | 31.744.864 | | | | |
| 2020. | 109.329 | 3.446.840 | 28.029.181 | 31.585.350 | -18.465 | -933.354 | 792.305 | -159.514 |
| 2025. | 88.969 | 2.858.363 | 28.886.256 | 31.833.587 | -38.825 | -1.521.832 | 1.649.380 | 88.723 |
| 2030. | 72.318 | 2.379.236 | 29.741.762 | 32.193.316 | -55.476 | -2.000.958 | 2.504.886 | 448.452 |

Tablica 2.8. Putnički sati na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., niski scenarij, [5]

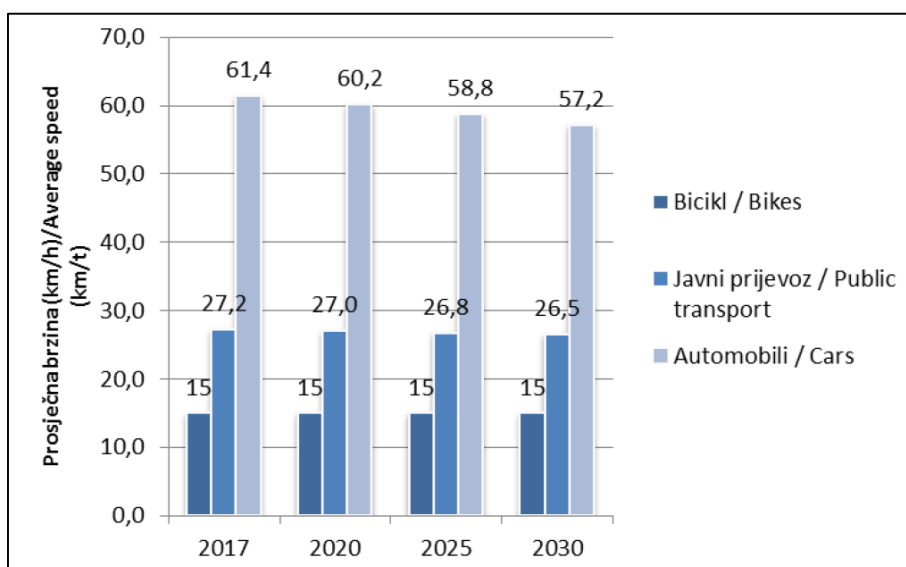
| | Putnički sati po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|-----------------------|-----------|------------------|---------|--------------------|-----------|-------------|---------|
| | Bici- klo- m | Javnim p. | Automobi- lom | Ukupno | Bici- klo- m | Javnim p. | Automobilom | Ukupno |
| 2017. | 8.519 | 161.029 | 443.706 | 613.254 | | | | |
| 2020. | 7.288 | 127.451 | 465.902 | 600.641 | -1.231 | -33.578 | 22.197 | -12.612 |
| 2025. | 5.931 | 106.741 | 491.290 | 603.962 | -2.588 | -54.288 | 47.584 | -9.292 |
| 2030. | 4.821 | 89.614 | 520.331 | 614.766 | -3.698 | -71.415 | 76.625 | 1.512 |

Slika 2.6. prikazuje smanjenje prosječne brzine automobila od 2017. do 2030., s prosječno 61,4 km/h u 2017. na 57,2 km/t u 2030. Smanjenje će biti uzrokovano prometnim gužvama i različitim prometnim navikama [5].

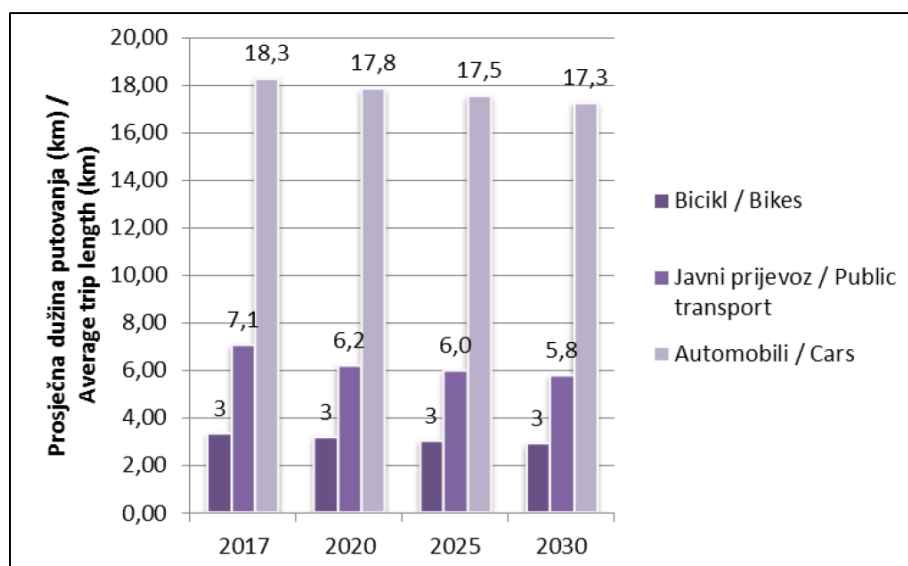
Budući da u "učini ništa" scenariju nisu predviđene infrastrukturne promjene, prosječna brzina putovanja biciklom i javnim prijevozom uglavnom će ostati nepromijenjena [5].

Slika 2.7. prikazuje procjenu smanjenja prosječne duljine putovanja automobilom za 1 km od 2017. do 2030. godine. Smanjenje će biti uzrokovano prometnim gužvama, pri čemu će vozači odabirati alternativne trase (veća udaljenost) i različitim prometnim navikama koji se očekuje unutar područja Masterplana, koji će biti uzrokovan nejednakim razvojem u regiji. Primjerice, putovanja na veće udaljenosti u Krapinsko-zagorskoj županiji će se smanjiti, a putovanja na kraće udaljenosti u Gradu Zagrebu će se povećati [5].

Koncentracija putovanja unutar Grada Zagreba posebno se očituje u smanjenju udaljenosti putovanja za putovanja javnim prijevozom sa 7,1 km u 2017 na 5,8 km u 2030 [5].



Slika 2.6. Prosječna brzina (km/h) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5]



Slika 2.7. Prosječna duljina putovanja (km) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5]

S povećanjem prometnih gužvi povećava se i izgubljeno vrijeme za putnike u automobilu. Tablica 2.9. prikazuje izgubljeno vrijeme u mreži. Procjenjuje se da će se do 2030. izgubljeno vrijeme povećati na 23.237 sati na dan u usporedbi s 2017. godinom [5].

Tablica 2.9. Izgubljeno vrijeme (u satima) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., niski scenarij [5]

| | Izgubljeno vrijeme u satima po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|-------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|
| | Grad Zagreb | Zagrebačka županija | Krapinsko-zagorska županija | Područje Masterplana | Grad Zagreb | Zagrebačka županija | Krapinsko-zagorska županija | Područje Masterplana |
| 2017 | 19.836 | 1.088 | 95 | 21.019 | | | | |
| 2020 | 25.750 | 1.314 | 95 | 27.159 | 5.914 | 226 | 0 | 6.140 |
| 2025 | 32.551 | 1.716 | 99 | 34.366 | 12.715 | 628 | 4 | 13.347 |
| 2030 | 41.922 | 2.237 | 97 | 44.256 | 22.086 | 1.149 | 2 | 23.237 |

2.10.2 Srednji scenarij

Tablice u nastavku prikazuju glavne rezultate različitih scenarija. Tablica 2.10. prikazuje broj putovanja u području Masterplana. Procjenjuje se da će se ukupan broj putovanja povećati za 84.967 putovanja po danu od 2017. do 2030. godine, pri čemu će se putovanja biciklom smanjiti za 12.753, a putovanja javnim prijevozom za 196.642 putovanja, dok će se putovanja osobnim automobilom povećati za 294.362 putovanja po danu od 2017. do 2030. godine [5].

Procjenjuje se da će se broj putovanja po osobi povećati za 1,8% od 2017. do 2020., za 2,9% od 2017. do 2025. i za 4% od 2017. do 2030 [5].

Povećanje broja putovanja osobnim automobilom po osobi povećat će se za 6,7% od 2017. do 2020., za 13,5% od 2017. do 2025. i za 19,8% od 2017. do 2030 [5].

Tablica 2.10. Broj putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5]

| | Broj putovanja po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------------|-----------|-------------|--------|
| | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno |
| 2017. | 38.580 | 620.124 | 1.490.150 | 2.148.853 | | | | |
| 2020. | 34.863 | 562.565 | 1.590.613 | 2.188.041 | -3.717 | -57.559 | 100.464 | 39.187 |
| 2025. | 30.136 | 489.619 | 1.691.196 | 2.210.951 | -8.445 | -130.505 | 201.046 | 62.097 |
| 2030. | 25.827 | 423.482 | 1.784.512 | 2.233.821 | -12.753 | -196.642 | 294.362 | 84.967 |

Tablica 2.11. Relativne promjene broja putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5]

| | Broj putovanja po danu | | | |
|--------------|------------------------|-----------|-------------|--------|
| | Promjena od 2017., % | | | |
| | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno |
| 2020. | -9,6 % | -9,3 % | 6,7 % | 1,8 % |
| 2025. | -21,9 % | -21,0 % | 13,5 % | 2,9 % |
| 2030. | -33,1 % | -31,7 % | 19,8 % | 4,0 % |

Tablica 2.12. prikazuje prijeđene putničke kilometre po danu za različite godine i vidove prijevoza, dok Tablica 2.13 prikazuje putničke sate provedene u različitim vidovima prijevoza [5].

Tablica 2.12. Putnički kilometri na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5]

| | Putnički km po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|---------------------|-----------|-------------|------------|-------------------|------------|-------------|-----------|
| | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno |
| 2017. | 127.794 | 4.380.194 | 27.236.876 | 31.744.864 | | | | |
| 2020. | 110.627 | 3.486.205 | 28.333.395 | 31.930.227 | -17.167 | -893.990 | 1.096.520 | 185.363 |
| 2025. | 91.171 | 2.926.399 | 29.586.395 | 32.603.965 | -36.624 | -1.453.795 | 2.349.519 | 859.101 |
| 2030. | 74.674 | 2.452.616 | 30.706.444 | 33.233.734 | -53.120 | -1.927.578 | 3.469.569 | 1.488.870 |

Tablica 2.13. Putnički sati na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5]

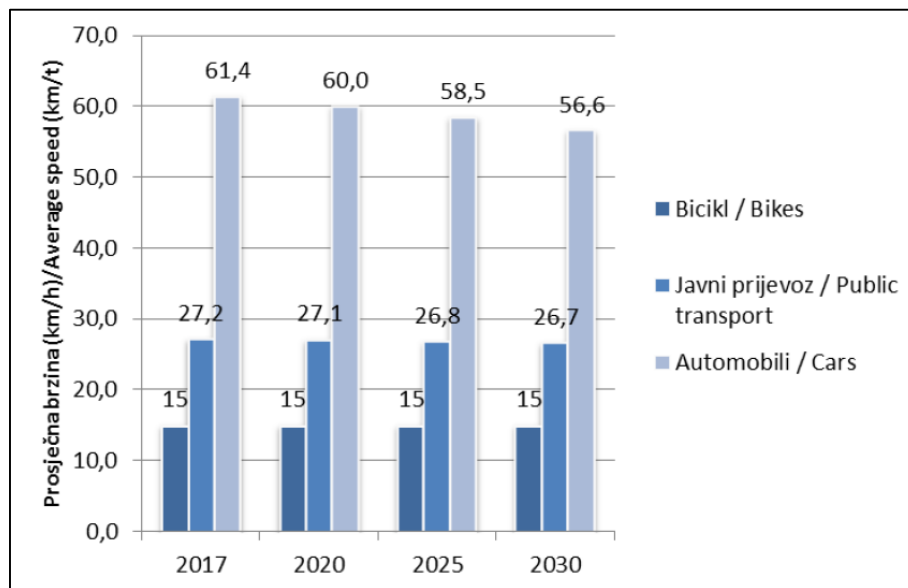
| | Putnički sati po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|-----------------------|-----------|-------------|---------|-------------------|-----------|-------------|--------|
| | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno |
| 2017. | 8.519 | 161.029 | 443.706 | 613.254 | | | | |
| 2020. | 7.374 | 128.822 | 472.012 | 608.208 | -1.144 | -32.207 | 28.306 | -5.045 |
| 2025. | 6.077 | 109.064 | 505.983 | 621.125 | -2.441 | -51.965 | 62.277 | 7.871 |
| 2030. | 4.978 | 91.957 | 542.409 | 639.344 | -3.541 | -69.072 | 98.703 | 26.090 |

Slika 2.8. prikazuje smanjenje prosječne brzine automobila od 2017. do 2030., s prosječno 61,4 km/h u 2017. na 56,6 km/h u 2030. Smanjenje će biti uzrokovano prometnim gužvama i različitim prometnim navikama [5].

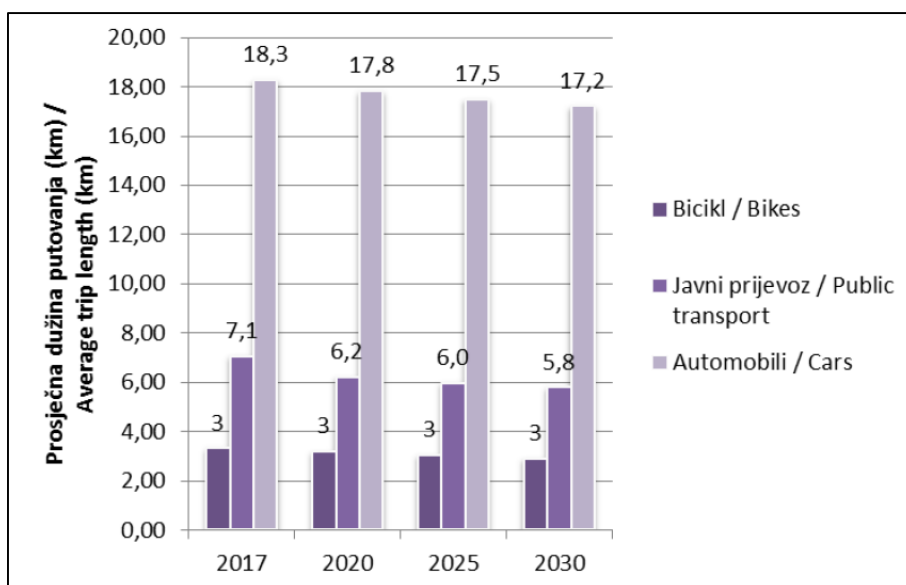
Budući da u "učini ništa" scenariju nisu predviđene infrastrukturne promjene, prosječna brzina putovanja biciklom i javnim prijevozom uglavnom će ostati nepromijenjena [5].

Slika 2. 9 prikazuje procjenu smanjenja prosječne duljine putovanja automobilom za 1,1 km od 2017. do 2030. godine. Smanjenje će biti uzrokovano prometnim gužvama, pri čemu će vozači odabirati alternativne trase (veća udaljenost) i različitim uzorkom putovanja koji se očekuje unutar područja Masterplana, koji će biti uzrokovan nejednakim razvojem u regiji. Primjerice, putovanja na veće udaljenosti u Krapinsko-zagorskoj županiji će se smanjiti, a putovanja na kraće udaljenosti u Gradu Zagrebu će se povećati [5].

Koncentracija putovanja unutar Grada Zagreba posebno se očituje u smanjenju udaljenosti putovanja za putovanja javnim prijevozom sa 7,1 km u 2017 na 5,8 km u 2030 [5].



Slika 2.8. Prosječna brzina (km/h) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5]



Slika 2. 9. Prosječna dulžina putovanja (km) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5]

S povećanjem prometnih gužvi povećava se i izgubljeno vrijeme za putnike u automobilu. Tablica 2.14 prikazuje izgubljeno vrijeme u mreži. Procjenjuje se da će se do 2030. izgubljeno vrijeme povećati na 28.379 sati na dan u usporedbi s 2017. godinom [5].

Tablica 2.14. Izgubljeno vrijeme (u satima) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5]

| | Izgubljeno vrijeme u satima po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|
| | Grad Zagreb | Zagrebačka županija | Krapinsko-zagorska županija | Područje Masterplana | Grad Zagreb | Zagrebačka županija | Krapinsko-zagorska županija | Područje Masterplana |
| 2017. | 19.836 | 1.088 | 95 | 21.019 | | | | |
| 2020. | 26.760 | 1.354 | 98 | 28.212 | 6.924 | 266 | 3 | 7.193 |
| 2025. | 35.208 | 1.913 | 108 | 37.229 | 15.372 | 825 | 13 | 16.210 |
| 2030. | 46.630 | 2.654 | 114 | 49.398 | 26.794 | 1.566 | 19 | 28.379 |

2.10.3 Visoki scenarij

Tablica u nastavku prikazuje glavne rezultate različitih scenarija. Tablica 2.15 prikazuje ukupan broj putovanja u području Masterplana. Procjenjuje se da će se ukupan broj putovanja povećati za 123.729 putovanja po danu od 2017. do 2030. godine, pri čemu će se putovanja biciklom smanjiti za 12.352, a putovanja javnim prijevozom za 190.336 putovanja, dok će se putovanja osobnim automobilom povećati za 326.417 putovanja po danu od 2017. do 2030. godine [5].

Procjenjuje se da će se broj putovanja po osobi povećati za 2,3% od 2017. do 2020., za 3,7% od 2017. do 2025. i za 5,8% od 2017. do 2030 [5].

Broj putovanja osobnim automobilom povećat će se za 7,3% od 2017. do 2020., za 14,5% od 2017. do 2025. i za 21,9% od 2017. do 2030 [5].

Tablica 2.15. Broj putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., visoki scenarij, [5]

| | Broj putovanja po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------------|-----------|-------------|---------|
| | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno |
| 2017. | 38.580 | 620.124 | 1.490.150 | 2.148.853 | | | | |
| 2020. | 34.997 | 564.583 | 1.598.509 | 2.198.088 | -3.583 | -55.541 | 108.359 | 49.235 |
| 2025. | 30.335 | 492.541 | 1.706.233 | 2.229.109 | -8.245 | -127.582 | 216.083 | 80.256 |
| 2030. | 26.228 | 429.788 | 1.816.567 | 2.272.583 | -12.352 | -190.336 | 326.417 | 123.729 |

Tablica 2.16. Relativne promjene broja putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., visoki scenarij, [5]

| | Broj putovanja po danu Promjena od 2017., % | | | |
|--------------|--|-----------|-------------|--------|
| | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno |
| 2020. | -9,3 | -9,0 | 7,3 | 2,3 |
| 2025. | -21,4 | -20,6 | 14,5 | 3,7 |
| 2030. | -32,0 | -30,7 | 21,9 | 5,8 |

Tablica 2.17. prikazuje prijeđene putničke kilometre po danu za različite godine i vidove prijevoza, dok Tablica 2.18. prikazuje putničke sate provedene u različitim vidovima prijevoza.

I prijeđena udaljenost i potrošeni sati pokazuju ista kretanja kao i broj putovanja. Procjenjuje se da će se do 2030. putnički kilometri (za sve oblike prijevoza) povećati na 2,07 milijuna kilometara, dok će se putnički sati povećati na više od 40 000 sati po danu [5].

Tablica 2.17. Putnički kilometri na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., visoki scenarij, [5]

| | Putnički km po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|---------------------|-----------|-------------|------------|-------------------|------------|-------------|-----------|
| | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno |
| 2017. | 127.794 | 4.380.194 | 27.236.876 | 31.744.864 | | | | |
| 2020. | 111.116 | 3.502.154 | 28.462.944 | 32.076.215 | -16.678 | -878.040 | 1.226.068 | 331.351 |
| 2025. | 91.835 | 2.948.807 | 29.842.728 | 32.883.370 | -35.959 | -1.431.387 | 2.605.853 | 1.138.506 |
| 2030. | 75.864 | 2.496.329 | 31.247.295 | 33.819.487 | -51.930 | -1.883.865 | 4.010.419 | 2.074.623 |

Tablica 2.18. Putnički sati na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5]

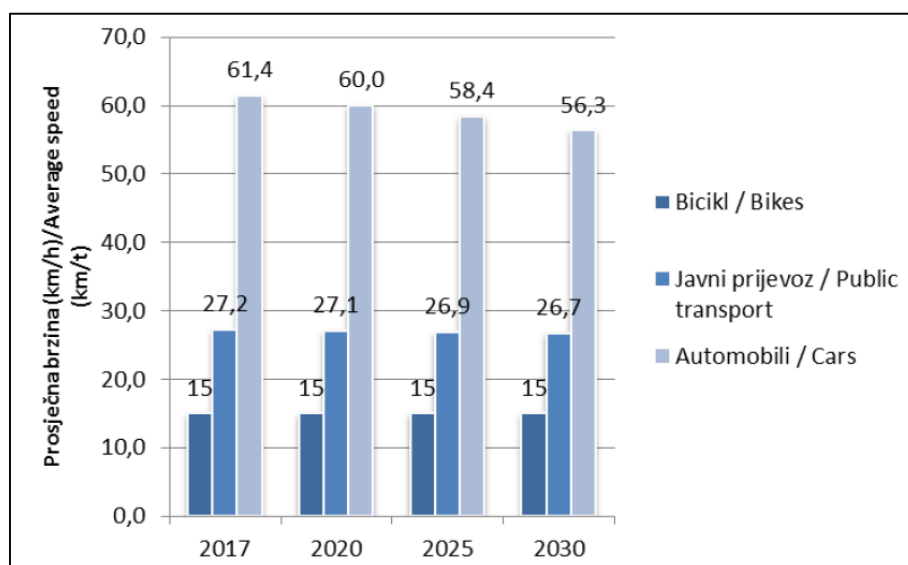
| | Putnički sati po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|-----------------------|-----------|-------------|---------|-------------------|-----------|-------------|--------|
| | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno | Biciklom | Javnim p. | Automobilom | Ukupno |
| 2017. | 8.519 | 161.029 | 443.706 | 613.254 | | | | |
| 2020. | 7.407 | 129.321 | 474.476 | 611.204 | -1.112 | -31.708 | 30.770 | -2.049 |
| 2025. | 6.122 | 109.772 | 511.351 | 627.245 | -2.397 | -51.257 | 67.645 | 13.991 |
| 2030. | 5.057 | 93.485 | 554.609 | 653.151 | -3.462 | -67.544 | 110.903 | 39.898 |

Slika 2.10. prikazuje smanjenje prosječne brzine automobila od 2017. do 2030., s prosječno 61,4 km/h u 2017. na 56,3 km/h u 2030. Smanjenje će biti uzrokovano prometnim gužvama i različitim prometnim navikama [5].

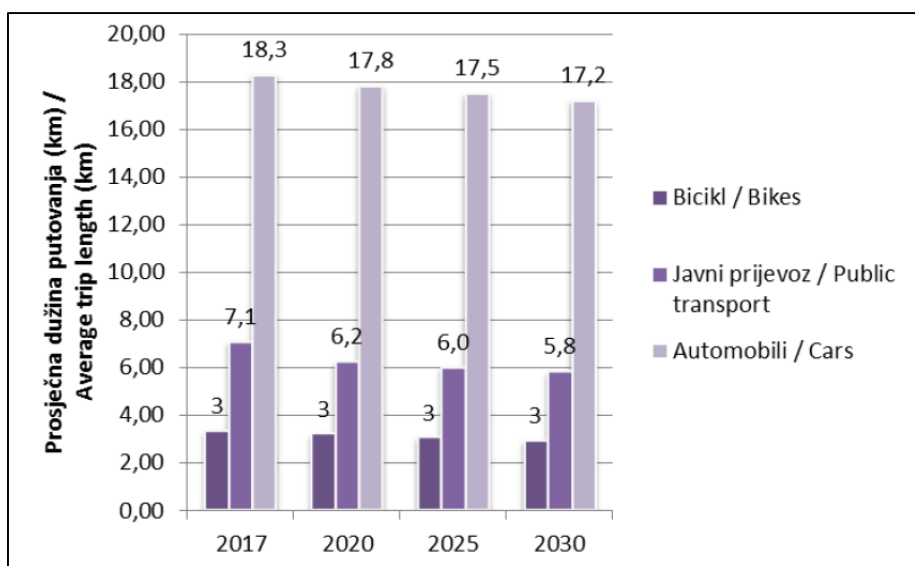
Budući da u "učini ništa" scenariju nisu predviđene infrastrukturne promjene, prosječna brzina putovanja biciklom i javnim prijevozom uglavnom će ostati nepromijenjena [5].

Slika 2.11. prikazuje procjenu smanjenja prosječne duljine putovanja automobilom za 1,3 km od 2017 do 2030. godine. Smanjenje će biti uzrokovano prometnim gužvama, pri čemu će vozači odabirati alternativne trase (veća udaljenost) i različitim prometni navikama koji se očekuje unutar područja Masterplana, koji će biti uzrokovane nejednakim razvojem u regiji. Primjerice, putovanja na veće udaljenosti u Krapinsko-zagorskoj županiji će se smanjiti, a putovanja na kraće udaljenosti u Gradu Zagrebu će se povećati [5].

Koncentracija putovanja unutar Grada Zagreba posebno se očituje u smanjenju udaljenosti putovanja za putovanja javnim prijevozom sa 7,1 km u 2017 na 5,8 km u 2030 [5].



Slika 2.10. Prosječna brzina (km/h) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5]



Slika 2.11. Prosječna duljina putovanja (km) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5]

S povećanjem prometnih gužvi povećava se i izgubljeno vrijeme za putnike u automobilu. Tablica 2.19. prikazuje izgubljeno vrijeme u mreži. Procjenjuje se da će se do 2030. izgubljeno vrijeme povećati na 31.399 sati na dan u usporedbi s 2017. godinom [5].

Tablica 2.19. Izgubljeno vrijeme (u satima) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., visoki scenarij, [5]

| | Izgubljeno vrijeme u satima po danu | | | | Promjena od 2017. | | | |
|--------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|
| | Grad Zagreb | Zagrebačka županija | Krapinsko-zagorska županija | Područje Masterplana | Grad Zagreb | Zagrebačka županija | Krapinsko-zagorska županija | Područje Masterplana |
| 2017. | 19.836 | 1.088 | 95 | 21.019 | | | | |
| 2020. | 27.016 | 1.386 | 103 | 28.505 | 7.180 | 298 | 8 | 7.486 |
| 2025. | 36.194 | 1.975 | 114 | 38.283 | 16.358 | 887 | 19 | 17.264 |
| 2030. | 49.473 | 2.821 | 124 | 52.418 | 29.637 | 1.733 | 29 | 31.399 |

3. ANALIZA PROMETNOG MODELA GRADA ZAGREBA

Prometni modeli (za prometno planiranje) jesu matematički opis kretanja ljudi i roba (putovanja) kroz transportnu mrežu unutar definiranog područja Studije (promatranog područja) uz saznanja o socio-ekonomskim i karakteristikama namjene površina. Također omogućuje razumijevanje postojećih i budućih prometnih problema, radi omogućavanja planiranja i projektiranja mreže i operativnog planiranja prometa na mreži [19].

Stoga Prometni model ima esencijalnu ulogu kao alat pomoću kojih se kroz provođenje relevantnih i točnih informacija olakšava donošenja odluka. Model je moguće upotrijebiti na više različitih načina za dobivanje odgovora, kao što su:

- Razumijevanje funkcije postojeće infrastrukture u smislu karakterističnih grupa putnika, tipa robe, tipa putovanja te izvorišta i odredišta tih putovanja.
- Identifikaciju „uskih grla“ i razumijevanja potrebe za dodatnim kapacitetom,
- Pružiti podatke o prijevoznoj potražnji za odgovarajuće analize, dizajniranje i dimenzioniranje nove infrastrukture i usluge u odnosu na realnu prognozu prometa i funkcionalne potrebe,
- Razumijevanje utjecaja na nove transportne sheme kroz modeliranu mrežu (multi-modalnu), prikazom kako potražnja reagira na novu infrastrukturu i uvjete
- Razumijevanje kako će se prometni uvjeti promijeniti u budućnosti u odnosu na promijene u broju stanovnika, zaposlenja, ekonomskih aktivnosti, vlasništva vozila i razvojnu podlogu urbane sredine,
- Razumijevanje utjecaja na putnike i prihod u promijeni ruta, frekvencije, brzine i dostupnosti javnog gradskog prijevoza,
- Razumijevanje odnosa između promjena namjene zemljišta u ukupnoj prijevoznoj potražnji [19].

Prometni model sadrži signifikantnu informaciju o velikom broju putovanja u specifičnom periodu (dan ili vršni sat) kroz prometnu (transportnu) mrežu, također sadrži informacije o cjelokupnoj prometnoj mreži (ceste, željeznice, zračni promet, vodni promet) i njegovu dinamiku [19].

Prometni model simulira načine putovanja kroz transportnu mrežu i određene rute, te definira prometnu mrežu u budućnosti na temelju socio-ekonomskih i demografskih indikatora [19].

3.1 Klasični četverostupnjevani model

Primarni alat za izradu prometnog modela je Klasični četverostupnjevani model. On se sastoji od četiri koraka:

- Generiranja putovanja
- Distribucije putovanja
- Modalne raspodjele
- Dodjeljivanje putovanja

Generiranje putovanja:

Svrha analize je uspostaviti odnose između broja putovanja u i iz zona različitih namjena zemljišta. Postoje dva tipa analiza stvaranja putovanja:

- Analiza nastajanja putovanja (Trip production analysis)
- Analiza privlačenja putovanja (Trip attraction analysis) [20],

Za proces nastajanja (produkcija) putovanja u ovisnosti o faktorima kućanstva koristi se analitička tehnika koja se zove modeliranje nastajanja putovanja (Trip production modelling) [20].

Broj nastalih putovanja ovisi o više faktora kućanstva:

- Veličina i sastav kućanstva
- Broj zaposlenih osoba u kućanstvu
- Broj studenata u kućanstvu
- Dohodak kućanstva
- Posjedovanje vozila
- Itd [20].

Modeliranje nastajanja putovanja obuhvaća ovisnu varijablu (broj generiranih putovanja) i više neovisnih varijabli (čimbenika koji karakteriziraju kućanstvo) [20].

Zbog kompleksnih socio-ekonomskih karakteristika urbanog područja analiza stvaranja putovanja je kompleksna pa će se u nastavku objasniti analiza privlačenja putovanja. Varijable privlačenja putovanja:

- Maloprodajni prostor (površina)
- Veleprodajni prostor
- Uredski i uslužni prostori (površine)
- Proizvodni pogoni
- Broj radnih mjesta u uredskim i uslužnim prostorima
- Broj radnih mjesta u proizvodnji i veleprodaji
- Broj učenika i studenata
- Broj specijalnih centara aktivnosti (terminali, sportski objekti, objekti za rekreaciju, vjerski objekti, kulturni i dr.) [20].

Najčešće korišten analitički alat za modeliranje nastanka putovanja je regresijska analiza. Metoda regresijske analize koristi se kako bi se utvrdila statistička zavisnost između ostvarenih putovanja i značajka pojedinaca, zone i prometne mreže [20].

Distribucija putovanja:

OD matrica putovanja predstavlja izvorišno – odredišnu matricu putovanja, kao i broj putovanja između njih u nekom vremenskom periodu. Dezagregirana je prema aktivnostima koje se provode (posao, trgovina, edukacija, rekreacija i sl.), homogenoj skupini putnika (studenti, radnici, umirovljenici i sl.) te modovima prijevoza (osobna vozila, javni gradski prijevoz) [21].

Troškovi ili otpori putovanja mogu biti razmatrani kao: prijeđena udaljenost, vrijeme putovanja, novčani troškovi i tome slično. S obzirom da troškove putovanja ne treba razmatrati zasebno, potrebno ih je generalizirati, odnosno svesti na zajedničku mjernu jedinicu. Generalizirani trošak putovanja predstavlja mjeru koja u sebi kombinira sve glavne atribute koji se odnose na nekorisnost (otpore) odabranog putovanja.

Gravitacijski model najviše se primjenjuje za predviđanje putovanja između zona. U praksi se najčešće koristi oblik gravitacijskog modela, uravnotežen po produkciji.

Modalna raspodjela:

Odabir vrste prijevoza (npr. Osobni automobil, javni prijevoz, bicikl, pješaćenje) ovisi o dostupnosti modova prijevoza (posebice osobnog automobila) i troškovima prijevoza pojedinim modom od izvora do odredišta putovanja. Na odabir moda prijevoza značajno utječe i svrha putovanja [22].

Faktori koji utječu na odabir vrste prijevoza mogu se podijeliti u tri grupe:

1. Značajke putnika:

- posjedovanje osobnog automobila;
- posjedovanje vozačke dozvole;
- struktura kućanstva (mladi, par s djecom, umirovljenici, samci itd.);
- dohodak;
- odluke donesene na nekom drugom mjestu, npr. nužnost korištenja osobnog automobila na poslu;
- gustoća stambenih jedinica [22].

2. Značajke putovanja:

- svrha putovanja – putovanje na posao je obično jednostavnije izvesti javnim gradskim prijevozom zbog njegove redovitosti;
- dio dana u kojem se ostvaruje putovanje – npr. noćna putovanja je teže ostvariti javnim gradskim prijevozom;
- da li se putovanje ostvaruje samostalno ili s drugim putnicima [22].

3. Značajke prometnog sustava:

- komponente vremena putovanja: vrijeme u vozilu, vrijeme čekanja i vrijeme pješaćenja do svakog moda prijevoza;
- komponente novčanih troškova (prijevozna karta, cestarina, troškovi goriva i drugi operativni troškovi);
- dostupnost i troškovi parkiranja;
- pouzdanost vremena putovanja i redovitost usluge;
- udobnost i praktičnost;
- sigurnost vožnje i zaštita tijekom vožnje;

- zahtjevi za vozačkim vještinama;
- mogućnosti provođenja drugih aktivnosti tijekom vožnje (telefoniranje, čitanje itd.) [22].

Jedna od najvećih inovacija u analizi prijevozne potražnje je razvoj dezagregiranih (raslojavanje, razjedinjavanje) modela prijevozne potražnje. Takvi modeli, za razliku od agregiranih modela kod kojih su atributi svih putnika koncentrirani u centroidu zone, procjenjuju parametre na temelju individualnih značajki putnika. Na dezagregiranoj (mikrorazina) razini promatra se ponašanje pojedinca, kućanstva ili tvrtke pomoću diskretnih varijabli. Diskretne varijable su najčešće kvalitativne varijable, odnosno varijable s unaprijed definiranim konačnim skupom vrijednosti. Diskretna varijabla ne može imati sve vrijednosti unutar granica skupa [22].

Dodjeljivanje putovanja:

Spajanje prijevozne potražnje i ponude karakterizira dodjele putovanja. Više ruta putovanja između izvorišta i odredišta podrazumijeva odabir rute s najmanjim generaliziranim troškom putovanja. Ruta putovanja predstavlja skup linkova između izvorišta i odredišta putovanja. Osnovno je načelo da putnik teži minimizirati svoje troškove putovanja. To ima za posljedicu isprobavanje više varijantnih ruta, traženje novih i odabir najbolje nakon više pokušaja i pogrešaka. Potrebno je razdvojiti putovanja iz OD matrice i prometna opterećenja linkova – prosječna zaposjednutost vozila. Podmodel dodjeljivanja putovanja ima pet funkcija u prometnom planiranju:

- Dobivanje detaljnog uvida u karakteristike prometne mreže – nedostaci postojeće prometne mreže (nedovoljna propusna moć ili nedostatak linka);
- Prometno prognoziranje – analiza postojećeg stanja i budućih scenarija u odabranim vremenskim razdobljima;
- Izračun izvedenih utjecaja – razina buke, potrošnja energije, stupanj emisije štetnih plinova te razina prometne sigurnosti;
- Dobivanje ulaznih podataka za projektiranje elemenata mreže – podaci o prometnom opterećenju linkova utjecati će na njihovu tehničku izvedbu (broj trakova);
- Dobivanje kalibracijskih podataka – vrijeme putovanja, troškovi putovanja, udaljenosti [23].

Obvezni ulazni podaci za provođenje dodjeljivanja putovanja simulacijskim alatom su:

- OD matrica putovanja između zona;
- izrađena prometna mreža;
- značajke elemenata prometne mreže (linkovi i čvorovi);
- model odabira rute putovanja [23].

Izlazni podaci nakon provođenja dodjeljivanja putovanja su:

- rute putovanja;
- značajke ruta (vrijeme putovanja, udaljenosti, troškovi);
- prometno opterećenje ruta;
- prometno opterećenje linkova i čvorova [23].

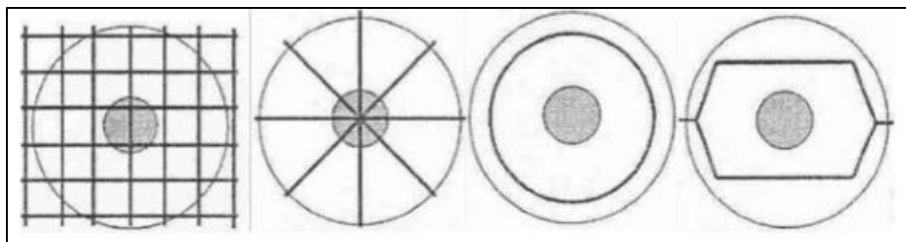
Metode koje se koriste za dodjeljivanje putovanja su:

- metoda „sve ili ništa“;
- stohastička metoda;
- ekvilibrirana metoda;
- metoda dinamičkog dodjeljivanja putovanja;
- metoda dodjeljivanja putovanja javnim gradskim prijevozom [23].

3.2 Prometni model Grada Zagreba

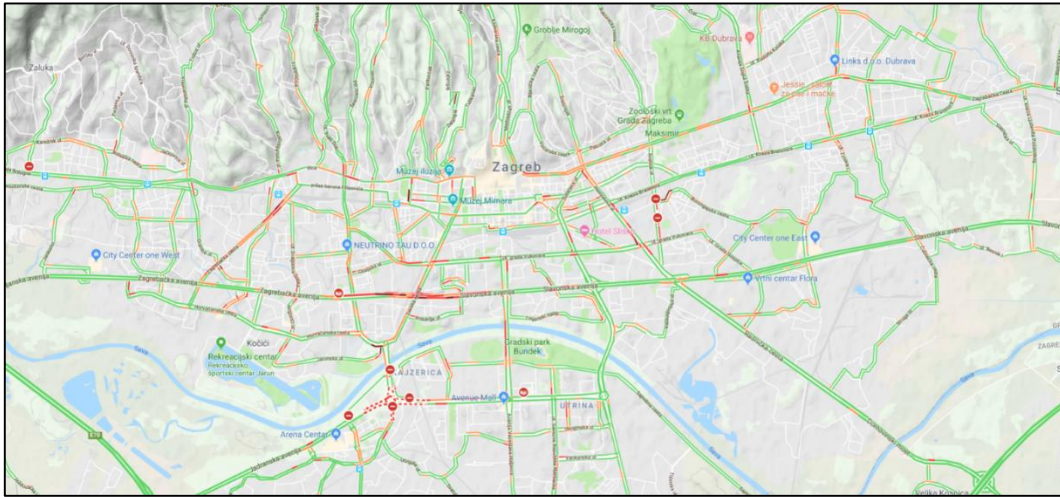
Prostorni modeli primarne gradske cestovne mreže, ovisno o obliku i vođenju prometa u odnosu na centar grada, dijele se na (Slika 3.1) [6]:

- Ortogonalni model
- Radijalni model
- Prstenasti model
- Tangencijalni model



Slika 3.1. Sa lijeva na desno: Ortogonalni model, Radijalni model, Prstenasti model, Tangencijalni model, [7]

U Gradu Zagrebu prevladava nepravilna ortogonalna mreža i djelomično tangencijalna. Prednost ortogonalnog modela su jednostavno vođenje prometnih tokova što omogućuje uvođenje jednosmjernih ulica i zelenih valova (Slika 3.2.).



Slika 3.2. Cestovna prometna mreža sa važnijim prometnim pravcima, [8]

Kao podloga za izradu makrosimulacijskog prometnog modela korišten je prometni model postojećeg stanja iz I. faze Masterplana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije iz 2018. godine (Analiza postojećeg stanja i razvoj prometnog modela) [17].

Područje Masterplana određeno je kao Grad Zagreb, Zagrebačka županija i Krapinsko-zagorska županije (područje Masterplana). Prometni model temelji se na Hrvatskom nacionalnom prometnom modelu (NPM) u vezi sa strukturom zona i mreža. Srž modela je tradicionalni prometni model s četiri koraka. Model je razvijen u skladu s JASPERS Smjericama za procjenu (Promet): Korištenje prometnih modela u Planiranju prometa i Procjena projekta, kolovoz 2014. Prometni model određen je kao model s četiri koraka koji pokriva prijevoz putnika u cestovnom prometu osobnih vozila i sustavu javnog prijevoza te prijevoz tereta [17].

Za potrebe izrade prometnog modela korišten je programski alat PTV Visum, a pomoću modula za generiranje podmreže iz cijelog područja je izdvojeno samo područje Grada Zagreba. Prometni model u Masterplanu je izrađen za jutarnji vršni sat od 7 do 8 sati te za cijeli dan prosječnog radnog dana [17].

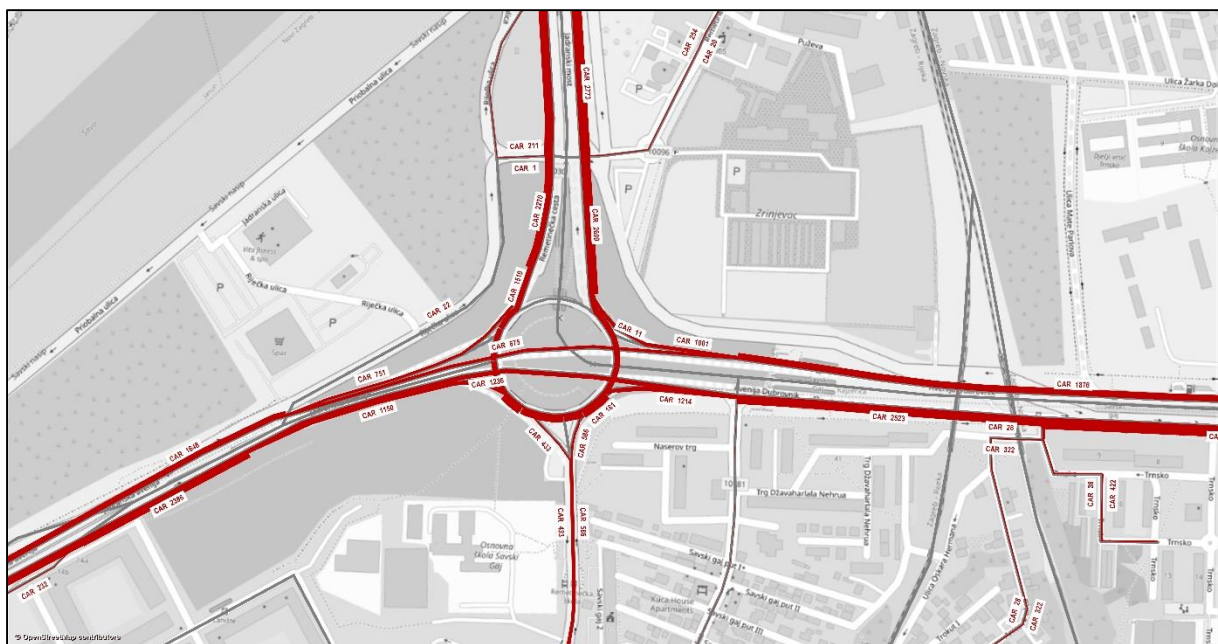
Sam prometni model za Grad Zagreb ima oko 400 zona, što je relativno zadovoljavajući broj, no razina detaljnosti prometne mreže je osrednja te nisu prikazane sve ulice u Gradu Zagrebu [17].

Validacija prometnog modela izvršena je na temelju stvarnog brojanja prometa na kružnom raskrižju „Remetinec“.

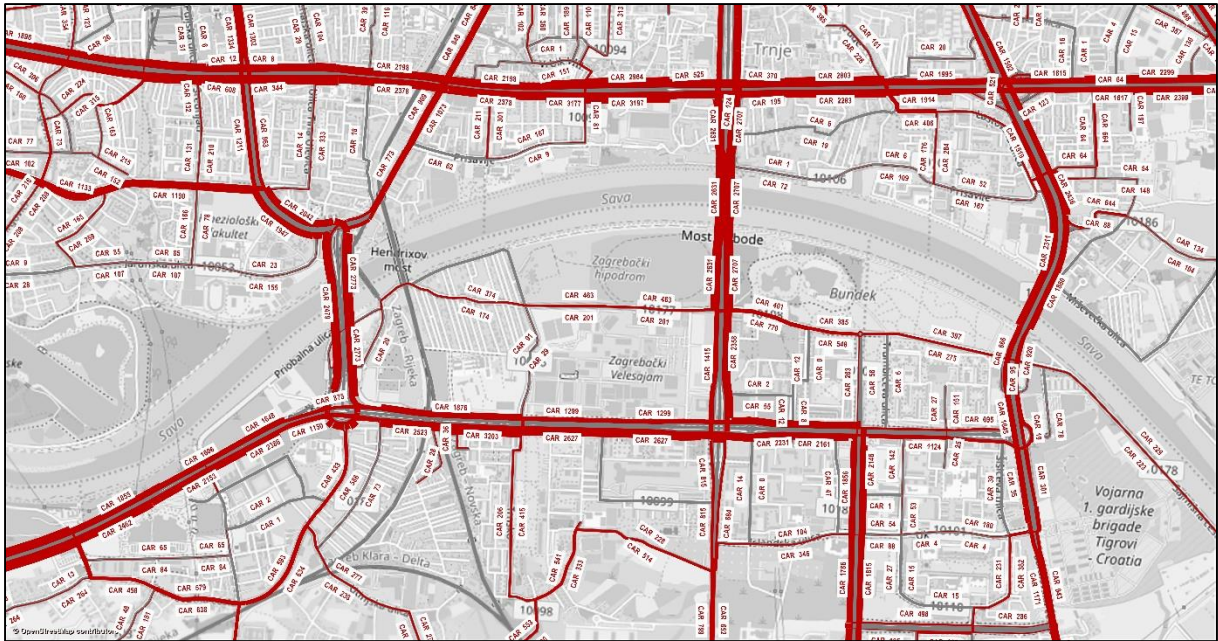
Slika 3.3. i Prilog 1 prikazuje postojeće stanje kružnog raskrižja „Remetinec“ s denivelacijom u programskom alatu PTV Visum, a Slika 3.4. i Prilog 2 prikazuje okolna raskrižja i prometnice u blizini kružnog raskrižja „Remetinec“. Tablica 3.1. prikazuje postojeće stanje broja vozila u satu na pojedinim odabranim lokacijama. Te lokacije naknadno će se uspoređivati sa varijantnim rješenjima.

Tablica 3.1. Postojeće stanje s denivelacijom u programskom alatu PTV Visum

| Raskrižje/Ulica | Postojeće opterećenje (osobna voz/sat) |
|--|--|
| Jadranski most | 5252 |
| Most slobode | 5338 |
| Most mladosti | 4191 |
| Križanje_Selska cesta i Jadranski most | 5493 |
| Rotor „Remetinec“ | 7118 |
| Križanje_Avenija V. Holjevca i Avenije Dubrovnik | 6771 |



Slika 3.3. Postojeće stanje kružnog raskrižja „Remetinec“ s denivelacijom u PTV Visum



Slika 3.4. Postojeće stanje šireg područja grada u PTV Visum

4. BROJANJE PROMETA I VALIDACIJA PROMETNOG MODELA

Mjerenje prometnog opterećenja u kružnom raskrižju se promatralo svakog dana unutar tri tjedna (od 23.10.2017. do 29.10.2017, od 12.03.2018. do 18.03.2018. i od 23.07.2018. do 29.07.2018. godine) u jutarnjem (6:00-09:00 sati) i popodnevnom (16:00-18:00 sati) vršnom opterećenju. Zbog veličine kružnog raskrižja i velikog broja motoriziranih vozila, umjesto standardnog brojenja prometa koje je teško pratiti, prometni tok se snimao pomoću kamere Sony HDR-CX450 (Slika 4.1.) koja je bila postavljena u hodniku nebodera u ulici Trg Gamala Abdela Nasera 1 (Slika 4.2) koja je uspješno pratila cijelu situaciju odvijanja prometa u kružnom raskrižju (Slika 4.3.).

Osnovne karakteristike kamere:

- EXMOR R® CMOS senzor vrste 1/5,8 (3,1 mm) s pozadinskim osvjetljenjem,
- Vrsta objektiva ZEISS Vario-Tessar
- Optičko zumiranje 30x
- Clear Image Zoom 60x3
- Rezolucija videozapisa AVCHD: 1920 x 1080/50p



Slika 4.1. Kamera Sony HDR-CX450, [9]



Slika 4.2. Lokacija nebodera, [8]



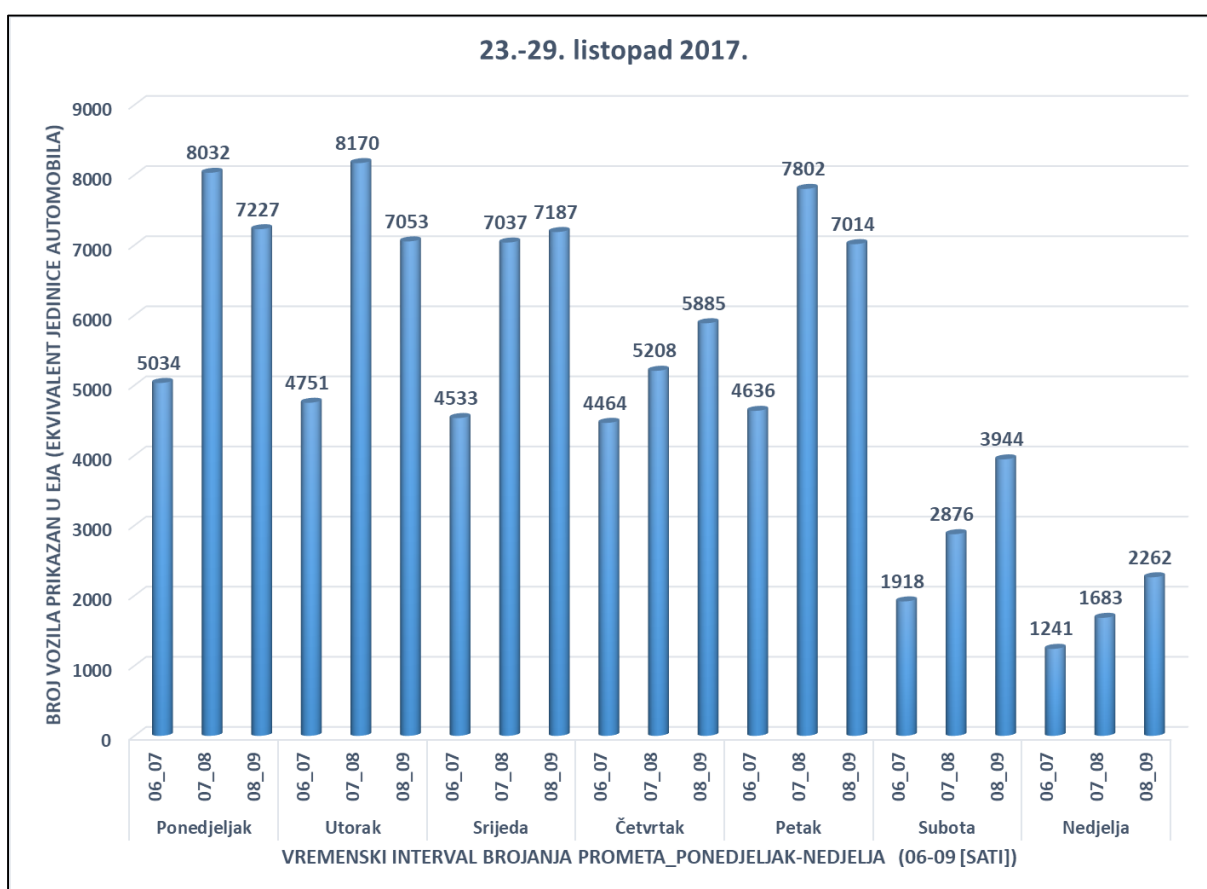
Slika 4.3. Prikaz kružnog raskrižja kamerom Sony HDR-CX450

Zabilježavanje broja motoriziranih sudionika u prometu zabilježavalo se na posebni listić koji se zove brojački listić (brojački listić se nalazi u prilogu 3). Brojački listić prikazuje brojanje prometa u 15 minutnim intervalima gdje se ujedno mogu vidjeti klasifikacija i raspodjela vozila po privozima. Brojanje se vršilo u 15 minutnim intervalima jer nije jednako raspoređeno prometno opterećenje na pojedinom privozima tokom 60 minutnog vremena, nego je prometno opterećenje u svakom vremenu drugačije.

4.1 Brojanje prometa listopad 2017.

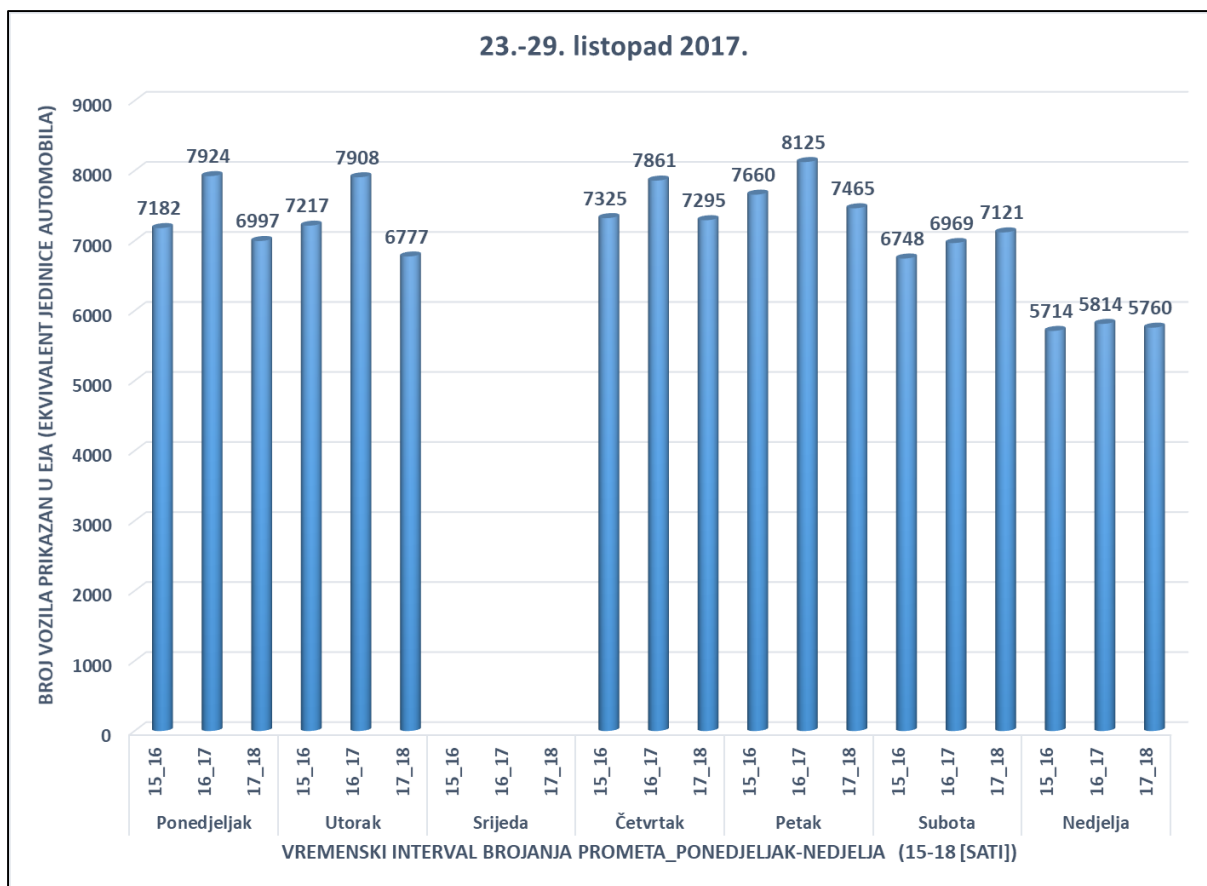
Grafikon 4.1. i Grafikon 4.2. prikazuju rezultate brojanja prometa od 23. listopada 2017. do 29. listopada 2017. godine za svaki dan u jutarnjem (6:00-09:00 sati) i popodnevnom (16:00-18:00 sati) vršnom opterećenju.

U jutarnjem vršnom periodu najveće prometno opterećenje cijelog raskrižja iznosi 8170 EJA između 07:00 i 08:00 sati u utorak 24.10, dok najmanje prometno opterećenje broja vozila cijelog raskrižja iznosi 1241 EJA između 06:00 i 07:00 sati u nedjelju 29.10. Razlika između najmanjeg i najvećeg jutarnjeg vršnog opterećenja iznosi 84,81 %.



Grafikon 4.1. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat ujutro u tjednu od 23. do 29. listopada 2017. godine

U popodnevnom vršnom periodu najveće prometno opterećenje cijelog raskrižja iznosi 8125 EJA između 16:00 i 17:00 sati u petak 27.10, dok najmanje prometno opterećenje broja vozila cijelog raskrižja iznosi 5714 EJA između 15:00 i 16:00 sati u nedjelju 29.10. U srijedu 25.10. brojanje prometa se nije vršilo. Razlika između najmanjeg i najvećeg jutarnjeg vršnog opterećenja iznosi 29,67 %.

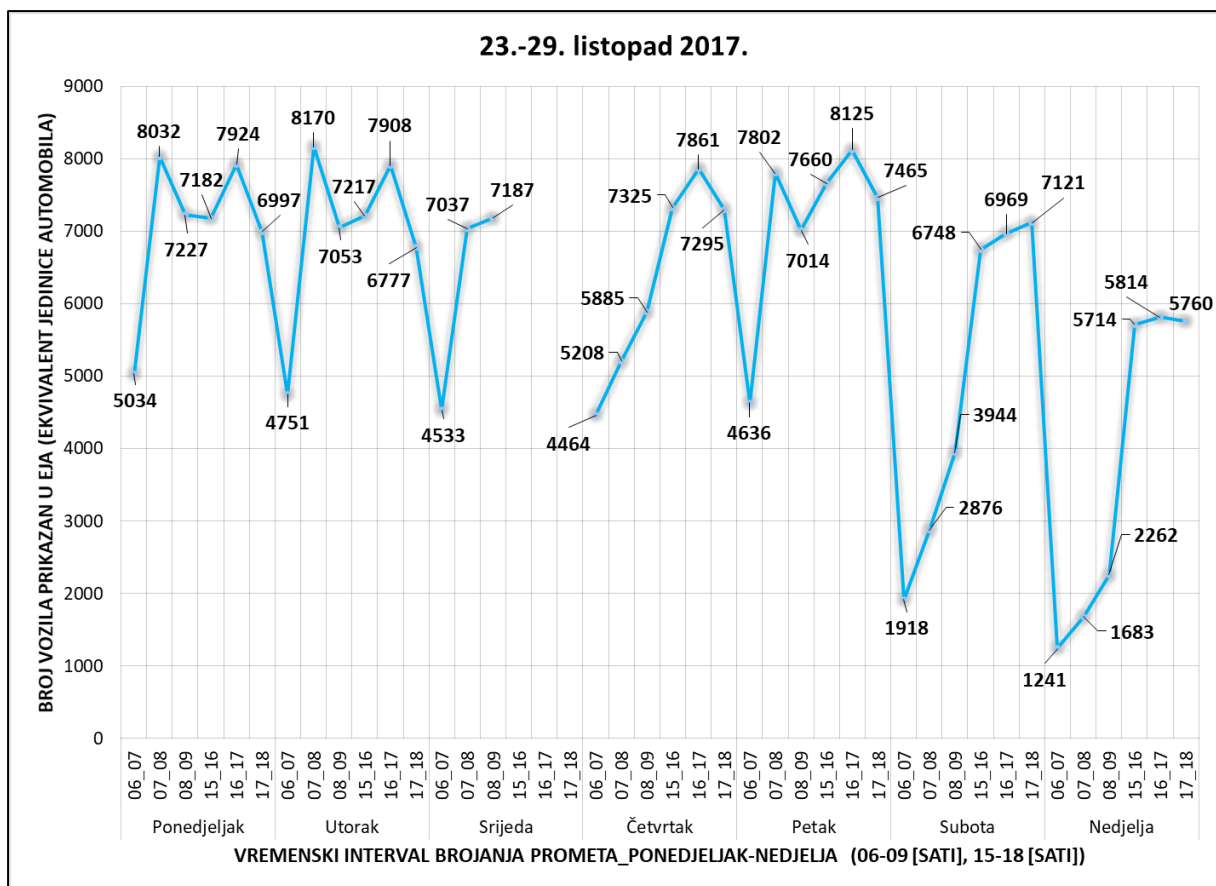


Grafikon 4.2. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat popodne u tjednu od 23. do 29. listopada 2017. godine

4.2 Zaključna analiza brojanja prometa za listopad 2017. godine

Grafikon 4.3. prikazuje prometno opterećenje vozila prikazano u EJA (ekvivalentnim jedinicama automobila) u vremenskom intervalu od ponedjeljka do nedjelje od 06 do 09 sati ujutro i od 15 do 18 sati popodne za listopad 2017. godine. Grafikon prikazuje značajna odstupanja unutar promatranog tjedna, te prikazuje ukupan broj vozila prikazan u EJA koji je prošao kroz raskrižje u tjednu.

Od 12. do 18. ožujka 2018. godine najveće prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje iznosi 8170 EJA između 07:00 i 08:00 sati u utorak 24.10., dok najmanje prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje iznosi 1241 EJA između 06:00 i 07:00 sati u nedjelju 29.10. Razlika između najmanjeg i najvećeg prometnog opterećenja iznosi 84,81 %.



Grafikon 4.3. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat u tjednu od 23. do 29. listopada 2017. godine

Na Slika 4.4. prikazano je najveće prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje u utorak 24. listopada 2017. godine između 07:00 i 08:00 sati, dok je na Slika 4.5 prikazano najmanje prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje u nedjelju 29. listopada 2017. godine između 06:00 i 07:00 sati.



Slika 4.4. Prikaz najvećeg prometnog opterećenja 24. listopada 2017. godine



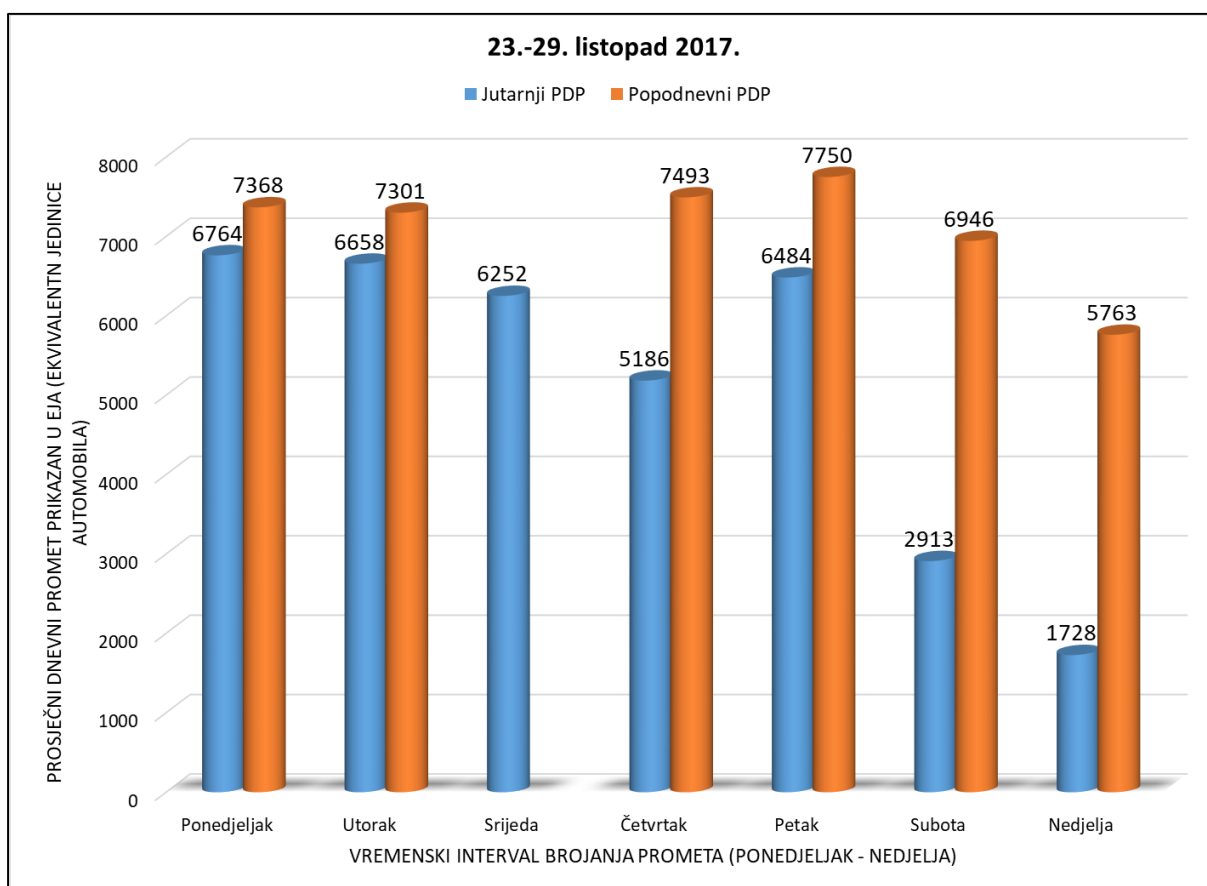
Slika 4.5. Prikaz najmanjeg prometnog opterećenja 29. listopada 2017. godine

Tablica 4.1. i Grafikon 4.4. prikazuje prosječni dnevni promet za tjedan 23.-29. listopada 2017. godine u jutarnjem i popodnevnom vršnom periodu. Najveći prosječni dnevni promet u jutarnjem vršnom periodu iznosi 6764 EJA u ponedjeljak 23.10., a najmanje 1728 EJA u nedjelju 29.10. Razlika između najmanjeg i najvećeg jutarnjeg prosječnog dnevnog prometa iznosi 74,45 %. Ukupni prosječni dnevni promet cijelog tjedna u jutarnjem vršnom periodu iznosi 5141 EJA. Prosječni jutarnji dnevni promet dobio se zbrajanjem svih vozila u EJA unutar tri sata snimanja podijeljenog sa tri. Ukupni jutarnji PDP u tjednu dobio se zbrajanjem svih PDP-a u tjednu te podijelio sa sedam.

Najveći prosječni dnevni promet u popodnevnom vršnom periodu iznosi 7750 EJA u petak 27.10., a najmanje 5763 EJA u nedjelju 29.10.. Razlika između najmanjeg i najvećeg popodnevnog prosječnog dnevnog prometa iznosi 25,64 %. Ukupni prosječni dnevni promet cijelog tjedna u popodnevnom vršnom periodu iznosi 6089 EJA. U srijedu u popodnevnom vršnom periodu brojanje prometa se nije vršilo. Prosječni popodnevni dnevni promet dobio se zbrajanjem svih vozila u EJA unutar tri sata snimanja podijeljenog sa tri. Ukupni popodnevni PDP u tjednu dobio se zbrajanjem svih PDP-a u tjednu te podijelio sa sedam.

Tablica 4.1. Prosječni dnevni promet za sate brojanja 23.-29. listopada 2017. godine

| 23.-29. listopada 2017. | | |
|-------------------------|--------------|----------------|
| | Jutarnji PDP | Popodnevni PDP |
| Ponedjeljak | 6764 | 7368 |
| Utorak | 6658 | 7301 |
| Srijeda | 6252 | - |
| Četvrtak | 5186 | 7493 |
| Petak | 6484 | 7750 |
| Subota | 2913 | 6946 |
| Nedjelja | 1728 | 5763 |
| Σ= | 5141 | 6089 |

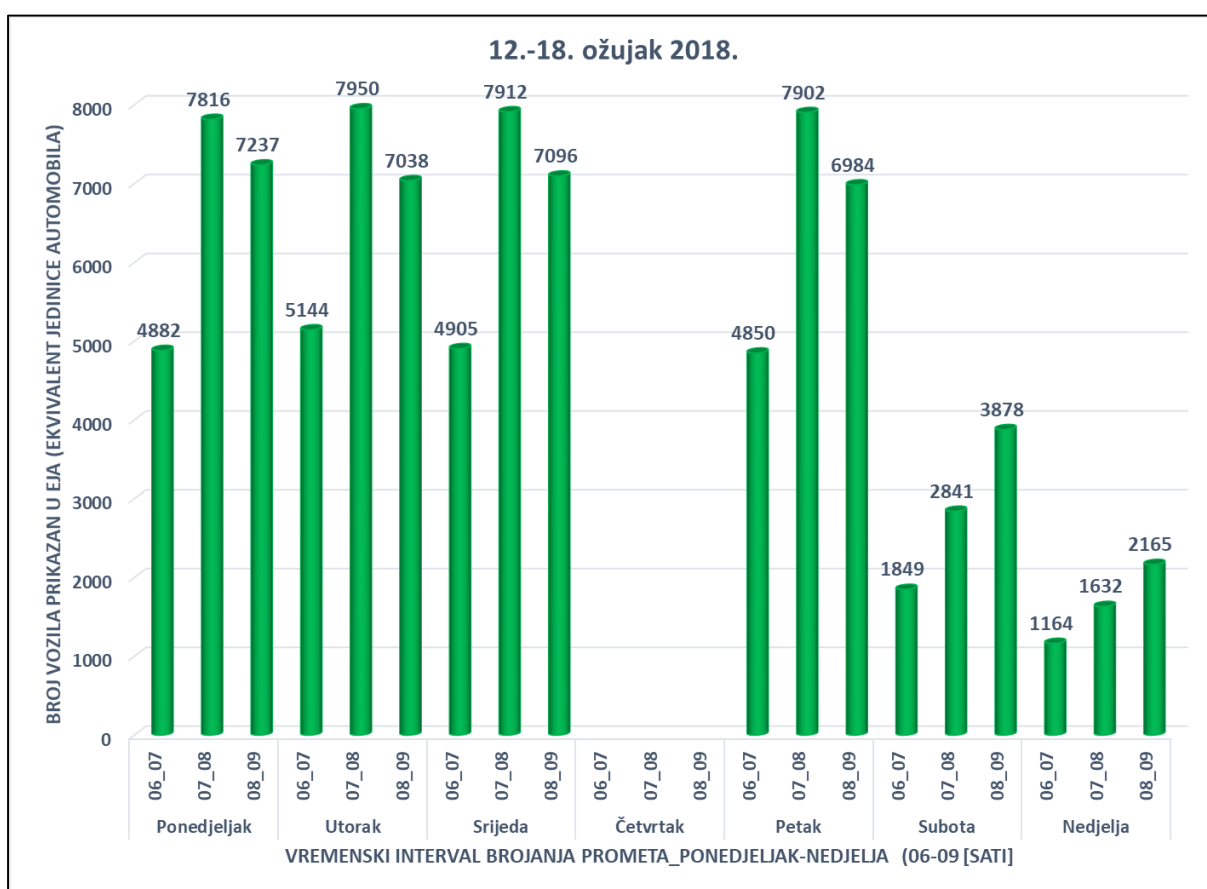


Grafikon 4.4. Prosječni dnevni promet prikazan u ekvivalent jedinicama automobila za 23.-29. listopada 2017. godine

4.3 Brojanje prometa ožujak 2018.

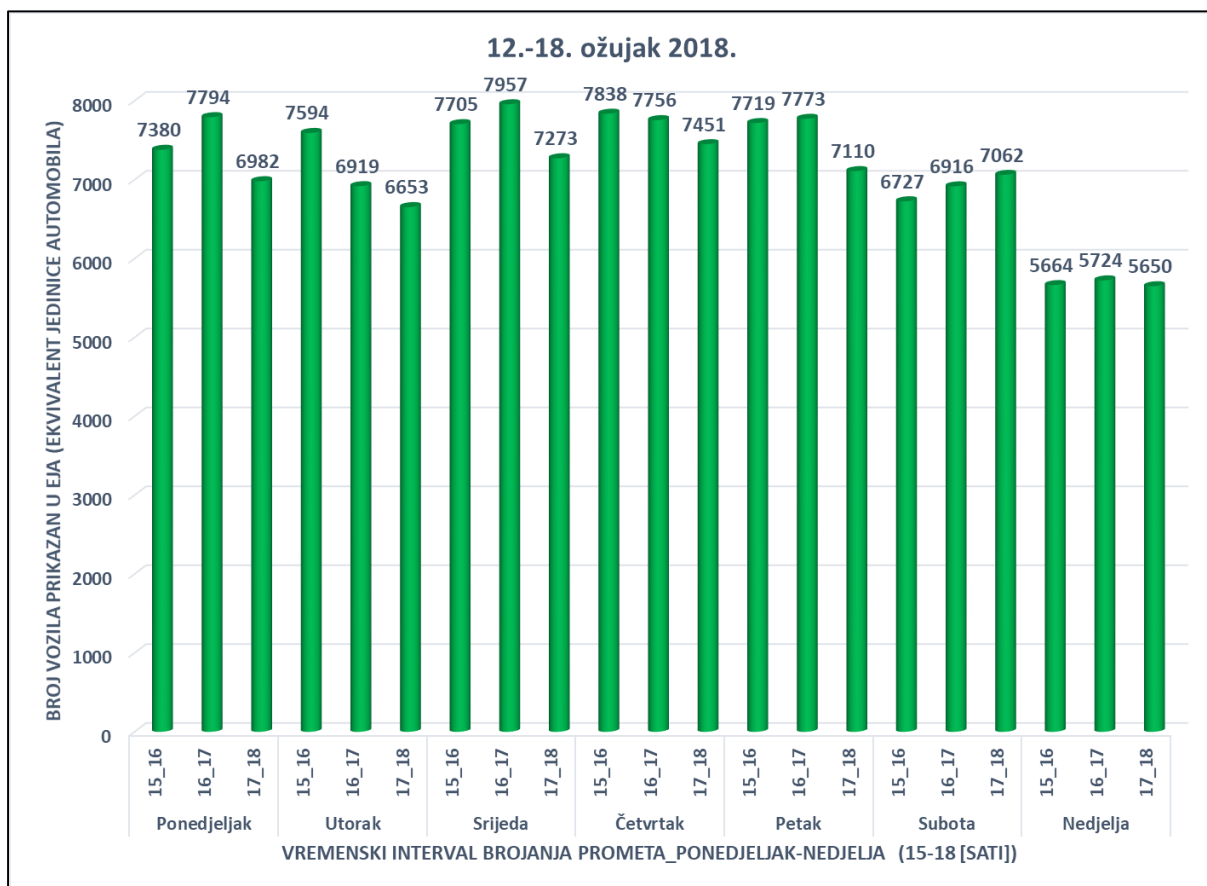
Grafikon 4.5. i Grafikon 4.6. prikazuju rezultate brojanja prometa od 12. ožujka 2018. do 18. ožujka 2018. godine za svaki dan u jutarnjem (6:00-09:00 sati) i popodnevnom (16:00-18:00 sati) vršnom opterećenju.

U jutarnjem vršnom periodu najveće prometno opterećenje cijelog raskrižja iznosi 7950 EJA između 07:00 i 08:00 sati u utorak 13.03, dok najmanje prometno opterećenje broja vozila cijelog raskrižja iznosi 1164 EJA između 06:00 i 07:00 sati u nedjelju 18.03. U četvrtak 15.03. brojanje prometa se nije vršilo zbog guste magle. Razlika između najmanjeg i najvećeg jutarnjeg vršnog opterećenja iznosi 85,36 %.



Grafikon 4.5. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat ujutro u tjednu od 12. do 18. ožujka 2018. godine

U popodnevnom vršnom periodu najveće prometno opterećenje cijelog raskrižja iznosi 7957 EJA između 16:00 i 17:00 sati u srijedu 14.03, dok najmanje prometno opterećenje broja vozila cijelog raskrižja iznosi 5650 EJA između 17:00 i 18:00 sati u nedjelju 18.03. Razlika između najmanjeg i najvećeg jutarnjeg vršnog opterećenja iznosi 28,99 %.

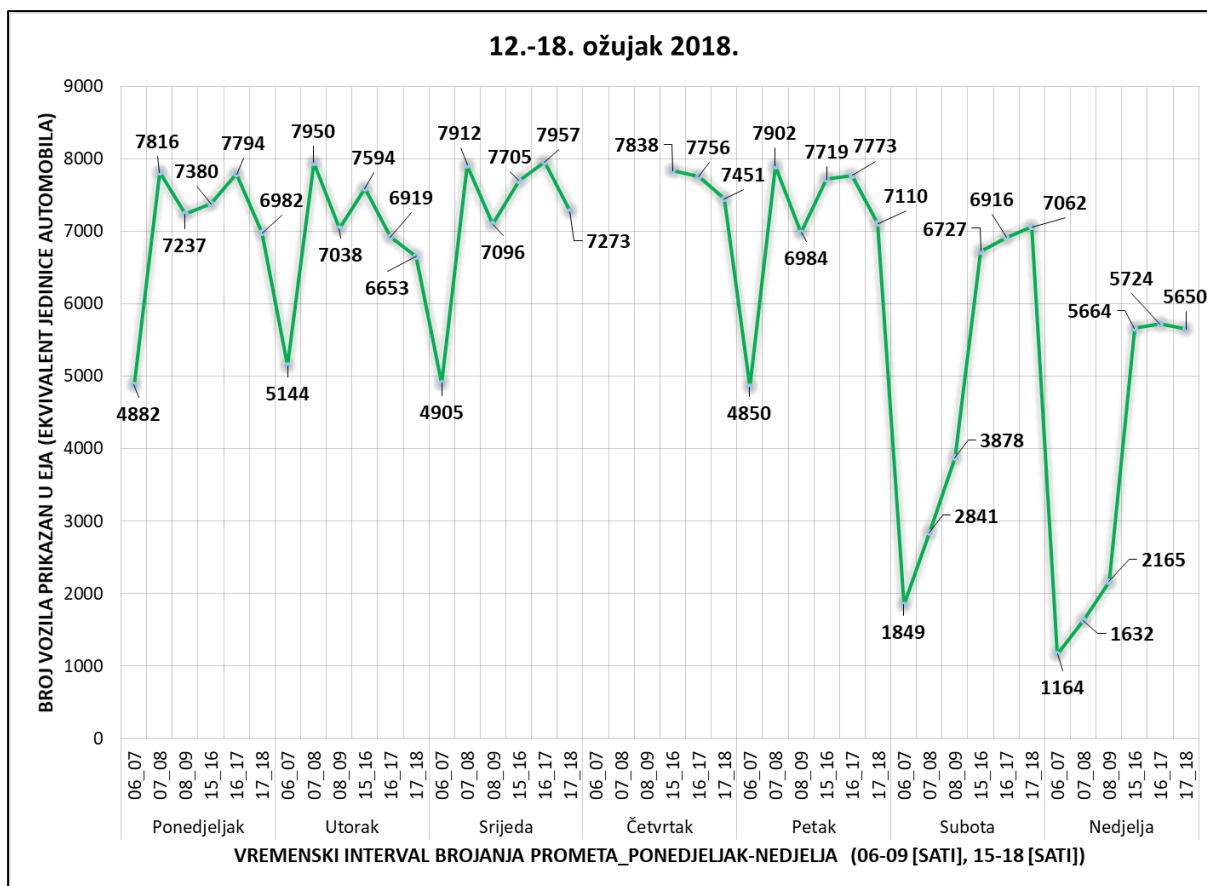


Grafikon 4.6. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat popodne u tjednu od 12. do 18. ožujka 2018. godine

4.4 Zaključna analiza brojanja prometa za ožujak 2018. godine

Grafikon 4.7. prikazuje prometno opterećenje vozila prikazano u EJA (ekvivalentnim jedinicama automobila) u vremenskom intervalu od ponedjeljka do nedjelje od 06 do 09 sati ujutro i od 15 do 18 sati popodne za ožujak 2018. godine. Grafikon prikazuje značajna odstupanja unutar promatranog tjedna, te prikazuje ukupan broj vozila prikazan u EJA koji je prošao kroz raskrižje u tjednu.

Od 12. do 18. ožujka 2018. godine najveće prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje iznosi 7957 EJA između 16:00 i 17:00 sati u srijedu 14.03., dok je najmanje prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje iznosi 1164 EJA između 06:00 i 07:00 sati u nedjelju 29.10. Razlika između najmanjeg i najvećeg prometnog opterećenja iznosi 85,37 %.



Grafikon 4.7. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat u tjednu od 12. do 18. Ožujka 2018. godine

Na Slika 4.6. prikazano je najveće prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje u srijedu 14. ožujka 2018. godine između 16:00 i 17:00 sati, dok je na Slika 4.7. prikazano najmanje prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje u nedjelju 18. ožujka 2018. godine između 06:00 i 07:00 sati.



Slika 4.6. Prikaz najvećeg prometnog opterećenja 14. Ožujka 2018. godine



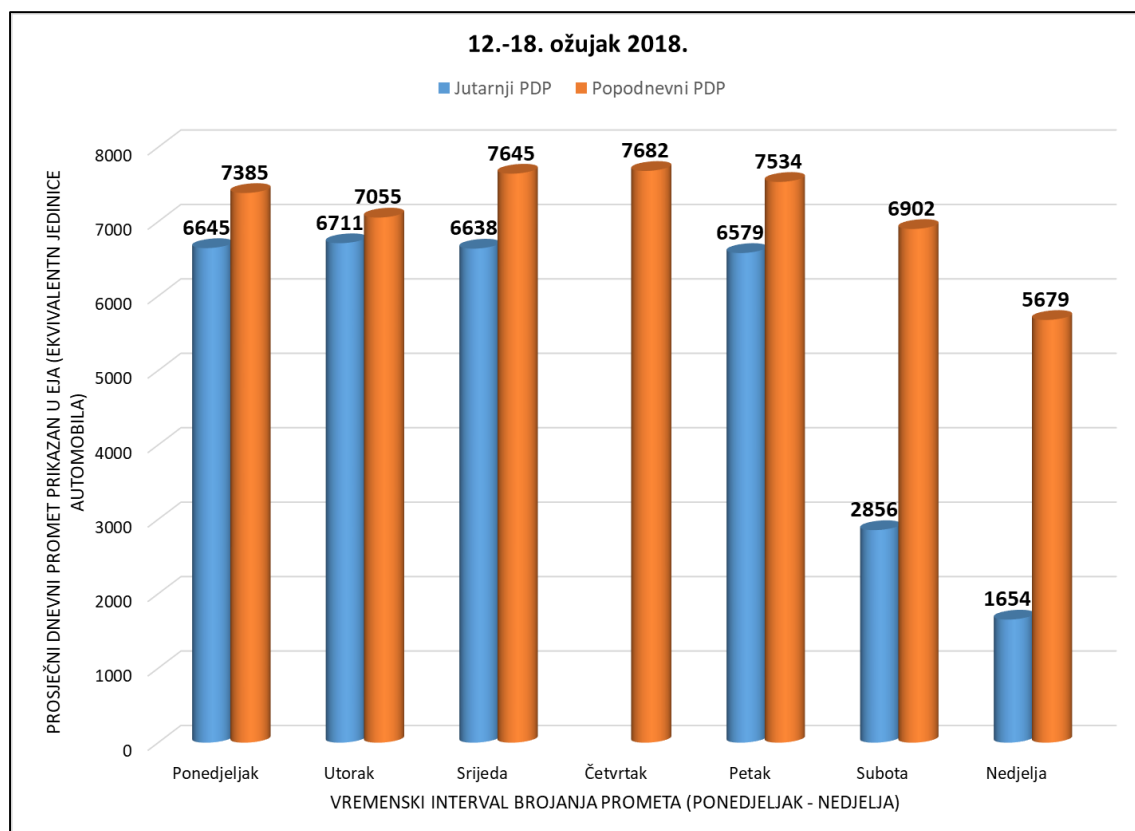
Slika 4.7. Prikaz najmanjeg prometnog opterećenja 18. Ožujka 2018. godine

Tablica 4.2. i Grafikon 4.8. prikazuje prosječni dnevni promet za tjedan 12.-18. ožujka 2018. godine u jutarnjem i popodnevnom vršnom periodu. Najveći prosječni dnevni promet u jutarnjem vršnom periodu iznosi 6711 EJA u utorak 13.03., a najmanje 1654 EJA u nedjelju 18.03.. Razlika između najmanjeg i najvećeg jutarnjeg prosječnog dnevnog prometa iznosi 75,35 %. Ukupni prosječni dnevni promet cijelog tjedna u jutarnjem vršnom periodu iznosi 4440 EJA. Prosječni jutarnji dnevni promet dobio se zbrajanjem svih vozila u EJA unutar tri sata snimanja podijeljenog sa tri. Ukupni jutarnji PDP u tjednu dobio se zbrajanjem svih PDP-a u tjednu te podijelio sa sedam.

Najveći prosječni dnevni promet u popodnevnom vršnom periodu iznosi 7682 EJA u četvrtak 15.03., a najmanje 5679 EJA u nedjelju 18.03.. Razlika između najmanjeg i najvećeg popodnevnog prosječnog dnevnog prometa iznosi 26,07 %. Ukupni prosječni dnevni promet cijelog tjedna u popodnevnom vršnom periodu iznosi 7126 EJA. Prosječni popodnevni dnevni promet dobio se zbrajanjem svih vozila u EJA unutar tri sata snimanja podijeljenog sa tri. Ukupni popodnevni PDP u tjednu dobio se zbrajanjem svih PDP-a u tjednu te podijelio sa sedam. U četvrtak u jutarnjem vršnom periodu brojanje prometa se nije vršilo radi guste magle.

Tablica 4.2. Prosječni dnevni promet za sate brojanja 12.-18. ožujak 2018. godine

| 12.-18. ožujak 2018. | | |
|-----------------------------|--------------|----------------|
| | Jutarnji PDP | Popodnevni PDP |
| Ponedjeljak | 6645 | 7385 |
| Utorak | 6711 | 7055 |
| Srijeda | 6638 | 7645 |
| Četvrtak | - | 7682 |
| Petak | 6579 | 7534 |
| Subota | 2856 | 6902 |
| Nedjelja | 1654 | 5679 |
| Σ= | 4440 | 7126 |

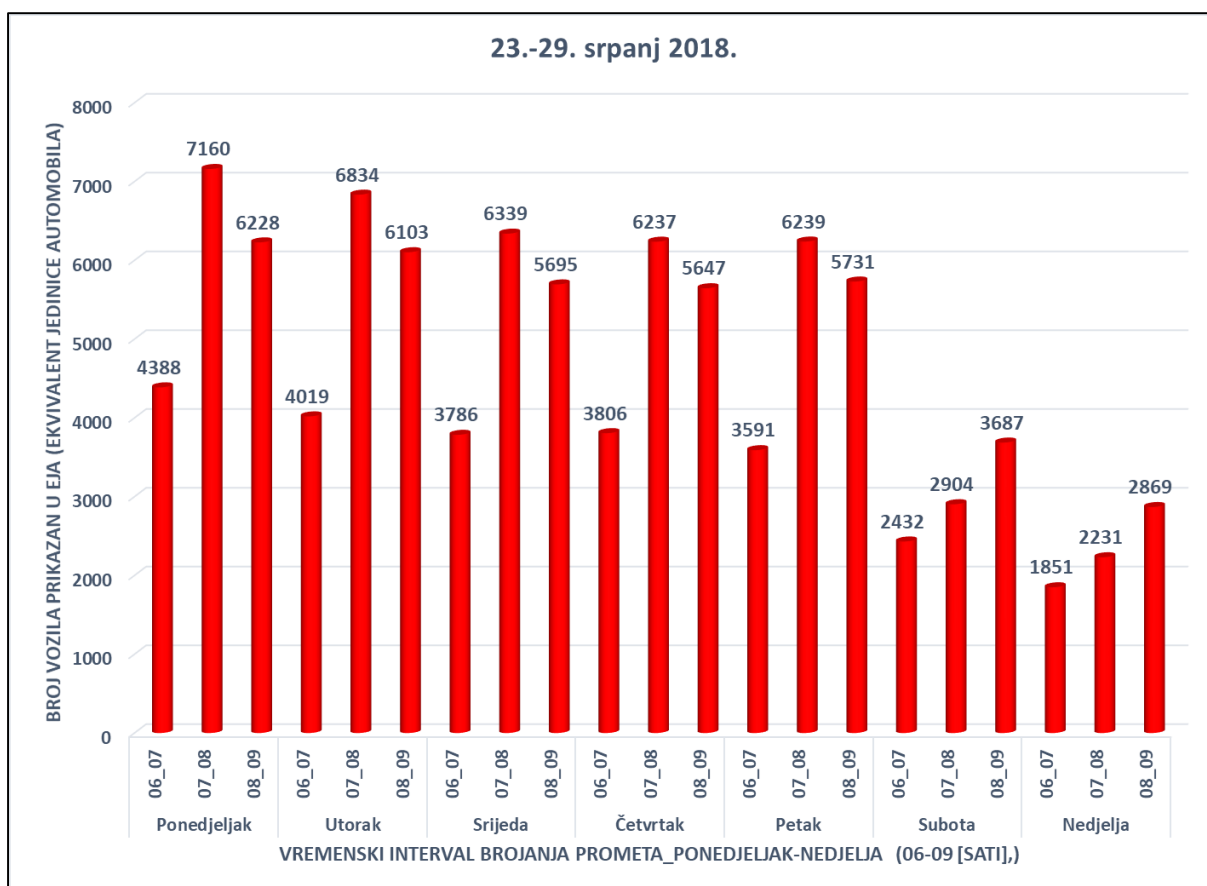


Grafikon 4.8. Prosječni dnevni promet prikazan u ekvivalent jedinicama automobila za 12.-18. ožujak 2018. godine

4.5 Brojanje prometa srpanj 2018.

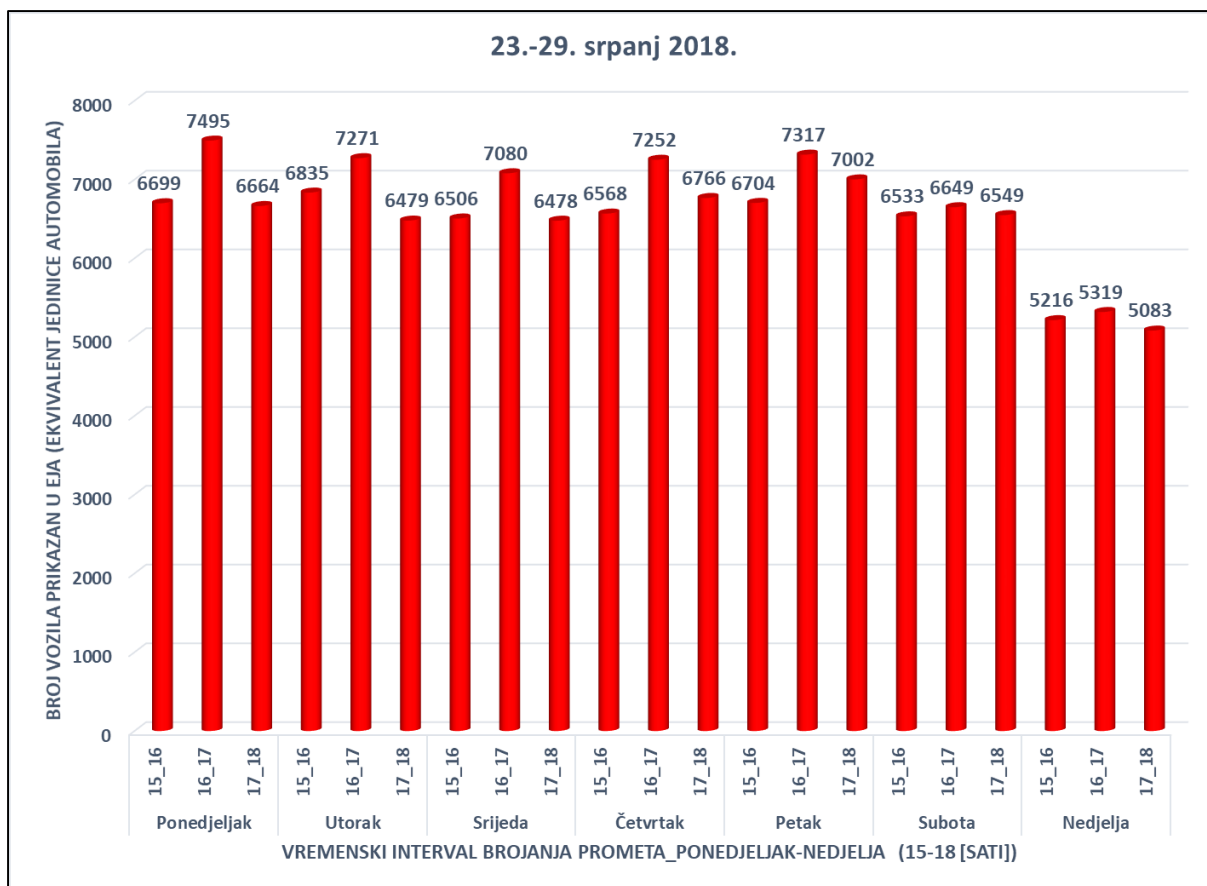
Grafikon 4.9. i Grafikon 4.10. prikazuju rezultate brojanja prometa od 23. srpnja 2018. do 29. srpnja 2018. godine za svaki dan u jutarnjem (06:00-09:00 sati) i popodnevnom (16:00-18:00 sati) vršnom opterećenju.

U jutarnjem vršnom periodu najveće prometno opterećenje cijelog raskrižja iznosi 7160 EJA između 07:00 i 08:00 sati u ponedjeljak 23.07, dok najmanje prometno opterećenje broja vozila cijelog raskrižja iznosi 1851 EJA između 06:00 i 07:00 sati u nedjelju 29.07. Razlika između najmanjeg i najvećeg jutarnjeg vršnog opterećenja iznosi 74,15 %.



Grafikon 4.9. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat ujutro u tjednu od 12. do 18. ožujka 2018. godine

U popodnevnom vršnom periodu najveće prometno opterećenje cijelog raskrižja iznosi 7495 EJA između 16:00 i 17:00 sati u ponedjeljak 23.07, dok najmanje prometno opterećenje broja vozila cijelog raskrižja iznosi 5083 EJA između 17:00 i 18:00 sati u nedjelju 29.07. Razlika između najmanjeg i najvećeg jutarnjeg vršnog opterećenja iznosi 32,18 %.

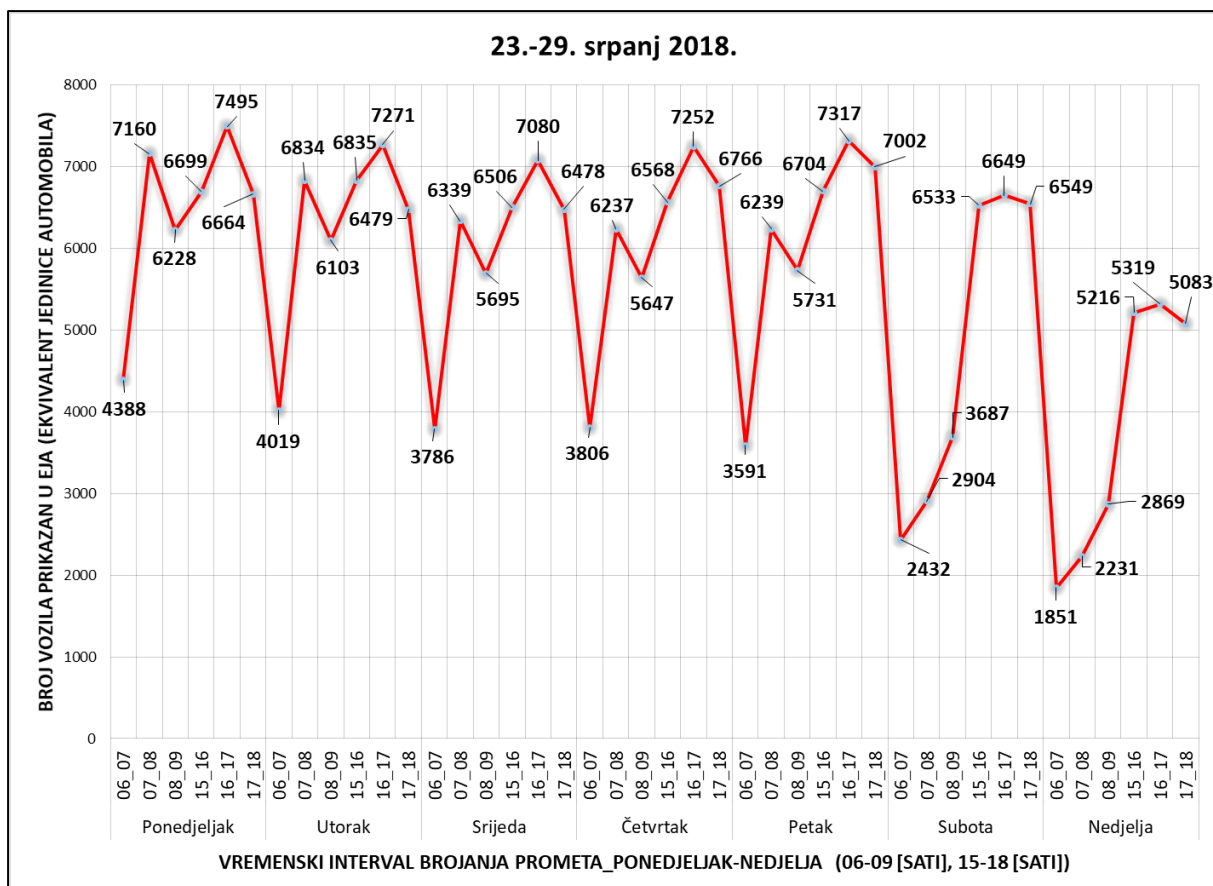


Grafikon 4.10. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat popodne u tjednu od 12. do 18. ožujka 2018. godine

4.6 Zaključna analiza brojanja prometa za srpanj 2018. godine

Grafikon 4.11. prikazuje prometno opterećenje vozila prikazano u EJA (ekvivalentnim jedinicama automobila) u vremenskom intervalu od ponedjeljka do nedjelje od 06 do 09 sati ujutro i od 15 do 18 sati popodne za srpanj 2018. godine. Grafikon prikazuje značajna odstupanja unutar promatranog tjedna, te prikazuje ukupan broj vozila prikazan u EJA koji je prošao kroz raskrižje u tjednu.

Od 23. do 29. srpnja 2018. godine najveće prometno opterećenje koje je prošao kroz raskrižje iznosi 7495 EJA između 16:00 i 17:00 sati u ponedjeljak 23.07., dok je najmanje prometno opterećenje koje je prošao kroz raskrižje iznosi 1851 EJA između 06:00 i 07:00 sati u nedjelju 29.07.. Razlika između najmanjeg i najvećeg prometnog opterećenja iznosi 75,30 %.



Grafikon 4.11. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat u tjednu od 23. do 29. Srpnja 2018. godine

Na Slika 4.6. prikazano je najveće prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje u ponedjeljak 23. srpnja 2018. godine između 16:00 i 17:00 sati, dok je na Slika 4.7. prikazano najmanje prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje u nedjelju 29. srpnja 2018. godine između 06:00 i 07:00 sati.



Slika 4.8. Prikaz najvećeg prometnog opterećenja 23. Srpnja 2018. godine



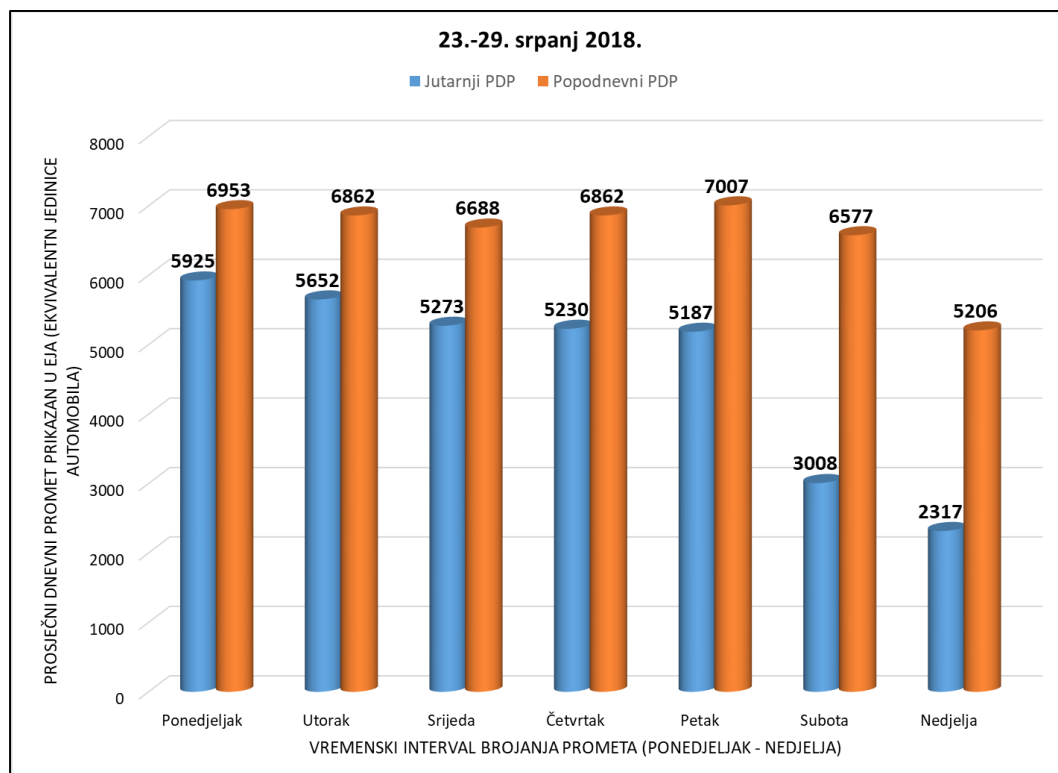
Slika 4.9. Prikaz najmanjeg prometnog opterećenja 29. Srpnja 2018. godine

Tablica 4.3. i Grafikon 4.12. prikazuje prosječni dnevni promet za tjedan 23.-29. srpnja 2018. godine u jutarnjem i popodnevnom vršnom periodu. Najveći prosječni dnevni promet u jutarnjem vršnom periodu iznosi 5925 EJA u ponedjeljak 23.07., a najmanje 2317 EJA u nedjelju 29.07.. Razlika između najmanjeg i najvećeg jutarnjeg prosječnog dnevnog prometa iznosi 60,89 %. Ukupni prosječni dnevni promet cijelog tjedna u jutarnjem vršnom periodu iznosi 4656 EJA. Prosječni jutarnji dnevni promet dobio se zbrajanjem svih vozila u EJA unutar tri sata snimanja podijeljenog sa tri. Ukupni jutarnji PDP u tjednu dobio se zbrajanjem svih PDP-a u tjednu te podijelio sa sedam.

Najveći prosječni dnevni promet u popodnevnom vršnom periodu iznosi 7007 EJA u petak 27.07., a najmanje 5206 EJA u nedjelju 29.07.. Razlika između najmanjeg i najvećeg popodnevnog prosječnog dnevnog prometa iznosi 25,70 %. Ukupni prosječni dnevni promet cijelog tjedna u popodnevnom vršnom periodu iznosi 6593 EJA. Prosječni popodnevni dnevni promet dobio se zbrajanjem svih vozila u EJA unutar tri sata snimanja podijeljenog sa tri. Ukupni popodnevni PDP u tjednu dobio se zbrajanjem svih PDP-a u tjednu te podijelio sa sedam.

Tablica 4.3. Prosječni dnevni promet za sate brojanja 23.-29. srpanj 2018. godine

| 23.-29. srpanj 2018. | | |
|-----------------------------|--------------|----------------|
| | Jutarnji PDP | Popodnevni PDP |
| Ponedjeljak | 5925 | 6953 |
| Utorak | 5652 | 6862 |
| Srijeda | 5273 | 6688 |
| Četvrtak | 5230 | 6862 |
| Petak | 5187 | 7007 |
| Subota | 3008 | 6577 |
| Nedjelja | 2317 | 5206 |
| Σ = | 4656 | 6593 |



Grafikon 4.12. Prosječni dnevni promet prikazan u ekvivalent jedinicama automobila za 23.-29. Srpnja 2018. godine

4.7 Zaključna analiza brojanja prometa za listopad 2017., ožujak 2018. i srpanj 2018. godine

Grafikon 4.13. prikazuje prometno opterećenje vozila prikazano u EJA (ekvivalentnim jedinicama automobila) u vremenskom intervalu od ponedjeljka do nedjelje od 06 do 09 sati ujutro i od 15 do 18 sati popodne za listopad 2017., ožujak 2018. i srpanj 2018. godine.

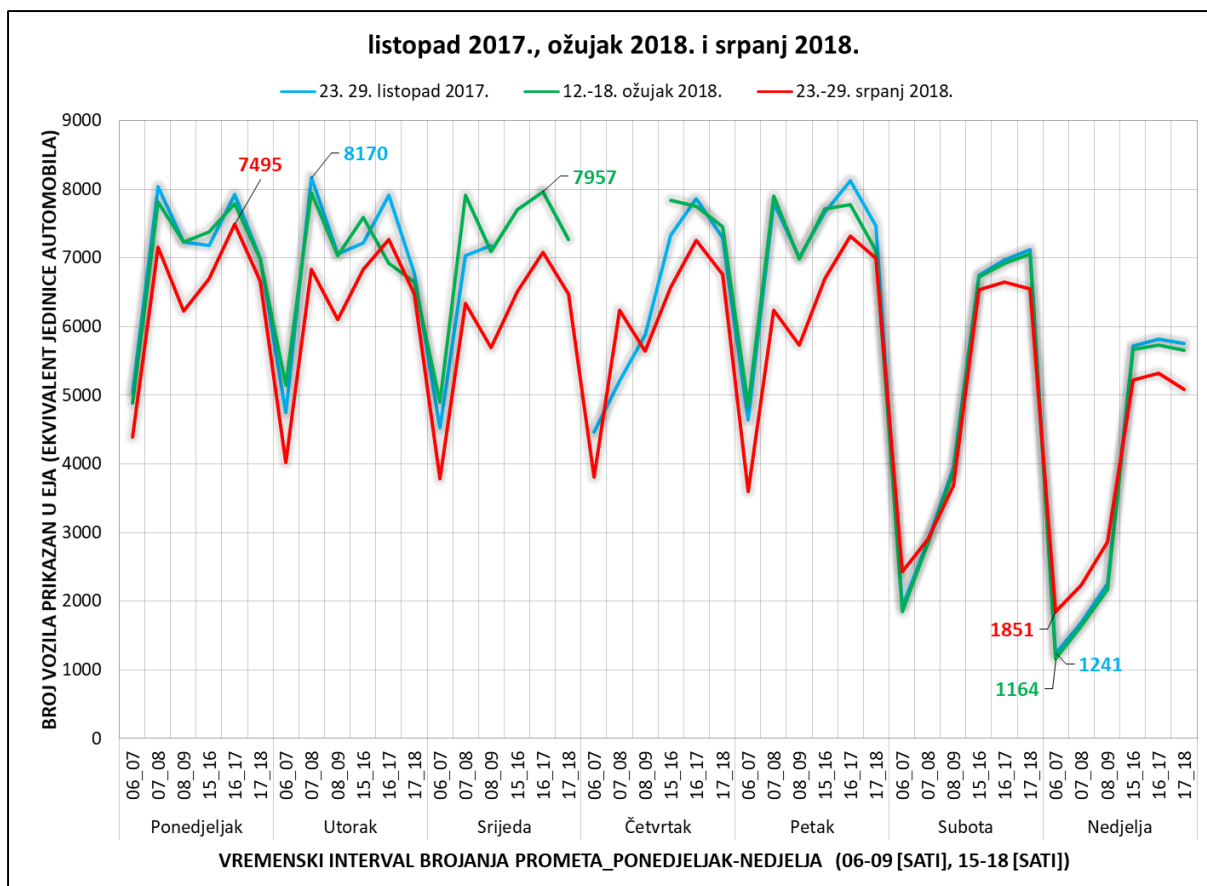
Grafikon 4.13. prikazuje značajna odstupanja između tri različita tjedna, te prikazuje najveće i najmanje prometno opterećenje prikazano u EJA koji je prošao kroz raskrižje u tjednu.

Od 12. do 18. ožujka 2018. godine najveće prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje iznosi 8170 EJA između 07:00 i 08:00 sati u utorak 24.10., dok najmanje prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje iznosi 1241 EJA između 06:00 i 07:00 sati u nedjelju 29.10. Razlika između najmanjeg i najvećeg prometnog opterećenja iznosi 84,81 %.

Od 12. do 18. ožujka 2018. godine najveće prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje iznosi 7957 EJA između 16:00 i 17:00 sati u srijedu 14.03., dok je najmanje prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje iznosi 1164 EJA između 06:00 i 07:00 sati u nedjelju 29.10. Razlika između najmanjeg i najvećeg prometnog opterećenja iznosi 85,37 %.

Od 23. do 29. srpnja 2018. godine najveće prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje iznosi 7495 EJA između 16:00 i 17:00 sati u ponedjeljak 23.07., dok je najmanje prometno opterećenje koje je prošlo kroz raskrižje iznosi 1851 EJA između 06:00 i 07:00 sati u nedjelju 29.07.. Razlika između najmanjeg i najvećeg prometnog opterećenja iznosi 75,30 %.

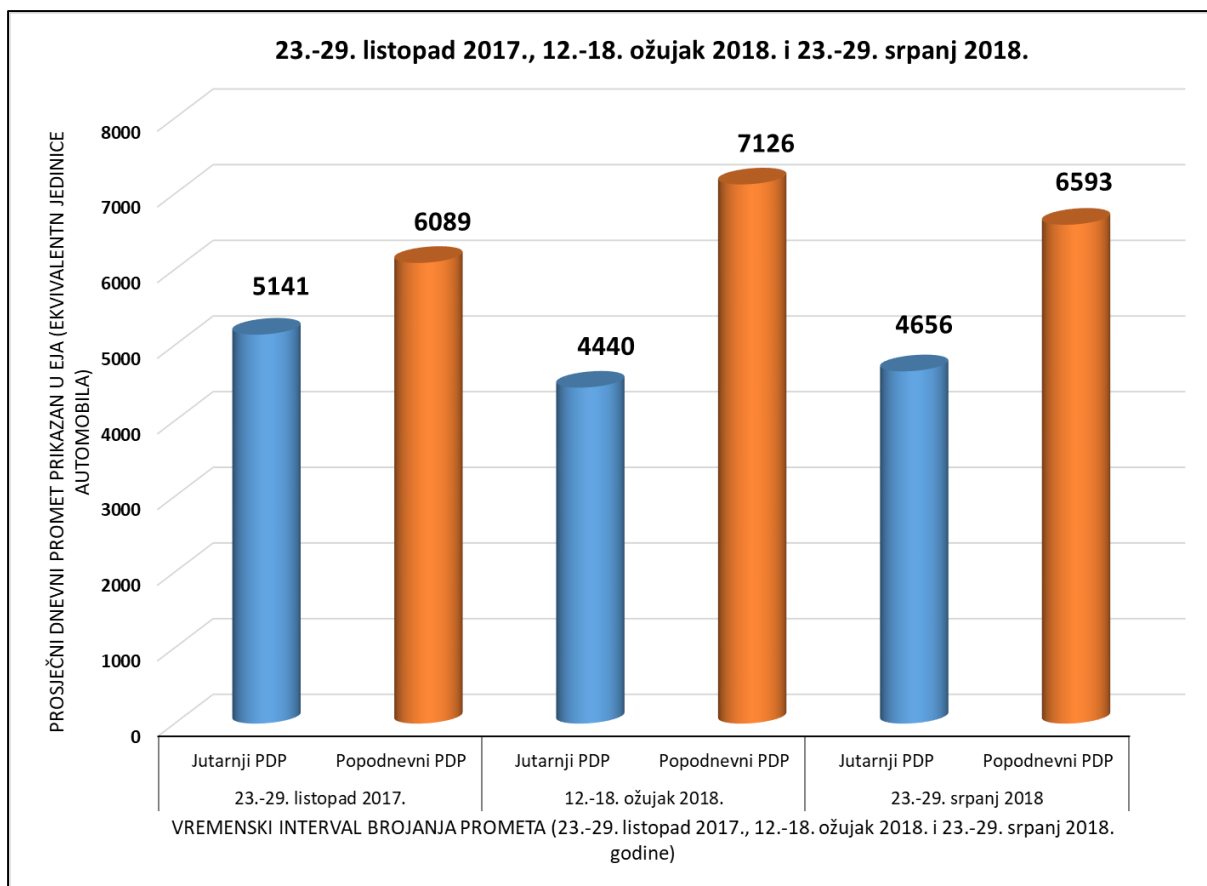
Na temelju brojanja prometa Prosječni godišnji dnevni promet za promatrani period iznosi 81.697 vozila/dan.



Grafikon 4.13. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat u tjednu za listopad 2017., ožujak 2018. i srpanj 2018. godinu

Grafikon 4.14. prikazuje ukupni jutarnji i popodnevni prosječni dnevni promet prikazan u EJA (ekvivalentnim jedinicama automobila) u vremenskom intervalu od ponedjeljka do nedjelje od 06 do 09 sati ujutro i od 15 do 18 sati popodne za listopad 2017., ožujak 2018. i srpanj 2018. godine.

Grafikon 4.14. prikazuje značajna odstupanja između tri različita tjedna za jutarnji i popodnevni prosječni dnevni promet. Najveći prosječni dnevni promet iznosi 7126 EJA između 12.-18. ožujka 2018. godine za popodne, dok najmanji iznosi 4440 EJA između 12.-18. ožujka 2018. godine za jutro. Razlika između najmanjeg i najvećeg prosječnog dnevnog prometa iznosi 37,69 %.



Grafikon 4.14. Ukupni prosječni dnevni promet prikazan u ekvivalent jedinicama automobila za 23.-29. listopada 2017., 12.-18. ožujak 2018. i 23.-29. srpnja 2018. godine

Satna neravnomjernost protoka u periodu cijele godine predstavlja variranje protoka vozila po pojedinim satovima u tijeku cijele godine, tj. u tijeku 8.760 sati [10].

Saznanja, koja datiraju od 1941. godine u nedostatku prikladnijih mjerila, poslužila su za obrazloženje prvog kriterija o mjerodavnom satnom protoku vozila za dimenzioniranje poprečnog profila prometnica, poznatog pod nazivom kriterij “30-og sata”, koji je kvantitativno iznosio :

$$\mathbf{q30 = (0,14 \text{ do } 0,16) PGDP} [10]$$

Može se sa sigurnošću tvrditi da na današnjoj razini poznavanja najznačajnijih faktora od kojih zavisi mjerodavni protok vozila, a na osnovu izvršenih ispitivanja realna vrijednost mjerodavnog protoka se nalazi u granicama između 6,5% i 8% od prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP), tj. $\mathbf{q30 = (0,065 \text{ do } 0,08)PGDP}$. Ovo ne važi za izrazito turističke prometne pravce [7].

Kriterij 30-og sata za brojanje prometa u periodu od 23.-29. listopada 2017., 12.-18. Ožujka 2018. i 23.-29. Srpnja 2018. godine iznosi:

- PGDP= 81.697 vozila/dan
- (q30=0,08 PGDP)

$$\mathbf{q30} = 8\% \times \text{PGDP} = 0,08 \times 81.697 = \mathbf{6536 \text{ vozila/sat}}$$

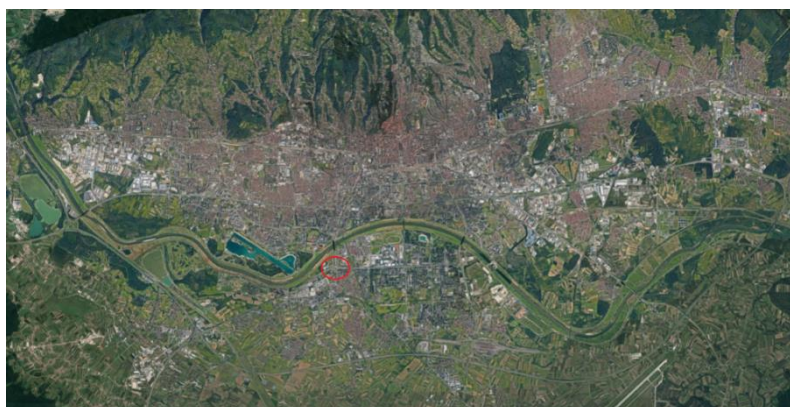
5. PRIJEDLOG OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA ROTORU „REMETINEC“

5.1 Osnovni podaci

Kružno raskrižje Jadranska avenija – Remetinečka avenija – Avenija Dubrovnik – Jadranski most nalazi se na jugozapadnom ulazu u grad Zagreb. Pušteno je u promet 9. rujna 1985. godine. Prije rekonstrukcije bilo je izvedeno kao semaforizirano raskrižje u razini s deniveliranim pješačkim prometom i bez tramvajskog prometa. Ubrzana urbanizacija, nedovoljan broj mostova preko rijeke Save, te povećano prometno opterećenje jugozapadnog ulaza u grad utjecali su na povećano prometno opterećenje prometne mreže. S ciljem povećanja sigurnosti prometa, povećanja propusne moći i uvođenja tramvajskog prometa na prometni čvor, kao prva rekonstrukcija, izgrađeno je najpovoljnije kružno raskrižje u gornjem nivou te prolaz za tramvaje s preticajnim kolosijecima na donjem nivou [11].

Odgovarajuća prometna cjelina imala je oblik velikog raskrižja s kružnim tokom s četiri prilaza: Jadranskom avenijom, Avenijom Dubrovnik, Jadranskim mostom i Remetinečkom cestom. Raskrižje se nalazilo u ravnici bez većih ograničenja, dok su prilazne rute na uzdužnim nagibima od 1% do 3%. Vanjski promjer kružnog toka (D_v) je bio 148 metara, dok je unutarnji promjer (D_u) 124 metra. Kolnik u kružnom raskrižju bio je podijeljen na tri trake širine četiri metra, a pristupi su bili projektirani s tri trake širine 3,5 metra. Privozi su se spajali u kružno raskrižje s radijusom (R) od 80 metara, osim sjevernog privoza koji se spajao s radijusom (R) od 200 metara. Kružni kolnik imao je nagib oko 2% prema središtu zbog oborinske odvodnje [12, 13, 14, 15].

Slika 5.1. prikazuje Grad Zagreb i dispoziciju kružnog raskrižja „Remetinec“ (označeno crvenom bojom) u gradskoj mreži na makro razini.



Slika 5.1. Dispozicija kružnog raskrižja „Remetinec“ u gradskoj mreži, [8]

Postojeće kružno raskrižje „Remetinec“ s denivelacijom u Zagrebu najopterećenije je raskrižje u Republici Hrvatskoj s prosječnim dnevnim prometom >81.000 vozila/dan koja ulaze u raskrižje za 2017. godinu, dok je AKING d.o.o. 2008. godine izbrojalo > 99.000 vozila/dan. [11]

Trenutačno postojeće stanje raskrižja Jadranske i Dubrovačke avenije u odnosu na prijašnje rješenje (Slika 5.2. i Prilog 4 [18]):

- Zadržavanje postojećeg kružnog raskrižja s tri prometna traka;
- Desni skretači u sva četiri privoza odvajaju se tangencijalno od kružnog kolnika i ne ulaze u kružni kolnik;
- Prometni tok istok – zapad vodi se u tunelu na razini -1;
- Prometni tok zapad - istok vodi se u tunelu na razini -1 [11].



Slika 5.2. Kružno raskrižje „Remetinec“ _Postojeće stanje s denivelacijom, [11]

Postojeće stanje detaljno je projektirano u tlocrtu, nacrtu i poprečnom presjeku a zasniva se na građevinskom rješenju prijašnjeg stanja kružnog raskrižja koji se zadržava po položaju i

visini do granice vanjskog radijusa $R_v = 74,0$ m. Pregled osi za predloženo rješenje prikazano je u Tablica 5.1 [11].

Tablica 5.1. Pregled osi postojećeg stanja, [11]

| Red.br. | OS | Stacionaža | | Duljina |
|---------|--|------------|----------|---------|
| | | od | do | |
| 1 | Jadranska avenija - Avenija Dubrovnik TUNEL JUG | 2+000,00 | 2+940,00 | 940,00 |
| 2 | Jadranska avenija - Avenija Dubrovnik TUNEL SJEVER | 2+097,11 | 2+950,00 | 852,89 |
| 3 | Jadranska avenija - Remetinečka cesta | 0+000,00 | 0+446,64 | 446,64 |
| 4 | Remetinečka cesta - Avenija Dubrovnik | 0-560,00 | 0+000,00 | 560,00 |
| 5 | Avenija Dubrovnik - Jadranski most | 0+000,00 | 0+660,00 | 660,00 |
| 6 | Jadranski most - Jadranska avenija | 0-700,00 | 0+000,00 | 700,00 |

Postojeće stanje je denivelirano, odnosno preusmjeravanje tranzitnog prometa u glavnom pravcu Istok-Zapad kroz dvije tunelske cijevi po dva prometna traka. Desni skretači s avenije Dubrovnik na Jadranski most i s Jadranskog mosta na Jadransku aveniju izvedeni su s dva prometna traka fizički odvojena od kružnog toka dok su desni skretači s Jadranske avenije na Remetinečku cestu i s Remetinečke ceste na aveniju Dubrovnik izvedeni s jednim prometnim trakom također fizički odvojenim od kružnog toka [16].

Vozila koja ne ulaze u podvožnjake, vođena su svjetlosnom signalizacijom odnosno semaforima. Broj voznih traka u samom rotoru ostaje nepromijenjen [16].

Širina prometnog traka za sve prometnice iznosi 3,50 m. Poprečni nagib kolnika u pravcu je 2,5%, u krivini u funkciji računске brzine a minimalno 2,5%. Poprečni nagib biciklističke i pješačke staze i zelenog pojasa je 2,0% prema kolniku. Kolnici su omeđeni normalnim betonskim rubnjacima 18/24 cm, a biciklističke i pješačke staze upuštenim rubnjacima 8/20x100 cm. Radi osiguranja pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i smanjene pokretljivosti rubnjake i nogostupe treba vitoperiti i upustiti na pješačkim prijelazima [11].

Glavni kolnici Jadranska avenija - Avenija Dubrovnik projektirani su za brzine veće od 80 km/h u tlocrtu, ali su limitirani na $v_r=70$ km/h zbog vertikalnih zaobljenja, odnosno vertikalne preglednosti, koja za 70 km/h iznosi 90 m i daje konveksu od 1.900 m (konvekso za 80 km/h iznosi 3.200 m) [11, 16].

Prema trasiranju u tlocrtu proračunate brzine za desne skretače koji ne ulaze u rotor prikazane su u Tablica 5. 2.

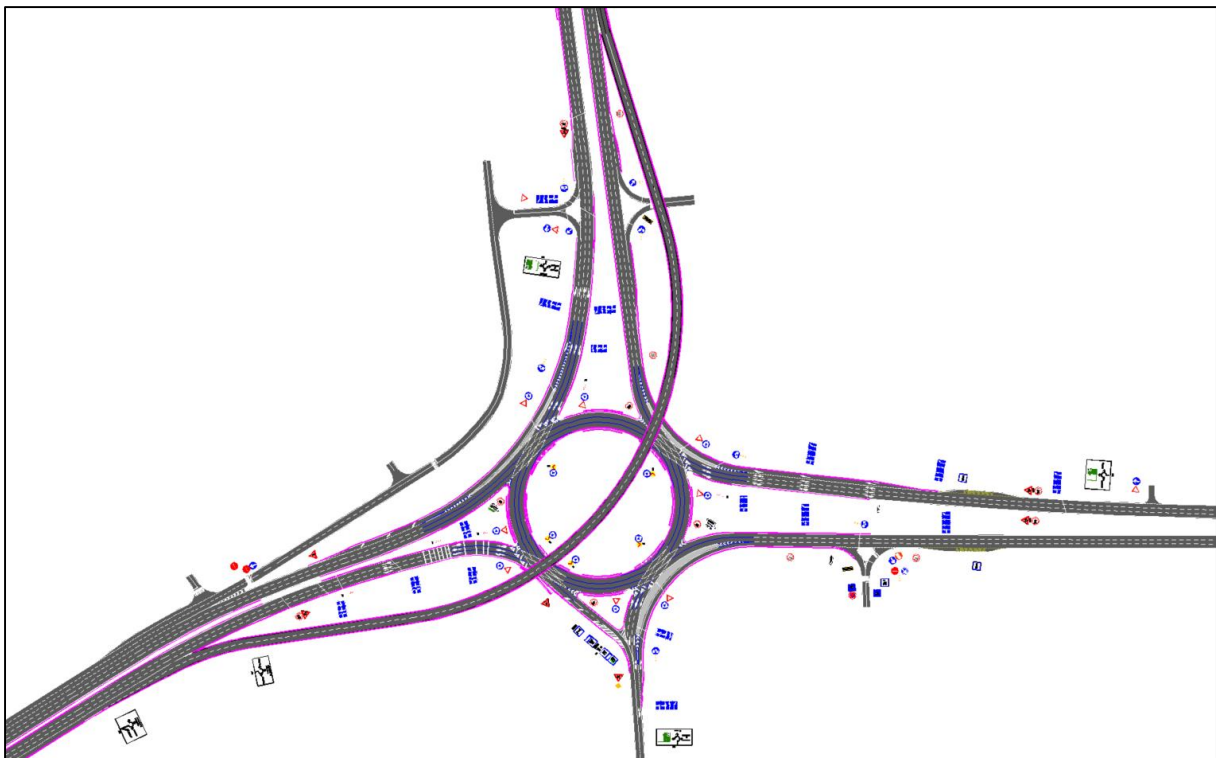
Tablica 5. 2. Proračunate brzine za desne skretače, [11]

| Red.br. | OS | V _{RAČ} (km/h) |
|---------|---------------------------------------|-------------------------|
| 1 | Jadranska avenija - Remetinečka cesta | 50 |
| 2 | Remetinečka cesta - Avenija Dubrovnik | 60 |
| 3 | Avenija Dubrovnik - Jadranski most | 40 |
| 4 | Jadranski most - Jadranska avenija | 60 |

5.2 Predloženo rješenje_Varijanta 1

Slika 5.3 i Prilog 5 prikazuje prijašnje stanje kružnog raskrižja s dodanim vijaduktom. Rekonstrukcija bi obuhvaćala:

- Zadržavanje postojećeg kružnog raskrižja s tri prometna traka;
- Desni skretači u tri privoza odvajaju se tangencijalno od kružnog kolnika i ne ulaze u kružni kolnik;
- Prometni tok zapad - sjever vodi se na vijaduktu na razini +2.



Slika 5.3. Kružno raskrižje „Remetinec“_Varijanta 1

Planirani zahvat detaljno je projektiran u tlocrtu, nacrtu i poprečnom presjeku a zasniva se na građevinskom rješenju postojećeg kružnog raskrižja koji se zadržava po položaju i visini do granice vanjskog radijusa $R_v = 74,0$ m [11].

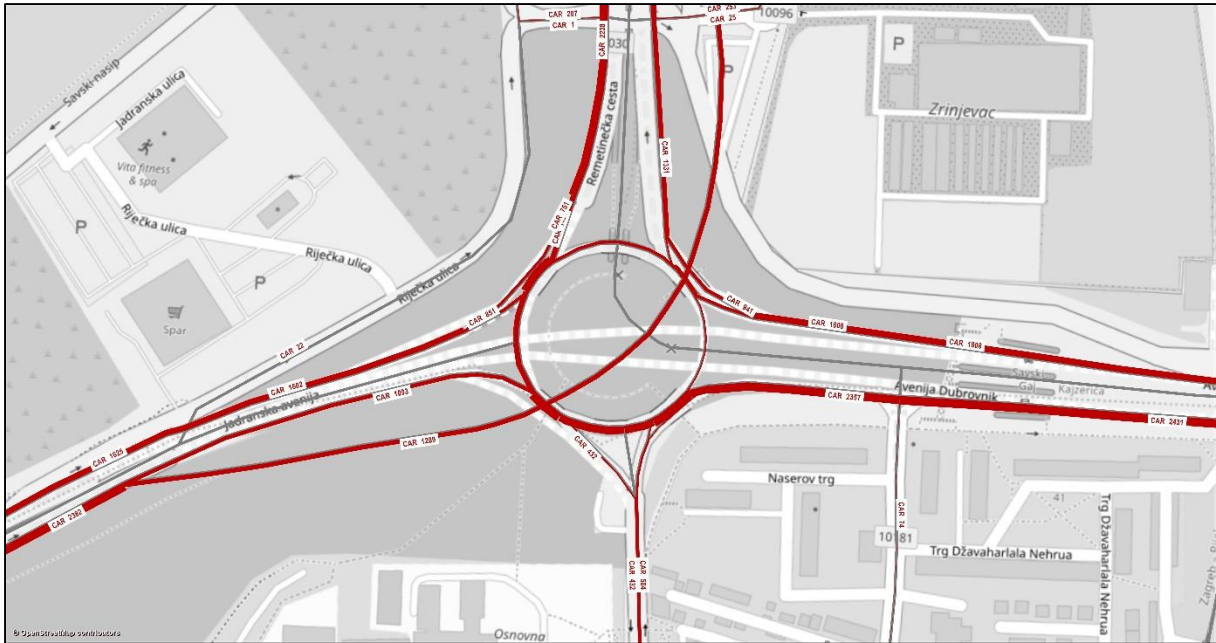
Rekonstrukcijom raskrižja predviđena je izgradnja vijadukta za prometni tok zapad – sjever na razini +2 zbog velikog broja lijevih skretača. Desni skretači s avenije Dubrovnik na Jadranski most i s Jadranskog mosta na Jadransku aveniju izvedeni su s jednim prometnim trakom fizički odvojena od kružnog toka dok su desni skretači s Remetinečke ceste na aveniju Dubrovnik izvedeni s jednim prometnim trakom također fizički odvojenim od kružnog toka. Izgrađenost prostora dozvoljava vertikalno trasiranje prolaznog kolnika zapad – sjever za brzinu od 70 km/h [11, 16].

Širina prometnog traka za sve prometnice iznosi 3,50 m. Poprečni nagib kolnika u pravcu je 2,5%, u krivini u funkciji računске brzine a minimalno 2,5%. Poprečni nagib biciklističke i pješačke staze i zelenog pojasa je 2,0% prema kolniku. Kolnici su omeđeni normalnim betonskim rubnjacima 18/24 cm, a biciklističke i pješačke staze upuštenim rubnjacima 8/20x100 cm. Radi osiguranja pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i smanjene pokretljivosti rubnjake i nogostupe treba vitoperiti i upustiti na pješačkim prijelazima [11].

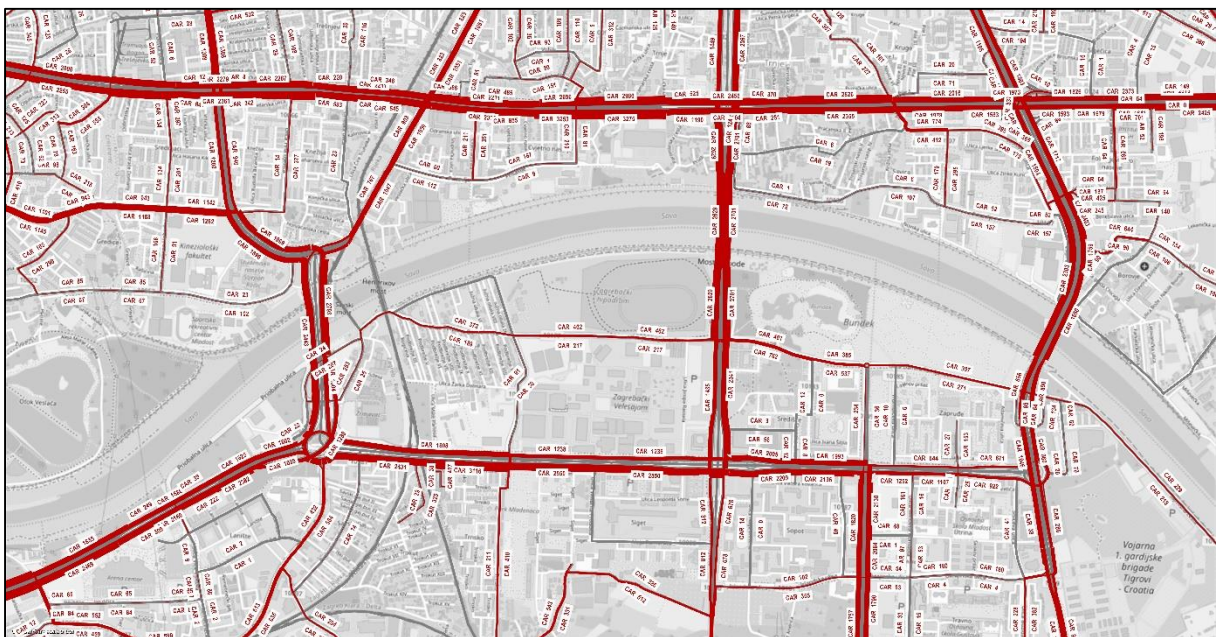
Slika 5.4. i Prilog 6 prikazuje predloženo rješenje kružnog raskrižja „Remetinec“ u programskom alatu PTV Visum, a Slika 5.5. i Prilog 7 prikazuje okolna raskrižja i prometnice u blizini kružnog raskrižja „Remetinec“. Tablica 5.3. prikazuje stanje broja vozila u satu na pojedinim odabranim lokacijama za predloženo rješenje.

Tablica 5.3. Predloženo rješenje Varijante 1 u programskom alatu PTV Visum

| Raskrižje/Ulica | Varijanta 1 (osobna voz/sat) |
|--|------------------------------|
| Jadranski most | 5236 |
| Most slobode | 5330 |
| Most mladosti | 4153 |
| Križanje_Selska cesta i Jadranski most | 5456 |
| Rotor „Remetinec“ | 7012 |
| Križanje_Avenija V. Holjevca i Avenije Dubrovnik | 6668 |



Slika 5.4. Kružno raskrižje „Remetinec“ u PTV Visum_Varijanta 1



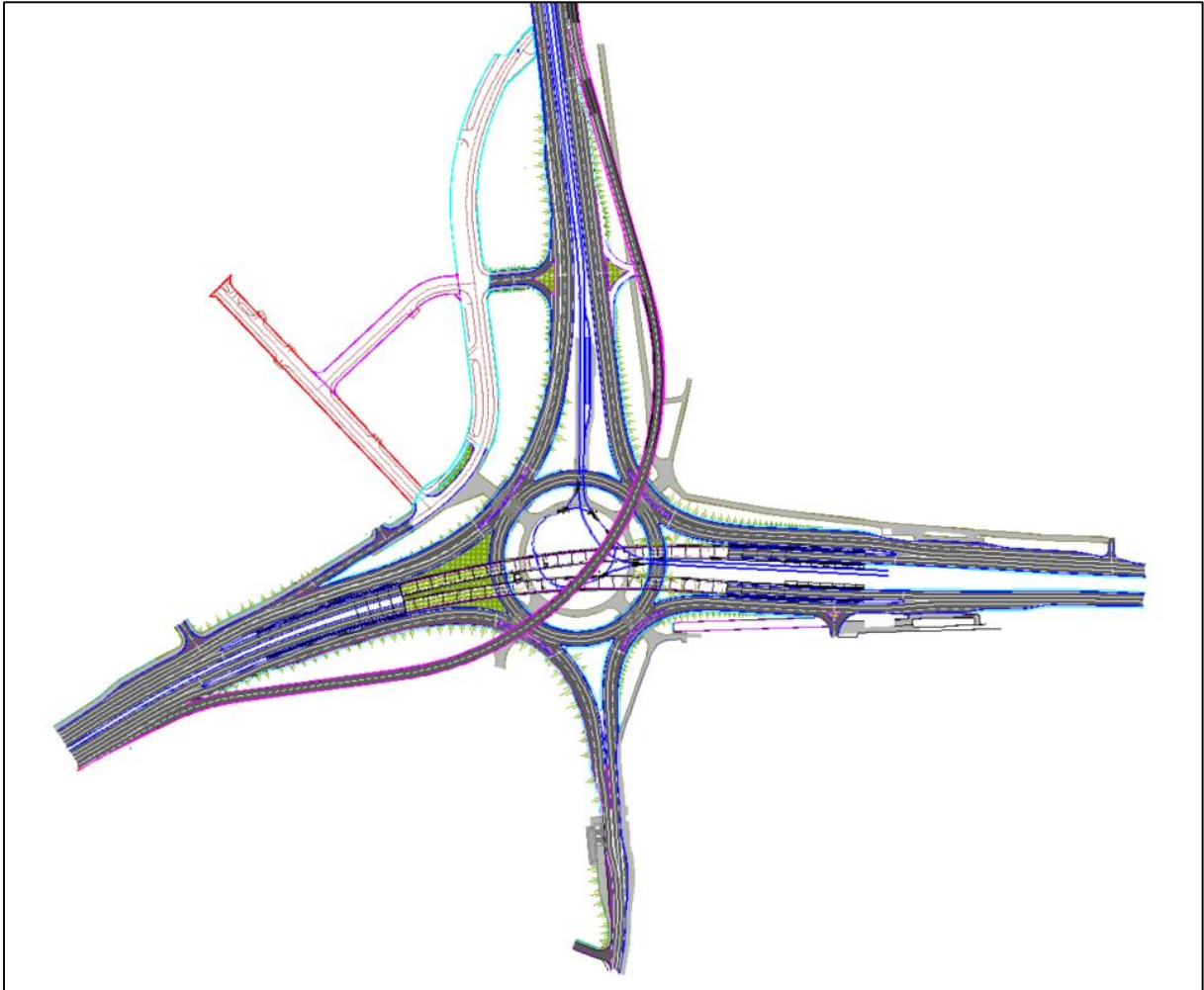
Slika 5.5. Utjecaj predloženog rješenja na šire područja grada u PTV Visum_Varijanta 1

5.3 Predloženo rješenje_Varijanta 2

Slika 5.6. i Prilog 8 prikazuje predloženu rekonstrukciju raskrižja Jadranske i Dubrovačke avenije. Rekonstrukcija bi obuhvaćala:

- Zadržavanje postojećeg kružnog raskrižja s tri prometna traka;

- Desni skretači u sva četiri privoza odvajaju se tangencijalno od kružnog kolnika i ne ulaze u kružni kolnik;
- Prometni tok istok – zapad vodi se u tunelu na razini -1;
- Prometni tok zapad - istok vodi se u tunelu na razini -1;
- Prometni tok zapad - sjever vodi se na vijaduktu na razini +2.



Slika 5.6. Kružno raskrižje „Remetinec“_Varijanta 2

Planirani zahvat detaljno je projektiran u tlocrtu, nacrtu i poprečnom presjeku a zasniva se na građevinskom rješenju postojećeg kružnog raskrižja koji se zadržava po položaju i visini do granice vanjskog radijusa $R_v = 74,0$ m [11].

Rekonstrukcijom raskrižja predviđena je denivelacija odnosno, preusmjeravanje tranzitnog prometa u glavnom pravcu Istok-Zapad kroz dvije tunnelske cijevi po dva prometna traka. Predviđena je izgradnja vijadukta za prometni tok zapad – sjever na razini +2 zbog velikog broja lijevih skretača.. Desni skretači s avenije Dubrovnik na Jadranski most i s

Jadranskog mosta na Jadransku aveniju izvedeni su s dva prometna traka fizički odvojena od kružnog toka dok su desni skretači s Jadranske avenije na Remetinečku cestu i s Remetinečke ceste na aveniju Dubrovnik izvedeni s jednim prometnim trakom također fizički odvojenim od kružnog toka [16].

Vozila koja ne ulaze u podvožnjake, vođena su svjetlosnom signalizacijom odnosno semaforima. Broj voznih traka u samom rotoru ostaje nepromijenjen [16].

Širina prometnog traka za sve prometnice iznosi 3,50 m. Poprečni nagib kolnika u pravcu je 2,5%, u krivini u funkciji računске brzine a minimalno 2,5%. Poprečni nagib biciklističke i pješačke staze i zelenog pojasa je 2,0% prema kolniku. Kolnici su omeđeni normalnim betonskim rubnjacima 18/24 cm, a biciklističke i pješačke staze upuštenim rubnjacima 8/20x100 cm. Radi osiguranja pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i smanjene pokretljivosti rubnjake i nogostupe treba vitoperiti i upustiti na pješačkim prijelazima [11].

Izgrađenost prostora dozvoljava vertikalno trasiranje prolaznog kolnika zapad – sjever za brzinu od 70 km/h [11].

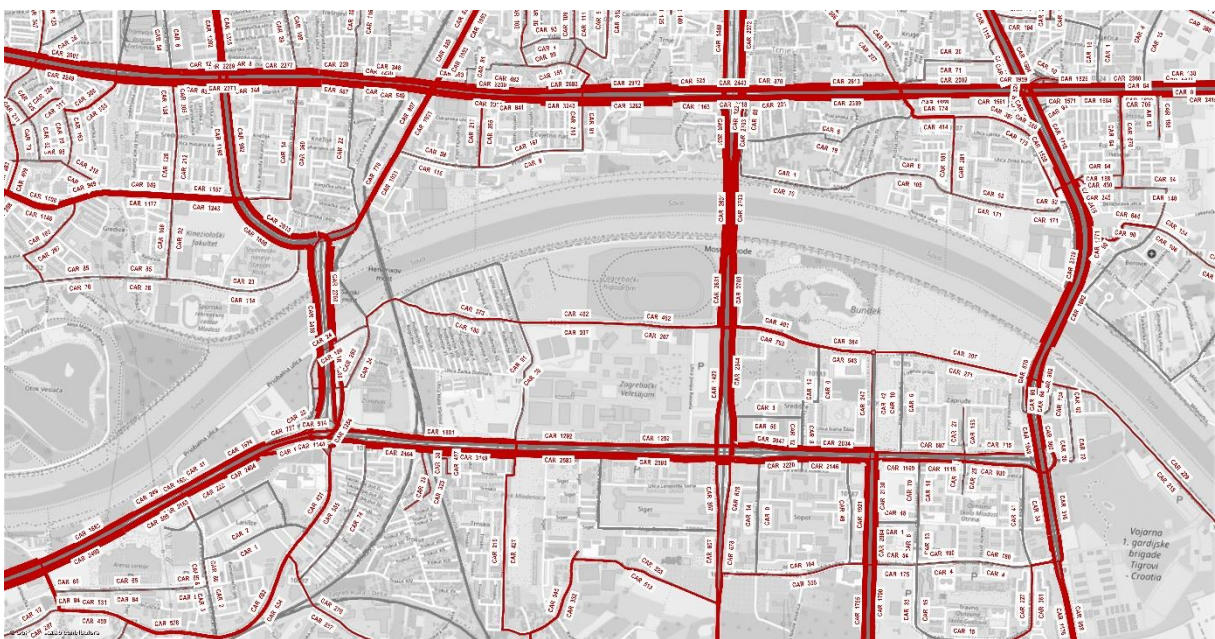
Slika 5.4. i Prilog 9 prikazuje predloženo rješenje kružnog raskrižja „Remetinec“ u programskom alatu PTV Visum, a Slika 5.5. i Prilog 10 prikazuje okolna raskrižja i prometnice u blizini kružnog raskrižja „Remetinec“. Tablica 5.3. prikazuje stanje broja vozila u satu na pojedinim odabranim lokacijama za predloženo rješenje.

Tablica 5.4. Predloženo rješenje Varijante 2 u programskom alatu PTV Visum

| Raskrižje/Ulica | Varijanta 2 (osobna voz/sat) |
|--|------------------------------|
| Jadranski most | 5211 |
| Most slobode | 5334 |
| Most mladosti | 4181 |
| Križanje_Selska cesta i Jadranski most | 5449 |
| Rotor „Remetinec“ | 7091 |
| Križanje_Avenija V. Holjevca i Avenije Dubrovnik | 6730 |



Slika 5.7. Kružno raskrižje „Remetinec“ u PTV Visum_Varijanta 2



Slika 5.8. Utjecaj predloženog rješenja na šire područja grada u PTV Visum_Varijanta 2

6. EVALUACIJA REZULTATA PROMETNOG MODELA NAKON PREDLOŽENIH PROMETNO-GRAĐEVINSKIH INTERVENCIJA NA MREŽI

Na temelju prometnog modela iz I. faze Masterplana i predloženog idejnog rješenja s vijaduktom i predloženog rješenja prijašnjeg stanja prije denivelacije s vijaduktom, izrađena je simulacija u programskom alatu PTV Visum te je provedeno dodjeljivanje putovanja za jutarnji vršni sat. Tablica 6.1. prikazuje usporedbu dobivenih podataka za postojeće stanje s denivelacijom, te stanja prije denivelacije s predloženim rješenjima. Prometna opterećenja obojana u crveno prikazuju lošiju varijantu za pojedino raskrižje/ulicu nakon rekonstrukcije raskrižja „Remetinec“ s denivelacijom.

Tablica 6.1. Usporedba prometnih opterećenja

| Raskrižje/Ulica | Opterećenje prije denivelacije (osobna voz/sat) | Opterećenje s denivelacijom (osobna voz/sat) | Opterećenje Varijanta 1 (osobna voz/sat) | Opterećenje Varijanta 2 (osobna voz/sat) |
|--|---|--|--|--|
| Jadranski most | 5007 | 5.252 | 5.236 | 5.211 |
| Most slobode | 5839 | 5.338 | 5.330 | 5.334 |
| Most mladosti | 3809 | 4.191 | 4.153 | 4.181 |
| Križanje_Selska cesta i Jadranski most | 5309 | 5.493 | 5.456 | 5.449 |
| Rotor „Remetinec“ | 6688 | 7.118 | 7.012 | 7.091 |
| Križanje_Avenija V. Holjevca i Avenije Dubrovnik | 6470 | 6.771 | 6.668 | 6.730 |
| $\Sigma=$ | 33.122 | 34.163 | 33.855 | 33.996 |

Trenutačno opterećenje Jadranskog mosta iznosi 5252 osobna vozila po satu, dok s predloženim rješenjem Varijante 1 iznosi 5236, a s Varijantom 2 iznosi 5211. Jadranski most bi se nakon predloženog rješenja Varijante 1 smanjio za 0,3 %, dok bi se s Varijantom 2 smanjio 0,7 %.

Trenutačno opterećenje Mosta slobode iznosi 5338 osobna vozila po satu, dok s predloženim rješenjem Varijante 1 iznosi 5330, a s Varijantom 2 iznosi 5334. Jadranski most bi se nakon predloženog rješenja Varijante 1 smanjio za 0,15 %, dok bi se s Varijantom 2 smanjio 0,07 %.

Trenutačno opterećenje Mosta mladosti iznosi 4191 osobna vozila po satu, dok s predloženim rješenjem Varijante 1 iznosi 4153, a s Varijantom 2 iznosi 4181. Jadranski most bi se nakon predloženog rješenja Varijante 1 smanjio za 0,9 %, dok bi se s Varijantom 2 smanjio 0,24 %.

Trenutačno opterećenje križanja Selske ceste i Jadranskog mosta iznosi 5493 osobna vozila po satu, dok s predloženim rješenjem Varijante 1 iznosi 5456, a s Varijantom 2 iznosi 5449. Jadranski most bi se nakon predloženog rješenja Varijante 1 smanjio za 0,67 %, dok bi se s Varijantom 2 smanjio 0,8 %.

Trenutačno opterećenje Rotor „Remetinec“ iznosi 7118 osobna vozila po satu, dok s predloženim rješenjem Varijante 1 iznosi 7012, a s Varijantom 2 iznosi 7091. Jadranski most bi se nakon predloženog rješenja Varijante 1 smanjio za 1,49 %, dok bi se s Varijantom 2 smanjio 0,38 %.

Trenutačno opterećenje križanja Avenije V. Holjevca i Avenije Dubrovnik iznosi 6771 osobna vozila po satu, dok s predloženim rješenjem Varijante 1 iznosi 6668, a s Varijantom 2 iznosi 6730. Jadranski most bi se nakon predloženog rješenja Varijante 1 smanjio za 1,52 %, dok bi se s Varijantom 2 smanjio 0,61%.

Trenutačno ukupno opterećenje svih navedenih raskrižje/ulica iznosi 34.163 osobnih vozila po satu, dok s predloženim rješenjem Varijante 1 iznosi 33.855, a s Varijantom 2 iznosi 33.996. Trenutačno stanje bi se nakon predloženog rješenja Varijante 1 smanjio za 0,9 %, dok bi se s Varijantom 2 smanjio 0,49 %.

7. ZAKLJUČAK

Grad Zagreb je najveći grad u Hrvatskoj s najviše stanovnika, zdravstvenih ustanova, obrazovnih ustanova i prometa kroz cijelu godinu. Tijekom cijele godine, za vrijeme radnog dana, zbog potrebe za putovanjem na posao, u obrazovne i zdravstvene ustanove i tako dalje, nastaju ogromne kolone vozila na raskrižjima/ulicama koje stvaraju negativni utjecaj na kvalitetu života. Trenutačno stanje ukazuje na povećanje prijevozne potražnje za osobne automobile u razdoblju od 2017. godine do 2030. godine za niski, srednji i visoki scenarij bez ikakvih uspostavljenih mjera na području Grada Zagreba, dok je potražnja za biciklom i javnim prijevozom u padu. Također se procjenjuje smanjenje prosječne brzine i prosječne duljine putovanja na radni dan od 2017. do 2030. godine

Temelj prostorno-prometnog planiranja Grada Zagreba određen je Generalnim urbanističkim planom i Generalnim prometnim planom. Generalni prometni plan temelji se na studiji iz 1999. godine pod nazivom Masterplan Grada Zagreba i služi kao osnova za dugoročno planiranje prometnog sustava.

Postojeće kružno raskrižje „Remetinec“ s denivelacijom u Zagrebu najopterećenije je raskrižje u Republici Hrvatskoj koje se nalazi na jugozapadnom ulazu u grad s prosječnim dnevnim prometom većim od 81.000 vozila. Pravilnom rekonstrukcijom kružnog raskrižja „Remetinec“ može se utjecati na poboljšanje južnog, zapadnog i jugozapadnog djela grada. Na temelju provedenog istraživanja u ovome Diplomskom radu predložena su dva varijantna rješenja za poboljšanje kružnog raskrižja „Remetinec“ u cilju poboljšanja prometne situacije u Gradu Zagrebu. Usporedivši rezultate dobivenih pomoću programskog alata PTV Visum vidimo smanjenje broja osobnih automobila s obje varijante u odnosu na postojeće stanje s denivelacijom. Predložena rješenja nije potrebno raditi zbog smanjenja prometnog opterećenja, a ne povećanja.

U cilju dugoročnog poboljšanja kvaliteta života u gradu, treba pažljivo planirati organizaciju i uređenje prostora Grada Zagreba.

LITERATURA

- [1] I. faza Masterplana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije, Izvještaj o analizi postojećeg stanja prometnog sustava, dio 2/4, (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [2] Gradski ured za strategijsko planiranje i razvoj grada, Razvojna strategija Grada Zagreba za razdoblje do 2020. godine, (Pristupljeno: svibanj 2019.)
https://www.zagreb.hr/UserDocsImages/arhiva/strategijsko_planiranje/RSZG%202020%20%20layout_publikacija_velika%204.6.pdf, (Pristupljeno: srpanj 2019.)
- [3] I. faza Masterplana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije, Metodologija i izvještaj o prometnim istraživanjima, M2B1, (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [4] I. faza Masterplana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije, Metodologija i izvještaj o prometnim istraživanjima, M1B1, (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [5] I. faza Masterplana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije, Izvještaj o „DO-NOTHING“ varijanti prometnog sustava, (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [6] Legac, I.: Cestovne prometnice 1, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, 2006., (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [7] Introduction to Transport Planning, New York, United Nations, Economic Commission for Asia, 1967., (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [8] <https://www.google.com/maps>, (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [9] <https://www.sony.hr/electronics/handycam-kamkorderi/hdr-cx455-cx450>, (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [10] Dadić, I. i dr: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, 2014., (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [11] Prometis d.o.o.: Višekriterijska analiza projekta <<Rotor>> Remetinec, Zagreb, lipanj 2016., (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [12] Legac, I. Pilko, H. i Brčić, D: Analysis of Traffic Capacity and Design for the Reconstruction of a Large Roundabout in the City of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb, Croatia, (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [13] Legac, I.: Korelacija oblikovnosti i sigurnosti u raskrižjima s kružnim tokom prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008-2011., (Pristupljeno: svibanj 2019.)

- [14] Legac, I., Pilko, H., Šubić, N., Analysis of traffic safety on roundabout Jadranska Avenue – Avenue Dubrovnik in Zagreb. Conference proceedings Transport, Maritime and Logistics Science, 14th ICTS 2011, Portorož, Slovenia, p. 11, 27 May, 2011., (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [15] Legac, I.: Prometna analiza i unapređenje sigurnosti i protočnosti raskrižja s kružnim tokom prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, pp. 28–136, October 2009., (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [16] Građevinski fakultet i AKING: Rekonstrukcija raskrižja Jadranske i Dubrovačke avenije - Studija izbora rješenja, Građevinski fakultetu u Zagrebu i AKING d.o.o., Zagreb, 2008., (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [17] Fakultet prometnih znanosti Zagreb i Prometis d.o.o., Analiza prometnih tokova produžene Ulice Črnomerec, Zagreb, veljača 2019., (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [18] Institut IGH d.d., Zavod za projektiranje, Rekonstrukcija raskrižja Jadranske i Dubrovačke avenije i pripadajuće komunalne infrastrukture, Broj projekta:72110-GP-00022-2016, kolovoz, 2016., (Pristupljeno: svibanj 2019.)
- [19] https://moodle.srce.hr/2018-2019/pluginfile.php/2188358/mod_resource/content/1/Predavanje_Prometno%20planiranje%20u%20gradovima_DJ_4_2018-19_final.pdf, (Pristupljeno: srpanj 2019.)
- [20] Šimunović Lj., Autorizirana predavanja iz kolegija 'Prometno planiranje u gradovima' 6. predavanje, 2018., (Pristupljeno: srpanj 2019.)
- [21] Novačko L., Autorizirana predavanja iz kolegija 'Prometno planiranje u gradovima' 5. predavanje, 2018., (Pristupljeno: srpanj 2019.)
- [22] Novačko L., Autorizirana predavanja iz kolegija 'Prometno planiranje u gradovima' 6. predavanje, 2018., (Pristupljeno: srpanj 2019.)
- [23] Novačko L., Autorizirana predavanja iz kolegija 'Prometno planiranje u gradovima' 7. predavanje, 2018., (Pristupljeno: srpanj 2019.)

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 2.1. Općine u Gradu Zagrebu, [1] | 5 |
| Slika 2.2. Stopa migracije u Gradu Zagrebu, Zagrebačkoj županiji i Krapinsko-zagorskoj županiji, [1] | 6 |
| Slika 2.3. Broj intervjuja na određenim lokacijama za javni prijevoz, [3]..... | 15 |
| Slika 2.4. Broj intervjuja na određenim lokacijama za osobna vozila, [3]..... | 16 |
| Slika 2. 5. Rezultati istraživanja automatskim brojačima prometa, [3] | 17 |
| Slika 2.6. Prosječna brzina (km/h) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5] | 20 |
| Slika 2.7. Prosječna duljina putovanja (km) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5] | 21 |
| Slika 2.8. Prosječna brzina (km/h) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5] | 23 |
| Slika 2. 9. Prosječna duljina putovanja (km) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5] | 24 |
| Slika 2.10. Prosječna brzina (km/h) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5] | 26 |
| Slika 2.11. Prosječna duljina putovanja (km) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., [5] | 27 |
| | |
| Slika 3.1. Sa lijeva na desno: Ortogonalni model, Radijalni model, Prstenasti model, Tangencijalni model, [7] | 33 |
| Slika 3.2. Cestovna prometna mreža sa važnijim prometnim pravcima, [8] | 34 |
| Slika 3.3. Postojeće stanje kružnog raskrižja „Remetinec“ s denivelacijom u PTV Visum | 35 |
| Slika 3.4. Postojeće stanje šireg područja grada u PTV Visum | 36 |
| | |
| Slika 4.1. Kamera Sony HDR-CX450, [9]..... | 37 |
| Slika 4.2. Lokacija nebodera, [8] | 38 |
| Slika 4.3. Prikaz kružnog raskrižja kamerom Sony HDR-CX450..... | 38 |
| Slika 4.4. Prikaz najvećeg prometnog opterećenja 24. listopada 2017. godine | 41 |
| Slika 4.5. Prikaz najmanjeg prometnog opterećenja 29. listopada 2017. godine..... | 42 |
| Slika 4.6. Prikaz najvećeg prometnog opterećenja 14. Ožujka 2018. godine | 47 |
| Slika 4.7. Prikaz najmanjeg prometnog opterećenja 18. Ožujka 2018. godine..... | 47 |

| | |
|--|-----------|
| Slika 4.8. Prikaz najvećeg prometnog opterećenja 23. Srpnja 2018. godine | 52 |
| Slika 4.9. Prikaz najmanjeg prometnog opterećenja 29. Srpnja 2018. godine..... | 52 |
| | |
| Slika 5.1. Dispozicija kružnog raskrižja „Remetinec“ u gradskoj mreži, [8] | 58 |
| <i>Slika 5.2. Kružno raskrižje „Remetinec“ _Postojeće stanje s denivelacijom, [11]</i> | <i>59</i> |
| Slika 5.3. Kružno raskrižje „Remetinec“ _Varijanta 1 | 61 |
| Slika 5.4. Kružno raskrižje „Remetinec“ u PTV Visum _Varijanta 1 | 63 |
| Slika 5.5. Utjecaj predloženog rješenja na šire područja grada u PTV Visum _Varijanta 1 | 63 |
| Slika 5.6. Kružno raskrižje „Remetinec“ _Varijanta 2 | 64 |
| Slika 5. 7. Kružno raskrižje „Remetinec“ u PTV Visum _Varijanta 2 | 66 |
| Slika 5.8. Utjecaj predloženog rješenja na šire područja grada u PTV Visum _Varijanta 2 | 66 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 2.1. Prikaz duljine pojedinih cesta, [1]..... | 7 |
| Tablica 2. 2. Prikaz duljine pojedinih pruga, [1]..... | 9 |
| Tablica 2. 3. Broj smještajnih kapaciteta, [1]..... | 10 |
| Tablica 2.4. Pregled broja svih brojanja i anketa [4]..... | 12 |
| Tablica 2.5. Broj putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., niski scenarij, [5] | 19 |
| Tablica 2.6. Relativne promjene broja putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., niski scenariji, [5]..... | 19 |
| Tablica 2.7. Putnički kilometri na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., niski scenarij, [5] | 19 |
| Tablica 2.8. Putnički sati na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., niski scenarij, [5]..... | 19 |
| Tablica 2.9. Izgubljeno vrijeme (u satima) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., niski scenarij [5] | 21 |
| Tablica 2.10. Broj putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5] | 22 |
| Tablica 2.11. Relativne promjene broja putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenariji, [5]..... | 22 |
| Tablica 2.12. Putnički kilometri na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5]..... | 22 |
| Tablica 2.13. Putnički sati na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5]..... | 22 |
| Tablica 2.14. Izgubljeno vrijeme (u satima) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5]..... | 24 |
| Tablica 2.15. Broj putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., visoki scenarij, [5] | 25 |
| Tablica 2.16. Relativne promjene broja putovanja na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., visoki scenariji, [5]..... | 25 |
| Tablica 2.17. Putnički kilometri na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., visoki scenarij, [5] | 25 |
| Tablica 2.18. Putnički sati na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., srednji scenarij, [5]..... | 25 |

| | |
|---|----|
| Tablica 2.19. Izgubljeno vrijeme (u satima) na radni dan unutar područja Masterplana, 2017., 2020., 2025. i 2030., visoki scenarij, [5] | 27 |
| Tablica 3.2. Postojeće stanje s denivelacijom u programskom alatu PTV Visum..... | 35 |
| Tablica 4.1. Prosječni dnevni promet za sate brojanja 23.-29. listopada 2017. godine | 43 |
| Tablica 4.2. Prosječni dnevni promet za sate brojanja 12.-18. ožujak 2018. godine | 48 |
| Tablica 4.3. Prosječni dnevni promet za sate brojanja 23.-29. srpanj 2018. godine | 53 |

POPIS GRAFIKONA

| | |
|---|----|
| Grafikon 4.1. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat ujutro u tjednu od 23. do 29. listopada 2017. godine..... | 39 |
| Grafikon 4.2. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat popodne u tjednu od 23. do 29. listopada 2017. godine..... | 40 |
| Grafikon 4.3. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat u tjednu od 23. do 29. listopada 2017. godine..... | 41 |
| Grafikon 4.4. Prosječni dnevni promet prikazan u ekvivalent jedinicama automobila za 23.-29. listopad 2017. godine | 43 |
| Grafikon 4.5. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat ujutro u tjednu od 12. do 18. ožujka 2018. godine | 44 |
| Grafikon 4.6. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat popodne u tjednu od 12. do 18. ožujka 2018. godine | 45 |
| Grafikon 4.7. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat u tjednu od 12. do 18. Ožujka 2018. godine | 46 |
| Grafikon 4.8. Prosječni dnevni promet prikazan u ekvivalent jedinicama automobila za 12.-18. ožujak 2018. godine | 48 |
| Grafikon 4.9. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat ujutro u tjednu od 12. do 18. ožujka 2018. godine | 49 |
| Grafikon 4.10. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat popodne u tjednu od 12. do 18. ožujka 2018. godine..... | 50 |
| Grafikon 4.11. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat u tjednu od 23. do 29. Srpnja 2018. godine..... | 51 |
| Grafikon 4.12. Prosječni dnevni promet prikazan u ekvivalent jedinicama automobila za 23.-29. Srpnja 2018. godine..... | 53 |
| Grafikon 4.13. Broj vozila prikazan u ekvivalentnim jedinicama automobila za svaki sat u tjednu za listopad 2017., ožujak 2018. i srpanj 2018. godinu | 55 |
| Grafikon 4.14. Ukupni prosječni dnevni promet prikazan u ekvivalent jedinicama automobila za 23.-29. listopad 2017., 12.-18. ožujak 2018. i 23.-29. srpnja 2018. godine | 56 |

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Postojeće stanje kružnog raskrižja „Remetinec“ u PTV Visum

Prilog 2. Postojeće stanje šireg područja grada u PTV Visum

Prilog 3. Brojači listić

Prilog 4. Kružno raskrižje „Remetinec“ _Postojeće stanje

Prilog 5. Kružno raskrižje „Remetinec“ _Varijanta 1

Prilog 6. Kružno raskrižje „Remetinec“ u PTV Visum _Varijanta 1

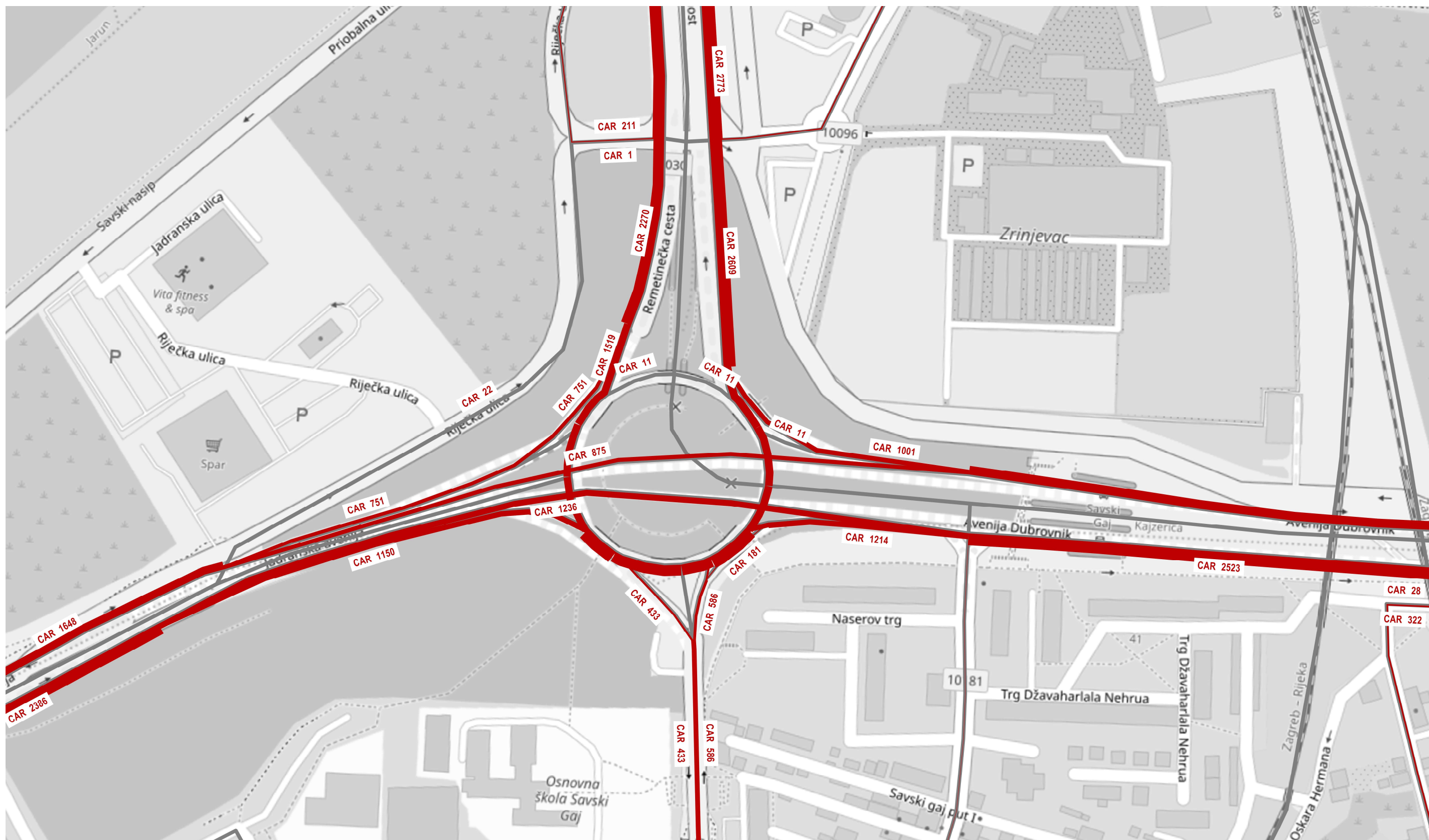
Prilog 7. Utjecaj predloženog rješenja na šire područje grada u PTV Visum _Varijanta 1

Prilog 8. Kružno raskrižje „Remetinec“ _Varijanta 2

Prilog 9. Kružno raskrižje „Remetinec“ u PTV Visum _Varijanta 2

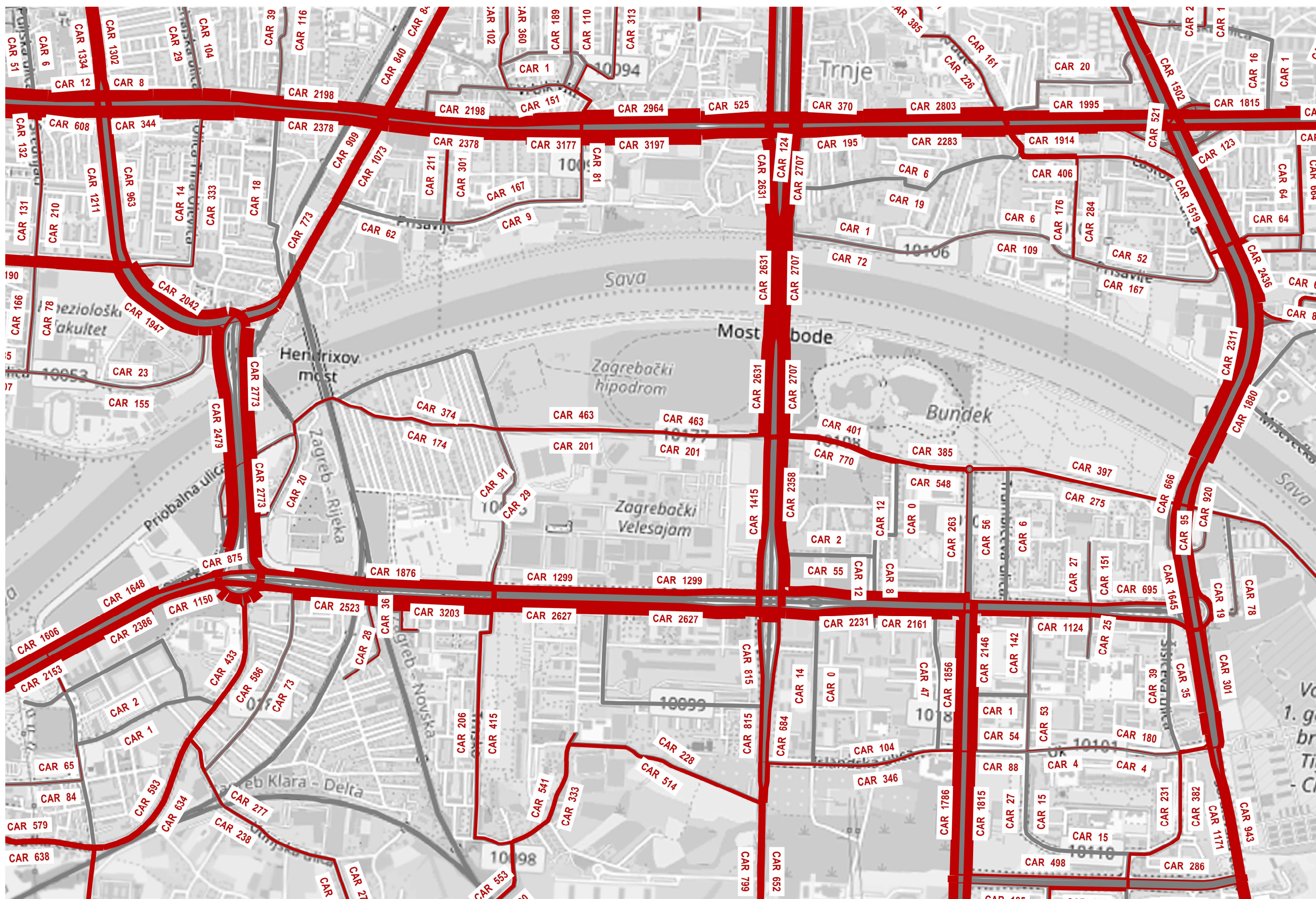
Prilog 10. Utjecaj predloženog rješenja na šire područje grada u PTV Visum _Varijanta 2

Prilog 1:
Postojeće stanje kružnog
raskrižja “Remetinec” u PTV
Visum



Prilog 1: Postojeće stanje kružnog raskrižja “Remetinec” u PTV Visum

Prilog 2:
Postojeće stanje šireg područja
grada u PTV Visum



Prilog 2: Postojeće stanje šireg područja grada u PTV Visum

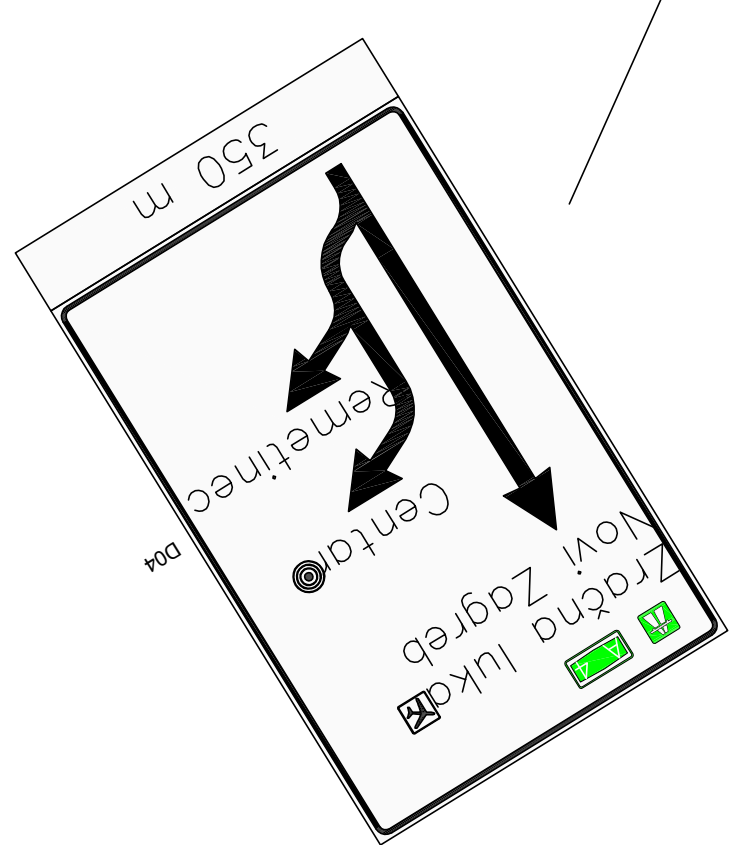
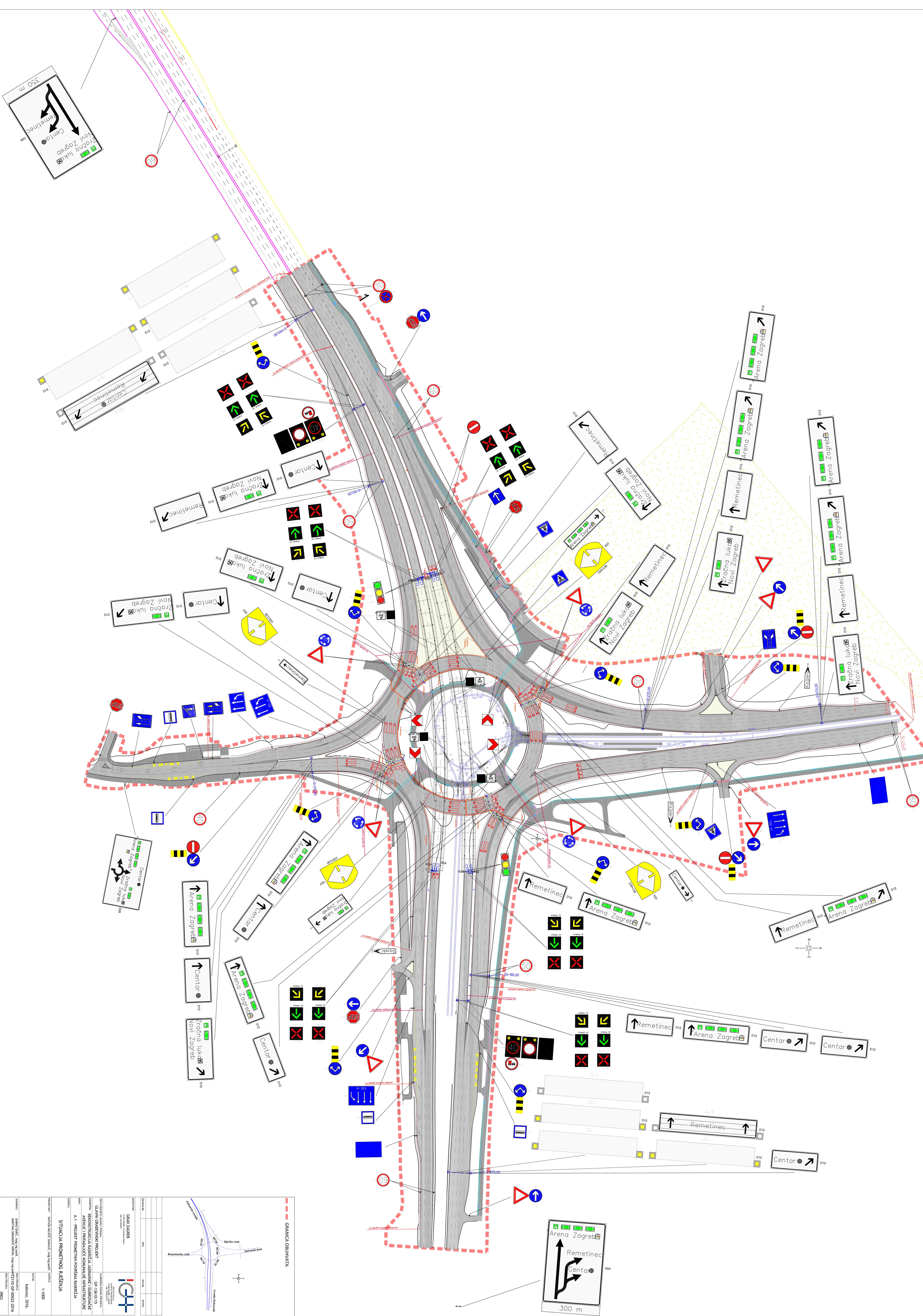
Prilog 3:
Brojači listić

LOKACIJA: Rotor Remetinec
 SMJER: 31
 VRIJEME BROJANJA: Listopad: Ponedjeljak - 23.10.2017

| Ujutro | | | | | | | | |
|---------------|------------------|---------|----|----|----|-----|-----|-----|
| sat | smjer | 15'-int | OA | LT | TT | BUS | MOT | BIC |
| 06:00 - 07:00 | 31 | 0-15' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15-30' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30-45' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | ukupno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EJA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | sveukupno vozila | 0 | | | | | | |
| sveukupno EJA | 0 | | | | | | | |
| sat | smjer | 15'-int | OA | LT | TT | BUS | MOT | BIC |
| 07:00 - 08:00 | 31 | 0-15' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15-30' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30-45' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | ukupno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EJA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | sveukupno vozila | 0 | | | | | | |
| sveukupno EJA | 0 | | | | | | | |
| sat | smjer | 15'-int | OA | LT | TT | BUS | MOT | BIC |
| 08:00 - 09:00 | 31 | 0-15' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15-30' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30-45' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | ukupno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EJA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | sveukupno vozila | 0 | | | | | | |
| sveukupno EJA | 0 | | | | | | | |

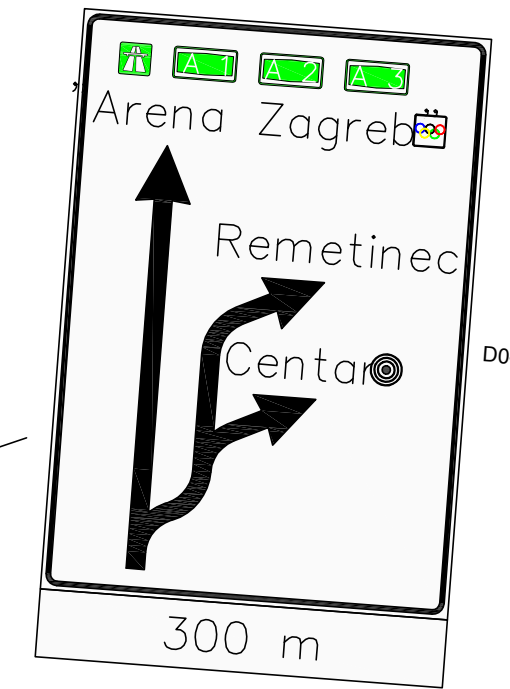
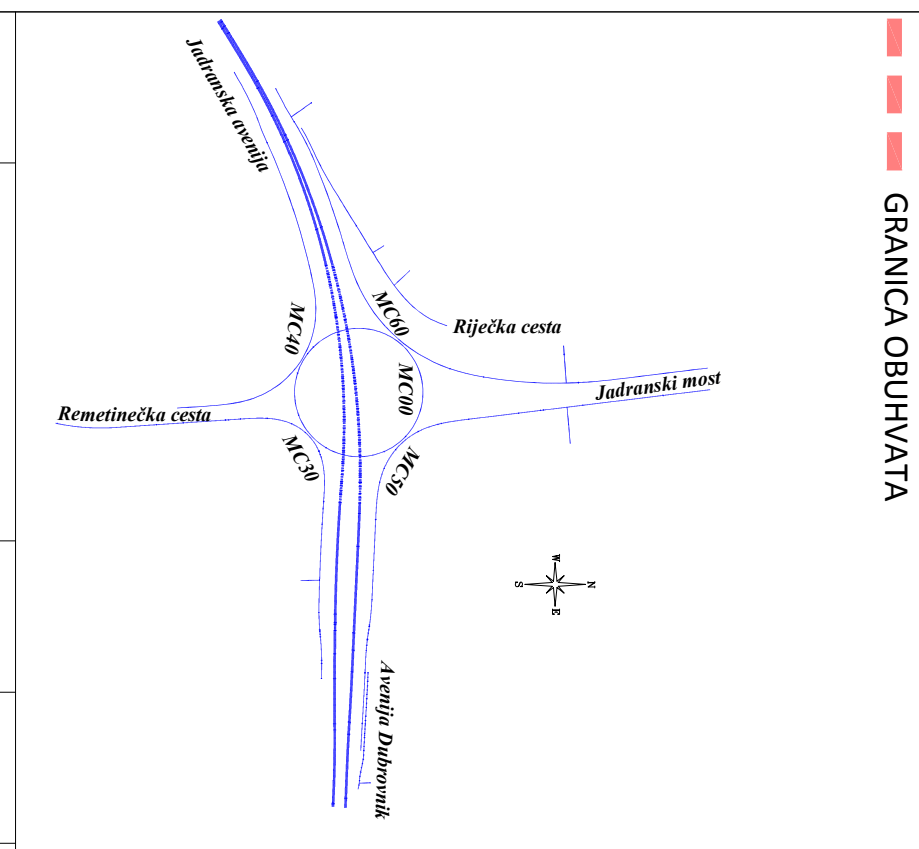
| Popodne | | | | | | | | |
|---------------|------------------|---------|----|----|----|-----|-----|-----|
| sat | smjer | 15'-int | OA | LT | TT | BUS | MOT | BIC |
| 15:00 - 16:00 | 31 | 0-15' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15-30' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30-45' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | ukupno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EJA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | sveukupno vozila | 0 | | | | | | |
| sveukupno EJA | 0 | | | | | | | |
| sat | smjer | 15'-int | OA | LT | TT | BUS | MOT | BIC |
| 16:00 - 17:00 | 31 | 0-15' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15-30' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30-45' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | ukupno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EJA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | sveukupno vozila | 0 | | | | | | |
| sveukupno EJA | 0 | | | | | | | |
| sat | smjer | 15'-int | OA | LT | TT | BUS | MOT | BIC |
| 17:00 - 18:00 | 31 | 0-15' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15-30' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30-45' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | ukupno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EJA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | sveukupno vozila | 0 | | | | | | |
| sveukupno EJA | 0 | | | | | | | |

Prilog 4:
Kružno raskrižje
„Remetinec“_Postojeće stanje



Prilog 4. Kratko raskrižje „Remetinec“ Postoišće stanje

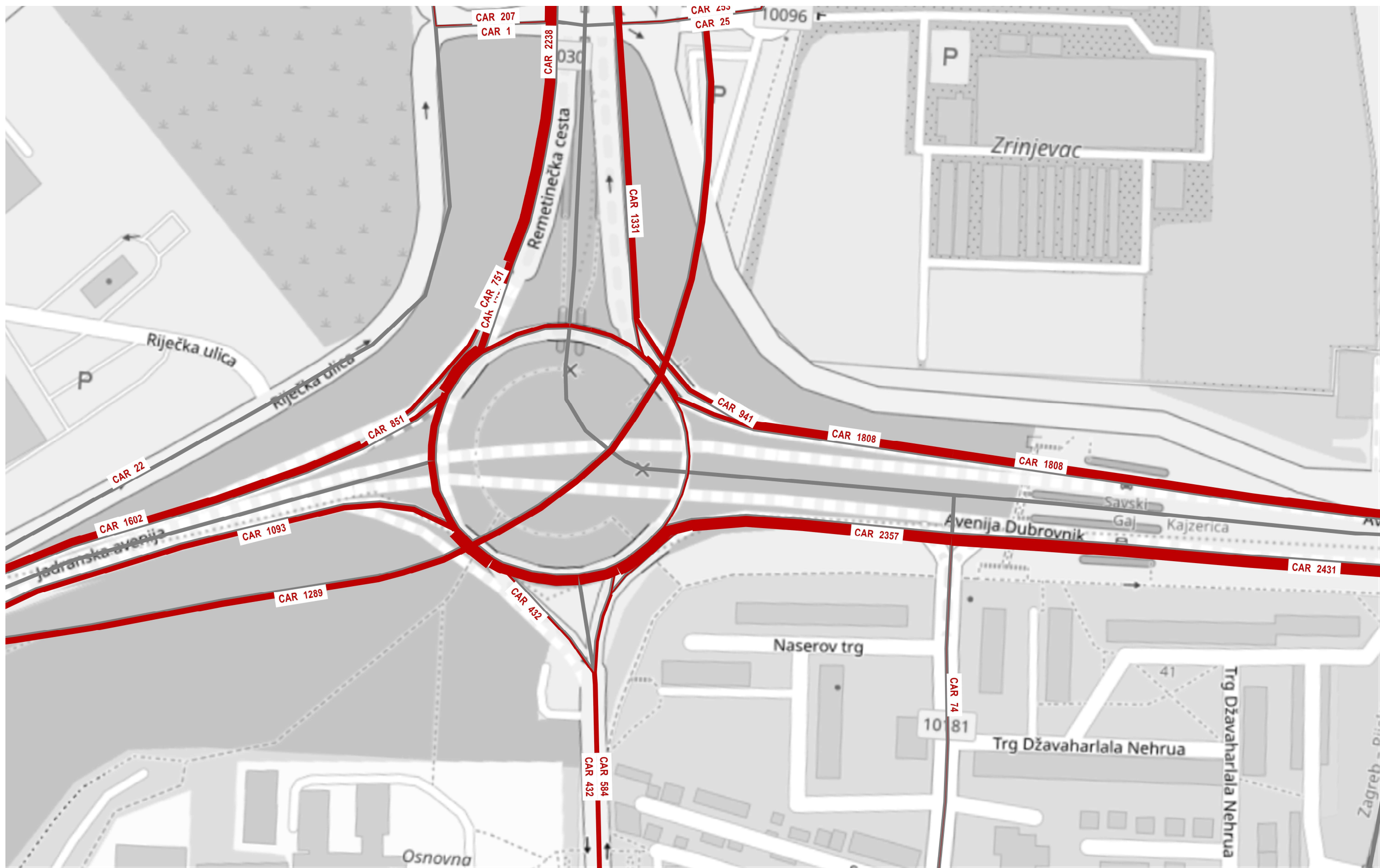
| | |
|---|------------------------------------|
| | |
| GRAD ZAGREB Uprava za gradsko inženjersko arhitektonsko projektiranje | |
| Glavni građevinski projekt: GP-134/01/15 Aktivni i pasivni uređaji za regulaciju i održavanje A.1. PROJEKT PROMETNIH POKAZIVA I RASPOREDA | |
| SITUACIJA PROMETNOG RJEŠENJA | |
| Mjerilo: 1:1000 Datum: Kolovoz, 2016. | Izradio: [Ime] Provjerio: [Ime] |
| Izdavač: [Ime] Adresa: [Adresa] | Datum: [Datum] |
| ID: [ID] | [Ostali podaci] |



Prilog 5:
Kružno raskrižje
“Remetinec”_Varijanta 1



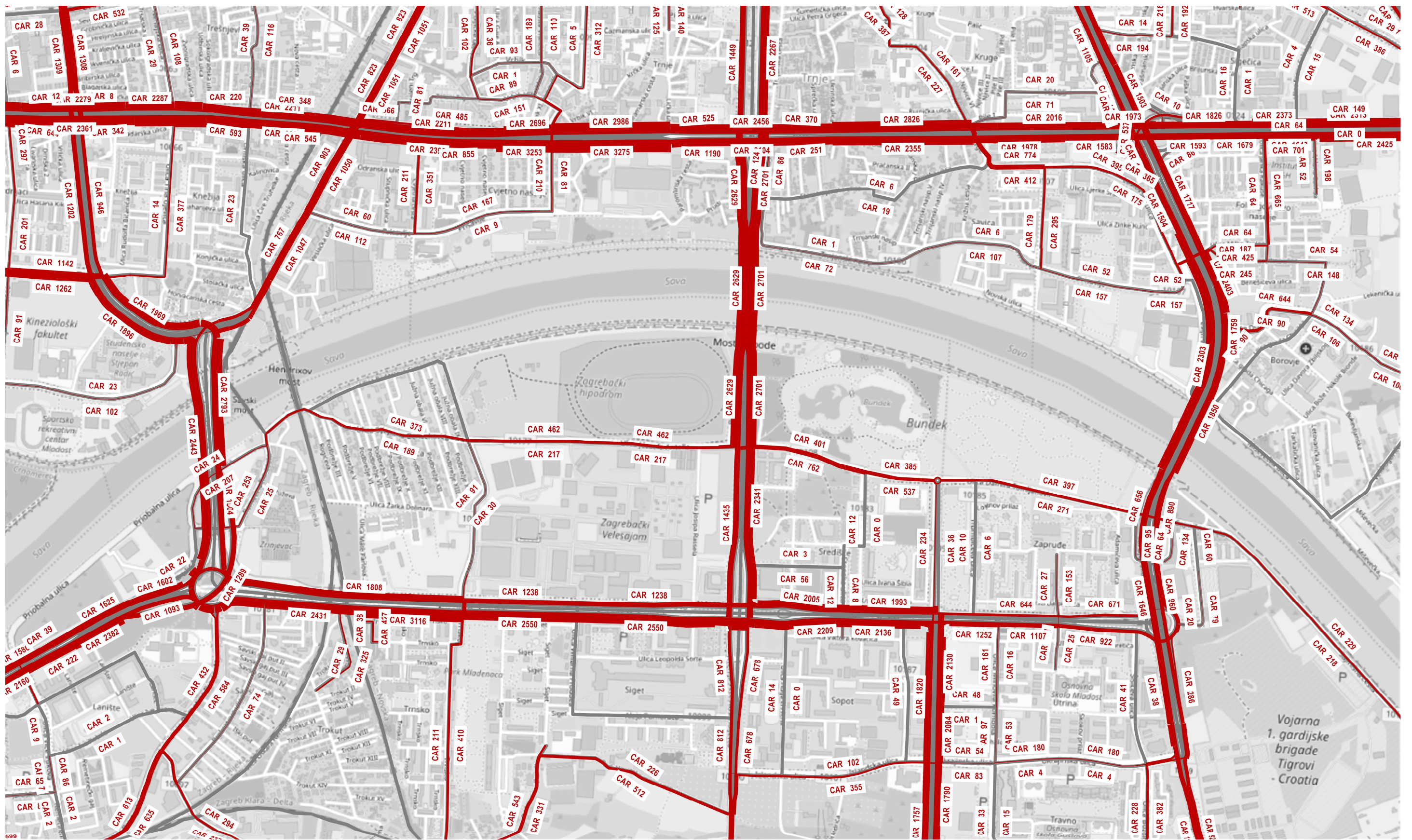
Prilog 6:
Kružno raskrižje “Remetinec” u
PTV Visum_Varijanta 1



Prilog 6: Kružno raskrižje "Remetinec" u PTV Visum_Varijanta 1

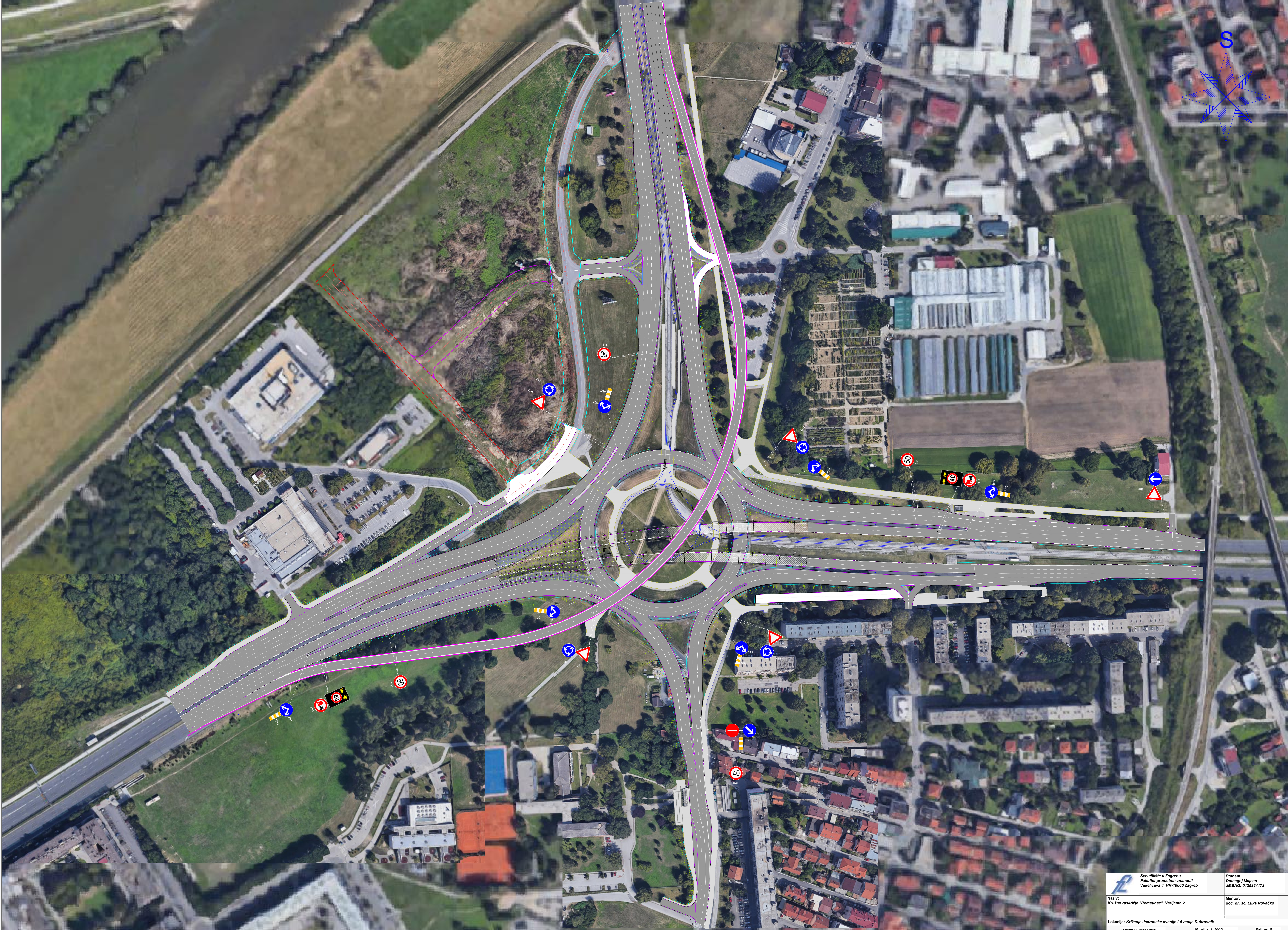
Prilog 7:

Utjecaj predloženog rješenja na
šire područje grada u PTV
Visum_Varijanta 1

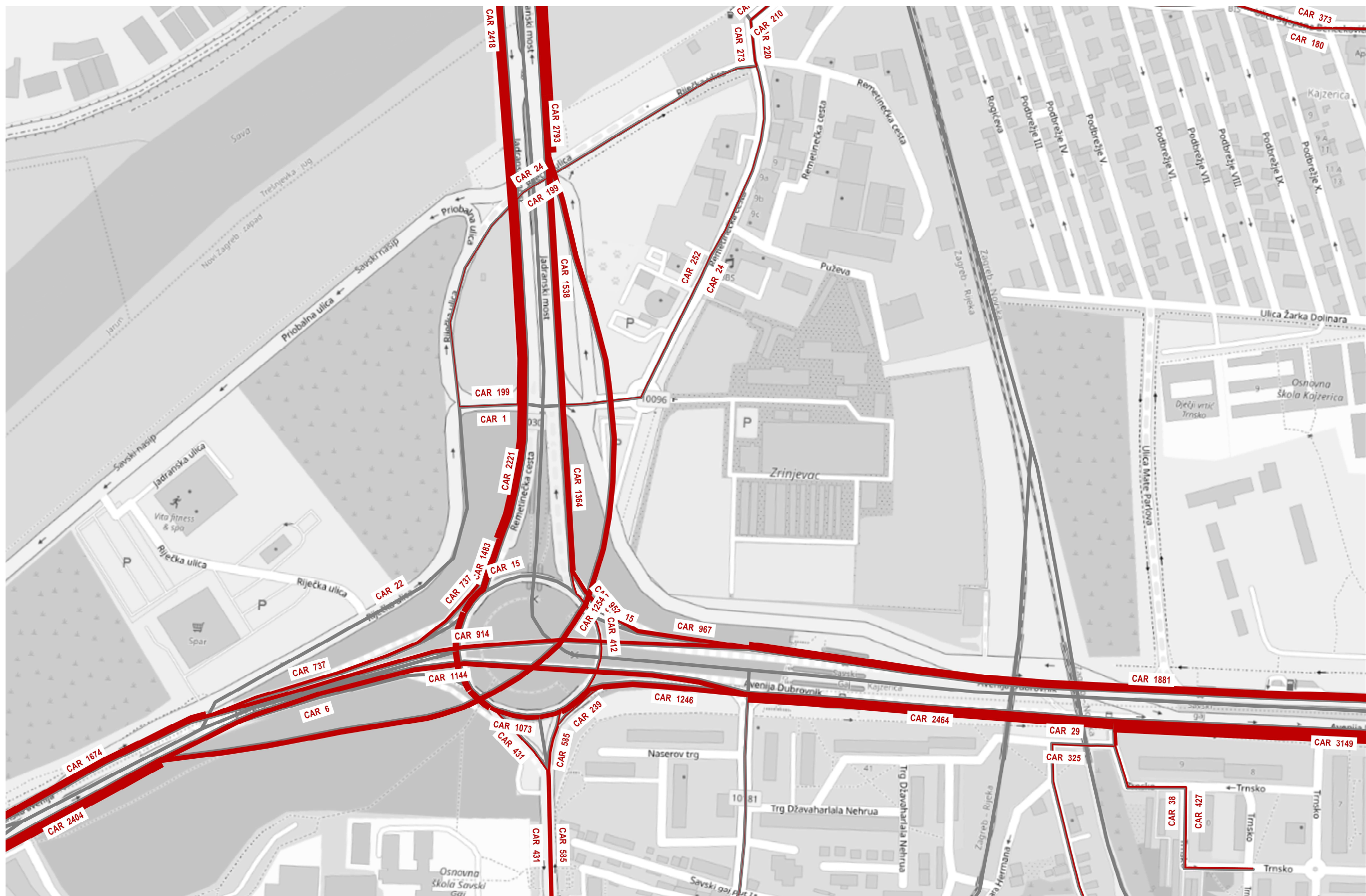


Prilog 7: Utjecaj predloženog rješenja na šire područje grada u PTV Visum_Varijanta 1

Prilog 8:
Kružno raskrižje
“Remetinec”_Varijanta 2



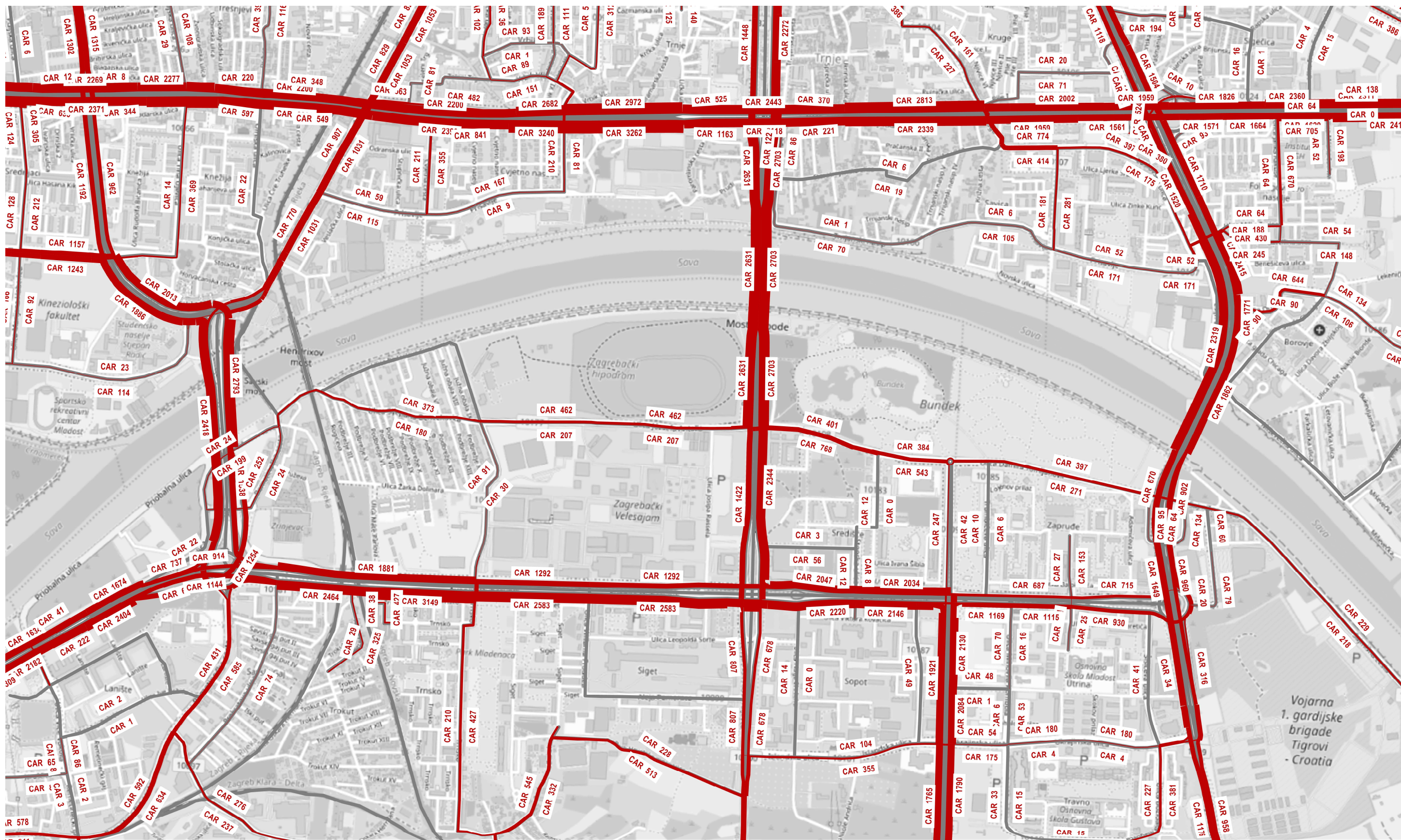
Prilog 9:
Kružno raskrižje “Remetinec” u
PTV Visum_Varijanta 1



Prilog 9: Kružno raskrižje “Remetinec” u PTV Visum_Varijanta 1

Prilog 10:

Utjecaj predloženog rješenja na
šire područje grada u PTV
Visum_Varijanta 2



Prilog 10: Utjecaj predloženog rješenja na šire područje grada u PTV Visum_Varijanta 2



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada

pod naslovom **Utjecaj rekonstrukcije kružnog raskrižja "Remetinec" na promjenu tokova prijevozne potražnje u Gradu Zagrebu**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 16.07.2019. _____

(potpis)