

Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica

Rutko, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:919114>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)

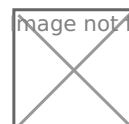


image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ivan Rutko

Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica

Diplomski rad

Rijeka, 2019.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij

Urbano inženjerstvo

Cestovna čvorišta

Ivan Rutko

JMBAG: 0114025451

Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica

Diplomski rad

Rijeka, rujan 2019.

IZJAVA

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Ivan Rutko

U Rijeci, _____ 2019.

IZJAVA

Diplomski rad nastao je kao rezultat rada u okviru projekta Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci (RC.2.2.06-0001) (voditelj prof. dr. sc. Nevenka Ožanić) koji je sufinanciran iz Europskog fonda za regionalni razvoj (EFRR) i Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta RH.

Mentorica

ZAHVALA

Htio bih se ovom prilikom zahvaliti mentorici doc.dr.sc. Sanji Šurdonja, na dodjeli ove interesantne teme i na pomoći oko izrade iste. Veliku ulogu do završetka ovog poglavlja života imali su isto tako i ostali profesori fakulteta, te njihovi asistenti, koji su svojim radom, te otvorenošću za sve moje upite, pripremili me za nastavak života. Također bez potpore i katkad prijeko potrebne pomoći kolega, prijatelja ovaj trenutak ne bi bio zamisliv. Posebno se nakraju želim zahvaliti obitelji na potpori tokom cijelog mog školovanja, gdje ni na trenutak nisu posumnjali u ostvarenje mojih ciljeva.

Sažetak

Raskrižja u razini najčešći su tip raskrižja koji se primjenjuje u urbanim područjima. Sve veću primjenu među raskrižjima u razini nalaze i kružna raskrižja. Na značajnim lokacijama, kao što su izlazi sa autocesta, kružna raskrižja osim kao mjera smirenja prometa moraju osigurati i dostatan kapacitet. U slučajevima većeg prometnog opterećenja na takvim lokacijama u nekim slučajevima izvode se dvotračna kružna raskrižja, s pretpostavkom da osiguravaju mnogo veći kapacitet u odnosu na jednotračna raskrižja. Često se u tim slučajevima sigurnost prometa, čija razina kod dvotračnih raskrižja značajno opada, stavlja u drugi plan.

Upravo niska razina sigurnosti bila je i razlog odabira problematičnog dvotračnog raskrižja u ovom radu. Na temelju terenskog obilaska, prikupljanja podataka o prometnom opterećenju, brzina u zoni raskrižja, geometriji raskrižja te prometnim nesrećama napravljena je detaljna analiza postojećeg stanja na raskrižju. Analiza je potvrdila pretpostavku vrlo niske razine sigurnosti na raskrižju što je bilo polazište za odabir nekoliko potencijalnih varijantnih rješenja. Sva varijantna rješenja podrazumjevala su alternativni tip kružnih raskrižja, dva varijanta rješenja su podtipovi turbo kružnih raskrižja, a treće rješenje je flower kružno raskrižje. Kako bi se odabralo optimalno varijantno rješenje, sva su rješenja analizirana prema unaprijed definiranim kriterijima.

Ključne riječi: raskrižja u razini, dvotračna kružna raskrižja, alternativni tipovi kružnih raskrižja, kriteriji.

Abstract

Level intersections are the most common type of intersection applied in urban areas. The roundabouts intersections are of increasing use among level intersections. On significant locations, such as motorway exits, roundabouts, except as a traffic calming measure, must also provide sufficient capacity. In cases of heavy traffic load in such locations, in some cases two-lane roundabouts are applied, assuming that they provide much higher capacity than one-lane intersections. In these cases, traffic safety which is significantly reduced at these type of intersections, is often put aside.

The low level of safety was the reason for choosing the problematic two-lane roundabout intersection in this work. A thorough analysis of the current situation at the intersection was made on the basis of a field investigation, collection of traffic load data, speed in the intersection zone, intersection geometry and traffic accidents. The analysis confirmed the assumption of a very low level of safety at the intersection, which was the starting point for selecting several potential alternative solutions. All variant solutions implied are an alternative type of roundabout, two variant solutions were subtypes of turbo roundabouts, and the third solution was a flower roundabout. In order to choose the optimal variant solution, all solutions were analyzed according to predefined criteria.

Key words : level intersections, two-lane roundabouts, alternative types of roundabouts, criteria.

SADRŽAJ:

1. Uvod	1
2. Općenito o raskrižjima u razini	2
2.1 Raskrižja u razini	2
2.1.1 Sigurnost raskrižja	4
2.1.2 Kapacitet raskrižja	5
2.1.3 Provoznost na raskrižju	5
2.1.4 Provozna brzina	6
2.1.5 Zaštita okoliša i ekonomičnost rješenja	7
2.2. Osnovne značajke kružnih raskrižja	7
2.2.1 Dvotračna kružna raskrižja	7
2.3. Alternativni tipovi kružnih raskrižja	10
3. Analiza postojećeg stanja kružnog raskrižja Rujevica	16
3.1. Analiza prometnih nesreća na raskrižju	17
3.2. Analiza prometnog opterećenja i brzina vozila na raskrižju	18
3.2.1 Privoz 1	19
3.2.2 Privoz 3	21
3.2.3 Privoz 4	22
3.3. Analiza kapaciteta postojećeg raskrižja	24
3.4. Analiza preglednosti na postojećem raskrižju	26
3.5. Zaključno o analizi postojećeg stanja dvotračnog kružnog raskrižja	28
4. Varijantna rješenja rekonstrukcije raskrižja Rujevica	29
4.1. Varijanta 1: standardni tip turbo kružnog raskrižja	29
4.2. Varijanta 2: koljenasti tip turbo kružnog raskrižje	30
4.3. Varijanta 3: flower kružno raskrižje	31
5. Analiza varijanti prema mjerodavnim kriterijima	33
5.1. Kriterij sigurnosti raskrižja (konfliktne točke)	33
5.2. Kriterij kapaciteta raskrižja	35
5.3. Kriterij provoznosti raskrižja	39
5.4. Kriterij provozne brzine	42
5.5. Odabir optimalne varijante	47
6. Zaključak	48
Literatura	50

Popis slika:

- Slika 1: Tipovi trokrakih raskrižja
- Slika 2: Tipovi četverokrakih raskrižja
- Slika 3: Drugi tipovi raskrižja u razini
- Slika 4: Konfliktne točke na klasičnom i jednotračnom kružnom raskrižju
- Slika 5: Provjera provoznosti -smjerovi kretanja mjerodavnih vozila
- Slika 6: Putanja osobnih vozila za kontrolu provozne brzine
- Slika 7: Dvotračno kružno raskrižje
- Slika 8: Primjer konfliktnih točaka dvotračnih kružnih raskrižja
- Slika 9: Način vođenja prometa u kružni tok
- Slika 10: Mini kružno raskrižje (lijevo) i duplo mini kružno raskrižje
- Slika 11: „Dumbbell“ kružno raskrižje
- Slika 12: „Ring Junction“
- Slika 13: Hamburger kružno raskrižje
- Slika 14: Flower kružno raskrižje
- Slika 15: Urbano turbo kružno raskrižje
- Slika 16: Konfliktne točke u standardnom turbo kružnom raskrižju
- Slika 17: Postojeća situacija dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica
- Slika 18: Postavljeni brojači na određenim pozicijama
- Slika 19: Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 1 (petak 12.04.2019)
- Slika 20: Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 1 (subota 13.04.2019)
- Slika 21: Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 3 (petak 12.04.2019)
- Slika 22: Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 3 (subotu 13.04.2019)
- Slika 23: Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 4 (petak 12.04.2019)
- Slika 24: Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 4 (subota 13.04.2019)
- Slika 25: Razina uslužnosti za sadašnje stanje
- Slika 26: Razina uslužnosti za povećanje prometa od 1% godišnje, za period od 10 godina
- Slika 27: Prilazna preglednost na privozima raskrižju
- Slika 28: Preglednost na ulazima
- Slika 29: Preglednost ulijevo i preglednost na kolniku
- Slika 30: Varijanta 1- standardno turbo kružno raskrižje
- Slika 31: Varijanta 2- Koljenasti tip turbo kružnog raskrižja
- Slika 32: Varijanta 3 - Flower kružno raskrižje
- Slika 33: Varijanta 1 - konfliktne točke raskrižja
- Slika 34: Varijanta 2 - konfliktne točke raskrižja
- Slika 35: Varijanta 3 - konfliktne točke raskrižja
- Slika 36: Mjerodavno prometno opterećenje za proračun kapaciteta standardnog turbo kružno raskrižja
- Slika 37: Mjerodavno prometno opterećenje za proračun kapaciteta koljenastog turbo kružnog raskrižja
- Slika 38: Razina uslužnosti za flower kružno raskrižje
- Slika 39: Provoznost standardnog turbo kružnog raskrižja za desno skretanje
- Slika 40: Provoznost standardnog turbo kružnog raskrižja za ravni smjer
- Slika 41: Provoznost standardnog turbo kružnog raskrižja za lijevo skretanje
- Slika 42: Provoznost koljenastog turbo kružnog raskrižja za desno skretanje
- Slika 43: Provoznost koljenastog turbo kružnog raskrižja za raani smjer

Slika 44: Provoznost koljenastog turbo kružnog raskrižja za lijevo skretanje

Slika 45: Provoznost flower kružnog raskrižja za desno skretanje

Slika 46: Provoznost flower kružnog raskrižja za ravni smjer

Slika 47: Provoznost flower kružnog raskrižja za lijevo skretanje

Slika 48: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 1 za ravne smjerove (iz pravca 1-3, 3-1)

Slika 49: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 1 za ravne smjerove (iz pravca 2-4, 4-2)

Slika 50: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 2 za ravne smjerove (iz pravca 1-3, 3-1)

Slika 51: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 2 za ravne smjerove (iz pravca 2-4, 4-2)

Slika 52: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 3 za ravne smjerove (iz pravca 1-3, 3-1)

Slika 53: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 3 za ravne smjerove (iz pravca 2-4, 4-2)

Slika 54: Usporedba provoznih brzina za sve varijante za glavne smjerove kretanja

Slika 55: Usporedba ocjenjenih kriterija za svaku varijantu

Popis tablica:

Tablica 1: Prometne nesreće po danima

Tablica 2: Prometne nesreće po satima

Tablica 3: Prometne nesreće s obzirom na okolnosti nastanka

Tablica 4: Prometne nesreće s obzirom na uzrok

Tablica 5: Prometno opterećenje na privozu 1, u petak 12.04.2019

Tablica 6: Provozne brzine vozila na privozu 1, u petak 12.04.2019

Tablica 7: Prometno opterećenje na privozu 1, u subotu 13.04.2019

Tablica 8: Prometno opterećenje na privozu 3, u petak 12.04.2019

Tablica 9: Provozne brzine vozila na privozu 3, u petak 12.04.2019

Tablica 10: Prometno opterećenje na privozu 3, u subotu 13.04.201

Tablica 11: Prometno opterećenje na privozu 4, u petak 12.04.2019

Tablica 12: Provozne brzine vozila na privozu 4, u petak 12.04.2019

Tablica 13: Prometno opterećenje na privozu 4, u subotu 13.04

Tablica 14: Ulazni podaci o postojećem prometnom opterećenju raskrižja korišteni za analizu kapaciteta

Tablica 15: Konfliktne točke za pojedine varijante

Tablica 16: Proračun kapaciteta za standardno turbo raskrižja

Tablica 17: Proračun kapaciteta za koljenasto turbo raskrižje

Tablica 18: Mjerodavno opterećenje za proračun kapaciteta flower kružnog raskrižja

Tablica 19: Provozne brzine za Varijantu 1

Tablica 20: Provozne brzine za Varijantu 2

Tablica 21: Provozne brzine za Varijantu 3

Tablica 22: Vrednovanje varijanti kroz kriterije

Popis grafičkih podloga

Prilog 1: Prometna situacija standardnog turbo kružnog raskrižja	M 1:1000
Prilog 1: Građevinska situacija standardnog turbo kružnog raskrižja	M 1:500
Prilog 3: Poprečni profil standardnog turbo kružnog raskrižja	M 1:200
Prilog 4: Prometna situacija koljenastog turbo kružnog raskrižja	M 1:1000
Prilog 5: Građevinska situacija koljenastog turbo kružnog raskrižja	M 1:500
Prilog 6: Poprečni profil koljenastog turbo kružnog raskrižja	M 1:200
Prilog 7: Prometna situacija flower kružnog raskrižja	M 1:1000
Prilog 8: Građevinska situacija flower kružnog raskrižja	M 1:500
Prilog 9: Poprečni profil flower kružnog raskrižja	M 1:200

1. Uvod

U današnje doba, teško je zamisliti suvremeni svijet bez prometnog sustava koji omogućuje njegovo svakodnevno funkcioniranje. Prometni sustav ključ je za gospodarski napredak određenog područja, kao i za način života. Ipak sve veći zahtjevi za prometom, i složenijim prometnim sustavima utječu kako na okoliš i zdravlje, tako i na sigurnost svih sudionika u prometu.

Prometni sustav općenito dijeli se na cestovni, željeznički, pomorski, promet unutarnjim vodama, te zračni promet. Ovisno o prostoru na kojem se promet odvija dijeli se na međukontinentalni, kontinentalni, međunarodni i domaći. Prema značajkama objekta odnosno predmeta prijevoza promet dijelimo na putnički, teretni i prijenos informacija. S aspekta korisnika prometne usluge, promet se dijeli na javni i na promet za vlastite potrebe.

Jedan od najkorištenijih prometnih sustava je cestovni koji je usmjeren na prijevoz ljudi i robe cestovnim putevima i vozilima. U cestovnom prometu najkritičnija točka je raskrižje, gdje se prometni pravci križaju, spajaju, odvajaju i prepliću. Raskrižja mogu biti u razini, denivelirana ili kombinirana.

U radu su prikazana varijantna rješenja urbanog dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica u gradu Rijeci, za koje je analiza postojećeg stanja pokazala nisku razinu prometne sigurnosti.

Rad se sastoji od šest poglavlja. Nakon uvodnog prvog poglavlja, u drugom poglavlju detaljnije su objašnjena raskrižja u razini i njihov utjecaj na sigurnost prometa, a posebice alternativni tipovi kružnih raskrižja koji su u pogledu kapaciteta i sigurnosti, se pokazali kao bolja rješenja od običnih dvotračnih i višetračnih kružnih raskrižja. U trećem poglavlju prikazana je analiza postojećeg stanja na dvotračnom kružnom raskrižju Rujevica. U četvrtom poglavlju prikazana su i objašnjena moguća varijantna rješenja za analizirano raskrižje, dok je u petom poglavlju odabrana optimalna varijanta prema unaprijed definiranim kriterijima. Nakon petog poglavlja dan je zaključak, a na kraju rada su grafički prilozi na kojima su detaljno prikazana varijantna rješenja.

2. Općenito o raskrižjima u razini

Raskrižja gotovo uvijek predstavljaju kritična mjesta u prometnoj mreži zbog izravnih križanja, spajanja, razdvajanja ili preplitanja prometnih tokova što za posljedicu može imati smanjenje prometne sigurnosti svih sudionika u prometu. Raskrižja mogu biti u razini, denivelirana, kombinirana ili posebna. U urbanim područjima najčešća su raskrižja u razini zbog jednostavnosti izvedbe u odnosu na ostale tipove raskrižja.

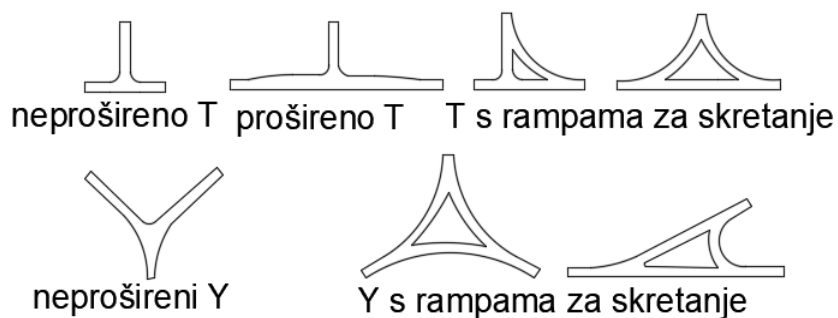
2.1 Raskrižja u razini

Raskrižja u razini (RUR) predstavljaju čvorna mjesta u cestovnoj mreži, a oblikovana su i uređena tako da omogućavaju funkcioniranje cestovnog prometa. Ova zadaća se ne može uspješno obaviti bez planski uređene građevinske osnove, čiji je svaki element (kao i rješenje u cjelini) provjeren po mjerilu najveće sigurnosti, optimalne protočnosti i najmanjih investicijskih ulaganja.

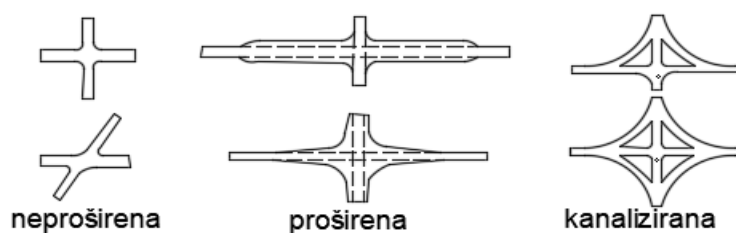
[1]

Podjela raskrižja u razini može biti [1]:

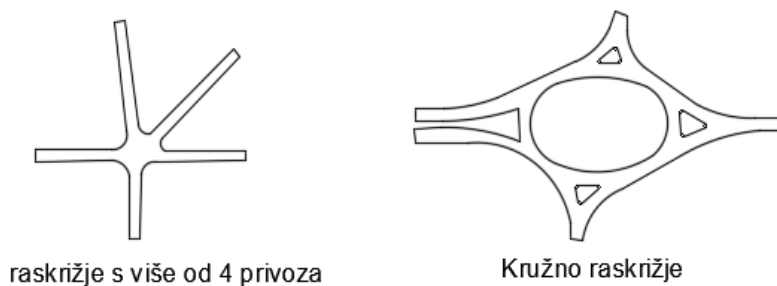
- prema načinu uređenja
 - nekanalizirana,
 - kanalizirana
- prema broju trakova (Slika 1-3)
 - trokraka (T i Y),
 - četverokraka,
 - višekraka
- prema mogućnosti kretanja
 - potpuna,
 - nepotpuna
- prema kutu križanja
 - pravokutna,
 - kosokutna
- prema načinu oblikovanja
 - obična,
 - kružni tokovi.



Slika 1: Tipovi trokrakih raskrižja [2]



Slika 2: Tipovi četverokrakih raskrižja [2]



Slika 3: Drugi tipovi raskrižja u razini [2]

Kod izgradnje novog raskrižja ili rekonstrukcije postojećeg raskrižja potrebno je analizirati i zadovoljiti sljedeće kriterije [1] :

- sigurnost raskrižja (preglednost, konfliktne točke)
- kvaliteta odvijanja prometa (kapacitet raskrižja)
- provoznost mjerodavnog vozila
- provozna brzina
- utjecaj na okolinu i ekonomičnost rješenja.

Raskrižja koja zadovoljavaju sve navedene kriterije smatraju se optimalnim rješenjima.

2.1.1 Sigurnost raskrižja

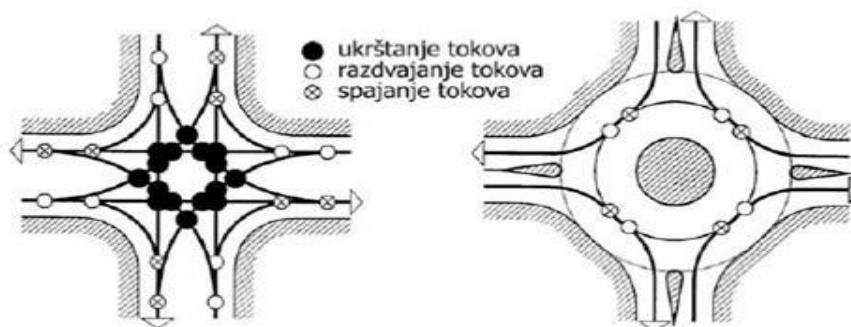
Svako raskrižje mora biti prepoznatljivo kako bi vozač na vrijeme prilagodio brzinu vozila, te što sigurnije prošao kroz zonu raskrižja. Iz tog razloga kod projektiranja je nužno analizirati preglednost raskrižja, koja najviše ovisi o lokaciji samog raskrižja te uzdužnim nagibima priključnih cesta kao i o uređenju same uže zone raskrižja.

Na klasičnim raskrižjima u razini se provjerava zaustavna preglednost koja podrazumijeva duljinu koju vozilo prijeđe od trenutka kada je vozač uočio uzrok zbog kojeg treba kočiti do početka djelovanja kočionog mehanizma vozila te duljinu na kojoj djeluje kočiona sila do zaustavljanja vozila.

Na kružnim raskrižjima neophodno je osigurati slijedeće preglednosti [3] :

- prilazna preglednost raskrižju,
- preglednost na ulazu,
- preglednost ulijevo i
- preglednost u kružnom kolniku.

Osim preglednosti na sigurnost raskrižja značajno utječe broj i vrsta konfliktnih točaka, kao i konfliktne zone. Konfliktne točke su mjesta gdje se prometni tokovi međusobno križaju, prepliću, spajaju i odvajaju. Križanje je najopasnija konfliktna točka kod koje se događaju prometne nesreće s najtežim posljedicama, dok su nesreće koje nastaju kao posljedica ostalih konfliktnih točaka sa nešto blažim posljedicama. Smanjenje broja konfliktnih točaka svakako doprinosi većoj prometnoj sigurnosti na raskrižju.



Slika 4: Konfliktne točke na klasičnom i jednotračnom kružnom raskrižju [3]

Na primjeru rekonstrukcije klasičnog četverokrakog raskrižja u četverokrako jednotračno kružno raskrižje vidljiva je prednost kružnog raskrižja kroz značajno smanjenje broja konfliktnih točaka: klasično četverokrako raskrižje ima 16 točaka križanja, 8 isplitanja i 8 uplitanja dok

jednotračno četverokrako kružno raskrižje ima samo 4 točke uplitanja i 4 isplitanja, što za posljedicu ima veću razinu prometne sigurnosti (Slika 4).

2.1.2 Kapacitet raskrižja

Kod novog raskrižja ili rekonstrukcije raskrižja u razini uz osiguranje prometne sigurnosti na raskrižju nužno je postići i zadovoljavajuću razinu uslužnosti na kraju planiranog projektnog perioda.

Kod kružnih raskrižja kapacitet je moguće odrediti na dva načina [1]:

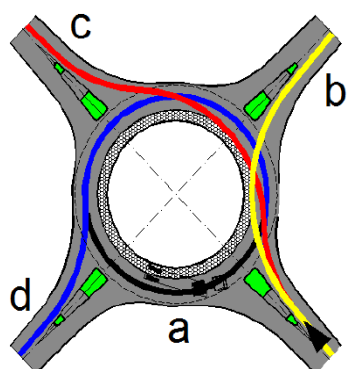
- prvi način je iterativan: provjerava se neki preporučeni oblik (dimenzije) kružnog raskrižja koji je bio izabran na osnovi prostornih, urbanističkih i/ili drugih mjerila. Na osnovi kapacitetnog proračuna mogu se mijenjati dimenzije projektnih elemenata sve dok rezultati proračuna ne daju najveću moguću propusnu moć u planskom razdoblju;

- drugi način proračuna je da se na osnovi poznatih prometnih opterećenja traže optimalni projektni elementi, koji će omogućavati dostatnu propusnost. U tom slučaju slijedi prostorno i urbanističko provjeravanje predlaganog rješenja.

Danas se za proračun kapaciteta raskrižja koriste i različiti računalni programi. Jedan takav, SIDRA INTERESECTION korišten je i u ovom radu.

2.1.3. Provoznost na raskrižju

Za svako novo rješenje potrebno je napraviti i provjeru provoznosti sa odabranim mjerodavnim vozilom. Provoznost se uobičajeno provjerava različitim računalnim programima, kao što je AutoTURN. Raskrižje mora biti u svim smjerovima provozno. Provoznost mjerodavnog vozila osigurava se izvedbom kolničkih konstrukcija prikladne nosivosti i dimenzija koje ne moraju biti dio osnovnih kolnih površina kružnog raskrižja. Analiziraju se najisturenije točke mjerodavnog vozila, a to su prednja lijeva točka na braniku vozila te stražnji desni kotač. Provoznost treba biti sastavni dio projektne dokumentacije kružnog raskrižja. Postoje četiri vrste provjere provoznosti za kružno raskrižje, a prikazane su na Slici 5 [3].



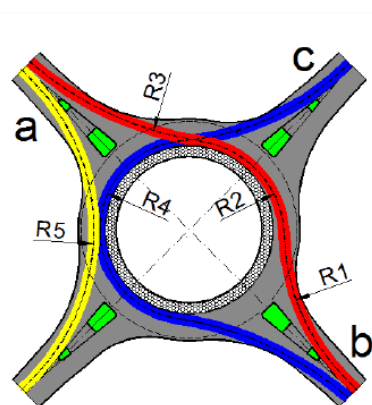
- a - vožnja u punom krugu
- b - desno skretanje
- c - prolaz kroz raskrižje
- d - lijevo skretanje

Slika 5: Provjera provoznosti -smjerovi kretanja mjerodavnog vozila [3]

2.1.4. Provozna brzina

Provozna brzina je najveća teoretska brzina kojom vozilo može proći kroz raskrižje. Projektna brzina je jedan od temelja pri projektiranju raskrižja, te se pomoću nje određuju osnovni elementi raskrižja. Provozna brzina ne smije odstupati od projektne brzine, jer povećavanjem provozne brzine smanjujemo sigurnost kod samog raskrižja.

Provozna brzina određuje se za sve smjerove kretanja kroz kružno raskrižje konstrukcijom najmanje zakrivljenih putanja prolaza osobnih automobila. Putanja vozila određena je udaljenošću 1.00 m od najisturenijih elemenata oblikovanja rubova kolnika. Njena konstrukcija je individualna i preporuča se pri kontroli provozne brzine konstrukciju putanje povjeriti više od jednom projektantu. [3]



- a - desno skretanje
- b - prolaz kroz raskrižje
- c - lijevo skretanje

- R1 - polumjer ulazne putanje
- R2 - polumjer kružne putanje
- R3 - polumjer izlazne putanje
- R4 - polumjer lijevog skretanja
- R5 - polumjer desnog skretanja

Slika 6: Putanja osobnih vozila za kontrolu provozne brzine [3]

2.1.5 Zaštita okoliša i ekonomičnost rješenja

U današnje vrijeme zaštita okoliša predstavlja značajan kriterij prilikom odabira nekog varijantnog rješenja. Pravilno projektirana i izvedena, suvremena kružna raskrižja, u usporedbi s drugim tipovima raskrižja, mogu značajno smanjiti količinu štetnih tvari koju vozila ispuštaju u atmosferu prilikom prolaska kroz raskrižje. Skraćivanjem zadržavanja vozila na raskrižju smanjuje se i potrošnja goriva, a svakako se snizuje i razina buke [3].

Izvedba kružnog raskrižja na određenoj lokaciji obično je skuplja varijanta od primjerice semaforizacije raskrižja, ali uspoređujući troškove održavanja kružnog i semaforiziranog raskrižja, kružno svakako predstavlja povoljnije rješenje. U slučaju rekonstrukcije postojećeg dvotračnog ili višetračnog kružnog raskrižja u neko alternativno kružno raskrižje potrebno je razmotriti kolike će biti uštede cjelokupnom društvu zbog smanjenja broja prometnih nezgoda.

2.2 Osnovne značajke kružnih raskrižja

Kružno raskrižje je kanalizirano raskrižje kružnog oblika s neprovoznim, djelomično ili u cijelosti povoznim/provoznim središnjim otokom i kružnim voznim trakom na koji se vežu tri ili više priključnih cesta u razini i u kojem se promet odvija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu [3].

Kružna raskrižja su najčešće nesemaforizirana raskrižja u razini, a prvenstvo prolaza imaju vozila u kružnom toku. Česta je primjena kružnih raskrižja za smirenje prometa u urbanim područjima kao i za povećanje kapaciteta klasičnih raskrižja u razini.

Kružna raskrižja s obzirom na broj krakova dijelimo na trokraka, četverokraka ili višekraka. S obzirom na položaj u prometnoj mreži dijelimo ih na urbana, s motoriziranim i nemotoriziranim prometom te izvanurbana, uobičajeno bez nemotoriziranog prometa. S obzirom na broj trakova u kružnom kolniku dijele se na jednotračna, dvotračna ili višetračna.[3]

2.2.1 Dvotračna kružna raskrižja

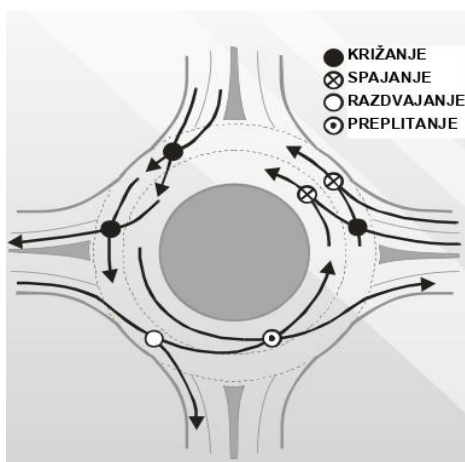
Dvotračno kružno raskrižje je raskrižje koje ima jedno ili dva prometna traka na ulazu ili izlazu, te kružni kolnički trak koji je u cijelosti ili samo dio izveden u dva prometna traka. Dvotračna kružna raskrižja u početku su se izvodila zbog potrebe za većim kapacitetom kružnog raskrižja iako su novija istraživanja pokazala da je povećanje kapaciteta minimalno dok razina sigurnosti u takvim raskrižjima značajno opada u odnosu na jednotračna kružna raskrižja. Dok kod

jednotračnih i mini kružnih raskrižja radijus središnjeg otoka može biti manjih vrijednosti, kod dvotračnih kružnih raskrižja značajno raste, što automatski zahtijeva i veću površinu za izgradnju. Više traka na ulazu i izlazu ne pogoduju pješačkim prijelazima radi povećanja dužine direktne izloženosti vozilima.



Slika 7: Dvotračno kružno raskrižje [4]

Dodavanje jedne kružne trake u kružnom kolniku raskrižja povećava broj konfliktnih točaka u odnosu na jednotračno kružno raskrižje (Slika 8).

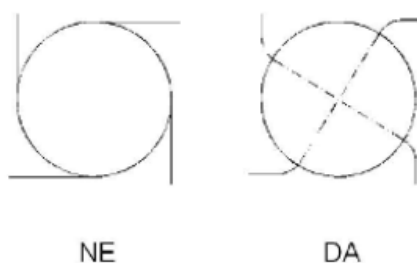


Slika 8: Primjer konfliktnih točaka dvotračnih kružnih raskrižja [5]

Dvotračno kružno raskrižje s po 2 trake na ulazu i izlazu ima ukupno 24 konfliktne točke, od čega 8 točaka spajanja i razdvajanja te 4 točke križanja i preplitanja što je uspoređujući s brojem konfliktnih točaka jednotračnog kružnog raskrižja značajno više. Ono što je najveći nedostatak dvotračnih i višetračnih kružnih raskrižja su točke preplitanja koje ne postoje kod jednotračnih kružnih raskrižja, križanja na ulazima i izlazima, veće provozne brzine te problem nesigurnosti nemotoriziranog prometa na raskrižju [5].

Iako smjernice [3] na državnim cestama preporučuju izgradnju isključivo jednotračnih kružnih raskrižja, moguća je primjena i dvotračnih kružnih raskrižja ukoliko za to postoji opravdanost. Pri projektiranju dvotračnih kružnih raskrižja vrijede sva pravila kao i kod jednotračnih kružnih raskrižja [3] :

- optimalno - radijalno polaganje osi, sa sjecištem u centru kružnog raskrižja, pri čemu je dozvoljen mali otklon (do 10°) ulijevo, za slučaj vožnje desnom stranom kolnika, odnosno, otklon udesno za slučaj vožnje lijevom stranom kolnika; radijalno polaganje osi doprinosi smanjenju brzine vozila pri uključivanju u kružno raskrižje te osigurava preglednost vozilima koja ulaze u kružno raskrižje, a doprinosi i boljoj uočljivosti središnjeg otoka (slika 9);



Slika 9: Način vođenja prometa u kružni tok [3]

- širina ulaza/izlaza u kružno raskrižje treba biti pomno odabrana jer uključivanje u kružni tok, kao i isključivanje iz kružnog toka predstavljaju kritičnu aktivnost i značajno utječu na sigurnost prometa u kružnom raskrižju;
- zakrivljenost putanje vozila utječe na brzinu vozila u samom raskrižju; veća zakrivljenost putanje rezultira manjom brzinom vozila, što povećava razinu sigurnosti u raskrižju posebno za nemotorizirane sudionike u prometu ali utječe i na kapacitet raskrižja;
- vrijednost ulaznih i izlaznih radijusa ovise o veličini kružnog raskrižja i obliku razdjelnog otoka; u pravilu izlazni radijus biti veći od ulaznih radijusa kako bi vozilo što brže napustilo kružno raskrižje; to direktno povećava kapacitet kružnog raskrižja;
- nemotorizirani promet (pješaci i biciklisti) uobičajeno se prevodi preko privoza kružnom raskrižju preko pješačkih prijelaza udaljenih od 5 do 10 metara od samog ulaza u raskrižja kako bi se povećala sigurnost prolaska pješaka i biciklista, te onemogućilo da vozilo koje se zaustavlja na ulazu ili izlazu iz kružnog raskrižja se zaustavlja na poziciji pješačkog prijelaza; ako se radi dvotračni ulazi i izlazi iz rotora poželjno je da se prijelazi rade izvan nivoa;

- na izlaznim privozima preporučuje se jedna traka radi smanjenja mogućih uzroka nastajanja nezgoda
- razdjelni otoci imaju funkciju fizički odvojiti ulazni i izlazni promet na kraku raskrižja; veličina im ovisi o veličini kružnog raskrižja (kod manjih kružnih raskrižja mogu biti samo iscrtani razdjelni otoci).
- svaki kružni tok treba imati dovoljan poprečni nagib kolnika iz razloga osiguranja odvodnje vode sa kolnika; najčešći nagib kružnog kolnika je prema vani zbog jednostavnosti izvedbe uređaja za odvodnju.

2.3 Alternativni tipovi kružnih raskrižja

Jednotračno i dvotračno kružno raskrižje kao osnovni tipovi kružnih raskrižja imaju mnogo prednosti nad ostalima tipovima raskrižja u razini, ali imaju i mana koje se kroz desetljeće pokušavaju otkloniti alternativnim tipovima kružnih raskrižja. Ovisno koji kriterij se detaljnije analizira, na primjer prometna sigurnost, kapacitet ili neki drugi, svaki alternativni tip kružnog raskrižja predstavlja povoljno rješenje u odnosu na promatrani kriterij [2].

Prvi primjer alternativnog tipa je mini kružno raskrižje (Slika 10 lijevo) koji ima provozan središnji otok, te mu radijus središnjeg otoka ne smije biti veći od 4 m. Zbog maloga radijusa (središnjeg otoka i vanjskog radijusa) lako se primjenjuje u urbanim prostorima. Središnji otok je u potpunosti provozan i preporuka je da ga se malo uzdigne kako bi osobna vozila se kretala po kružnom kolničkom traku, a duga vozila bi u potpunosti mogla prelaziti preko središnjeg otoka.

Mini kružna raskrižja (Slika 10 desno) dobro su rješenje u slučaju kada su dva raskrižja na maloj udaljenosti. Ovakvo rješenje naziva se duplo mini kružno raskrižje. Prednost je mala površina te dobra prepoznatljivost, dobra preglednost. Jedini nedostatak može biti neprimjerena brzina koja može ugroziti sigurnost na raskrižju.



Slika 10: Mini kružno raskrižje (lijevo) i duplo mini kružno raskrižje [6]

„Dumbbell“ kružno raskrižje (Slika 11) je raskrižje koji se sastoji od dva jednostručna kružna raskrižja, a između njih prolazi cesta koja može i ne mora biti denivelirana. Često se primjenjuju kod ulaza na autocestu ili brzu cestu, i odlično su rješenje kod raskrižja s više krakova ili kod dva raskrižja u blizini. Također prilazna brzina je manja te sama brzina u raskrižju je smanjena dok je tok često neprekinut. Ovaj tip raskrižja može se naći u Europskim državama, a sve više i u Sjevernoj Americi (Kanada i USA). Glavni nedostatak ovog alternativnog tipa je nešto manji kapacitet, jer dva kružna raskrižja na maloj udaljenosti imaju manji kapacitet u odnosu na jedno veće kružno raskrižje, te velika površina koju zauzima ovo rješenje [6].



Slika 11: „Dumbbell“ kružno raskrižje [6]

U Ujedinjenom Kraljevstvu kao alternativni tip kružnih raskrižja u upotrebi je i „Ring Junction“ (prstenasto raskrižje), koje se sastoji od jednog velikog kružnog raskrižja, a koje na mjestima točaka uliva i izliva ima mini kružna raskrižja (Slika 12). Osim velike površine ovakvog tipa raskrižja, koja na nekim primjerima u dosežu i do 60 metara u promjeru, i sama vožnja je dosta kompleksna: vozilo prvo mora ući u raskrižje preko mini kružnog raskrižja, voziti kroz kružni kolnik velikog raskrižja te ponovno na izlazu preko mini kružnog raskrižja napustiti raskrižje.

Ovakav tip raskrižja dobro funkcionira na izvanurbanim površinama, kao zamjena za velika kružna raskrižja [6].



Slika 12: „Ring Junction“ [6]

Kružno raskrižje sa tranzitnim središnjim otokom (Hamburger kružno raskrižje) često se koristi na lokacijama gdje je velik udio velikih vozila (često i specijalnih vozila) kao što su industrijske zone (Slika 13). Kod projektiranja ovog tipa raskrižja nužno je pažljivo odabrati poziciju tranzitnog dijela središnjeg otoka.

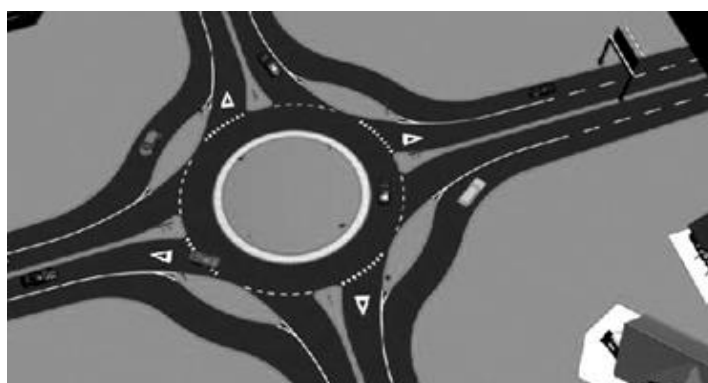


Slika 13: Hamburger kružno raskrižje [6]

Ovaj alternativni tip kružnog raskrižja može biti jednostručno ili dvotračno. Potrebna je nešto veća površina za izgradnju ovog tipa raskrižja iz razloga da vozilo koje se nalazi u tranzitnom dijelu središnjeg otoka (najčešće dugo ili specijalno vozilo) ne ometa u slučaju zaustavljanja ostala vozila na kružnom kolničkom traku. Utjecaj na kapacitet kod ovih raskrižja može biti i pozitivan i negativan: kako duga vozila koriste više načina za izlaz iz raskrižja, to može imati pozitivan utjecaj na kapacitet dok s druge strane slabija educiranost vozača može rezultirati sporijom i nepravilnom vožnjom koja u konačnici može negativno utjecati na kapacitet. Prolaz kroz tranzitni dio središnjeg

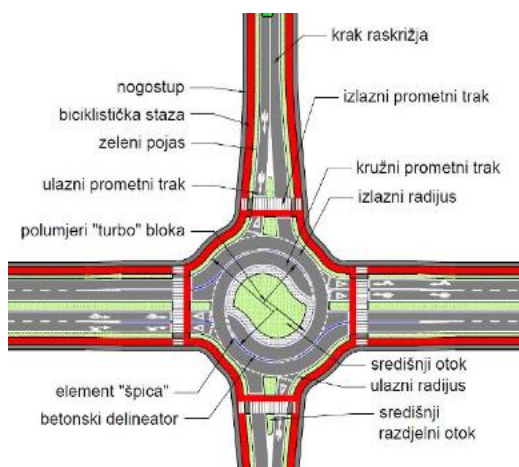
toka predstavlja opasnu radnju jer se pojavljuje točka križanja na mjestu gdje vozilo prelazi preko kružnog toka što smanjuje prometnu sigurnost raskrižja [6].

Flower kružna raskrižja su raskrižja (Slika 14) koja imaju posebnu traku za desne skretače, koji samim time nisu obvezni ulaziti u kružno raskrižje, a ako i uđu imaju mogućnost desnog skretanja na prvom izlazu. Na ovaj način smanjuje se broj vozila u samom kružnom toku te se povećava sigurnost za sve sudionike. Trake za desne skretače su fizički odvojene od samog kružnog toka. Sigurnosti nemotoriziranih sudionika (pješačka i biciklista) je nešto manja zbog nešto veće brzine desnih skretača. Iako ovaj tip alternativnog kružnog raskrižja povećava kapacitet, veću pažnju potrebno je usmjeriti na brzine u raskrižju, kako bi se osigurala dostatna prometna sigurnost svih sudionika [6].



Slika 14: Flower kružno raskrižje [6]

Turbo kružno raskrižje (Slika 15) pokazalo se kao najbolje alternativno rješenje te često zamjenjuje dvotračna kružna raskrižja. Često se nazivaju i nepraštajuća kružna raskrižja jer u nekim slučajevima ukoliko vozač pogrešno odabere traku na ulazu u turbo kružno raskrižja, nije moguća ispravka u samom kružnom toku jer turbo kružna raskrižja u samom kružnom toku imaju trake koje ne omogućuju prestrojavanje ili preplitanje.



Slika 15: Urbano turbo kružno raskrižje [7]

Turbo kružno raskrižje može biti dvotračno ili trotračno, te su trake u kružnom toku fizički odvojene malim rubnjacima (delineatorima). Oni sprečavaju promjene traka u samom kružnom toku (preplitanje vozila) što povećava sigurnost prometa. Iako postoje točke križanja, vozilo mora obratiti pažnju samo na vozila koja mu dolaze s desne strane u kružnom toku. Prije ulaska u kružni tok nužno je odabrati onu traku u kružnom toku za koju je prije signalizacijom naznačeno da vodi prema željenom izlazu. U raskrižju fizička odvojenost je prekinuta samo na mjestima dozvoljenog ulaska u unutarnji trak. Turbo kružna raskrižja projektiramo samo kod trokrakih ili četverokrakih raskrižja, tako da kod projektiranja takvih raskrižja nužno je posebnu pažnju obratiti na glavni prometni tok.

Kako bi neko kružno raskrižje se moglo rekonstruirati u turbo kružno raskrižje, moraju biti ispunjena četiri osnovna i dva dodatna uvjeta.

Osnovni uvjeti su [7]:

1. sa najmanje jedne prilazne ceste prednost se daje prometnim tokovi u dvjema kružnim voznim trakama, koje na tom mjestu predstavljaju kružni (uvjet koji proizlazi iz propusne moći),
2. promet na najviše dva kružna vozna traka može imati prednost pred prometnim tokom na ulazu (uvjet koji proizlazi iz prometne sigurnosti),
3. ne smiju postojati konfliktne točke preplitanja na kružnom kolniku i konfliktne točke križanja na izlazima iz kružnog raskrižja (uvjet koji proizlazi iz prometne sigurnosti) dok križanje na ulazima postoji,
4. spiralno izvedena tlocrtna signalizacija mora biti oblikovana na način da postupno prelazi iz manjeg (unutrašnjeg) na veći (vanjski) polumjer (uvjet koji proizlazi iz udobnosti vožnje).

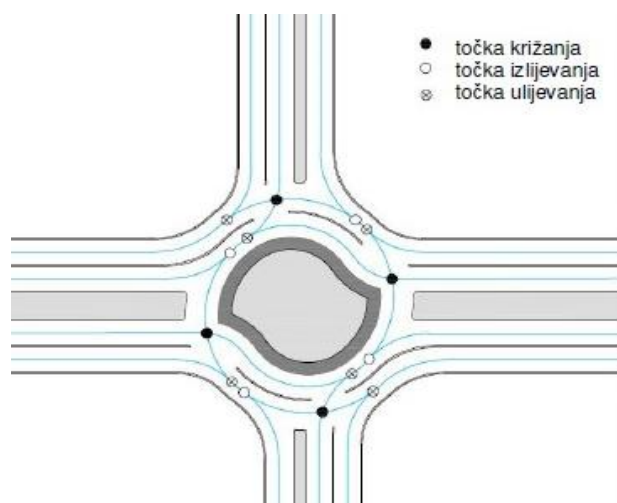
Dodatni uvjeti su:

- 1) na glavnim prometnim smjerovima su izlazi izvedeni s po dva vozna traka, a na sporednim prometnim smjerovima izlazi mogu biti dvotračni ili jednotačni (uvjet koji proizlazi iz propusne moći),
- 2) na svakom kružnom segmentu (dijelu kružnog kolnika između jednog ulaza i slijedećeg izlaza iz kružnog raskrižja) može postojati samo jedna točka odnosno mjesto na kojem vozač može odlučiti dali će kružno raskrižje napustiti ili nastaviti s vožnjom po kružnom kolniku (uvjet koji proizlazi iz prometne sigurnosti).

Postoji više tipova turbo kružnih raskrižja, a ovise o broju krakova, glavnom toku [7]:

- standardni tip,
- jajoliki tip,
- koljenasti tip
- rastegnuti koljenasti tip.

Standardni tip takvog raskrižja ima 14 konfliktnih točaka: 6 ulijevanja, 4 križanja (na ulazima) i 4 izlivanjevanja (Slika 16). U takvim tipovima raskrižja nema križanja na izlazima i preplitanja u kružnom toku pa je zbog toga i sigurniji od dvotračnog kružnog raskrižja. To je glavni razlog za to da su turbo kružna raskrižja prometno sigurnija od običnih dvotračnih kružnih raskrižja.



Slika 16: Konfliktnne točke u standardnom turbo kružnom raskrižju [7]

Turbo kružna raskrižja su prihvatljiva rješenja na lokacijama izvan naselja i u prijelaznim područjima na kojima nema ili se očekuje samo manji broj nemotoriziranih sudionika u prometu. Turbo kružno raskrižje u naselju je prihvatljivo rješenje samo ukoliko je vođenje nemotoriziranih sudionika u prometu na području samog turbo kružnog raskrižja riješeno na prometno siguran način [7].

3. Analiza postojećeg stanja kružnog raskrižja Rujevica

Kružno raskrižje Rujevica je četverokrako dvotračno kružno raskrižje, sa slijedeći privozima (Slika 17):

- Privoz 1: Ulica Antuna Kosića Rika, lokalna cesta
- Privoz 2: supermarket Interspar, lokalna cesta
- Privoz 3: nova cesta prema naselju Viškovo, županijska cesta
- Privoz 4: izlaz s autoceste A7, državna cesta.



Slika 17: Postojeća situacija dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica [4]

Raskrižje je smješteno na sjeverozapadnom dijelu grada, te je jedan od glavnih ulaza u grad. U neposrednoj je blizini izlaza na autocestu A7 što omogućuje vezu ovog zapadnog dijela grada s istočnim i centrom grada, te okolnim naseljima (Viškovo, Opatija, Matulji). Zbog toga ovo raskrižje spada u važnija raskrižja u Rijeci te ga treba pomno analizirati.

Lokacija je prometno najopterećenija ujutro od 7 do 8 sati te popodne od 15 do 16 sati jer velik broj vozila preko ovog raskrižja se veže na Riječku obilaznicu preko koje odlaze na posao i vraćaju se s posla iz ostalih dijelova grada. U neposrednoj blizini raskrižja nalazi se novoizgrađeni market Interspar kao i nogometni stadion Rujevica. Oba navedena objekta značajno privlače motorizirani promet, što treba uzeti u obzir prilikom ove analize.

Iako se raskrižje ne nalazi u veoma urbaniziranom dijelu grada, i broj nemotoriziranih sudionika (pješačka i biciklista) je mali, ipak novoizgrađeni supermarket te sportski događaji koji se povremeno odvijaju na nogometnom stadionu privlače sve više nemotoriziranog prometa.

3.1 Analiza prometnih nesreća na raskrižju

Analizirano raskrižje je već jednom rekonstruirano, i to iz klasičnog trokrakog raskrižja u dvotračno kružno raskrižje 2017. godine. Tada su analize prometnog opterećenja pretpostavile da će dvotračno kružno raskrižje zadovoljiti u pogledu kapaciteta, dok se potencijalne prometne nesreće nisu analizirale. Prema službenoj evidenciji o prometnim nesrećama na kraju 2017. godine, dobivenoj od strane MUP-a Rijeka, na raskrižju je evidentirano 19 prometnih nesreća od kojih jedna sa smrtnim posljedicama, te 18 nesreća s materijalnom štetom. Najveći broj prometnih nesreća dogodio se petkom (Tablica 1) čak pet prometnih nesreća ili 26,32 % i u vremenu od 16 do 20 sati, čak 9 prometnih nesreća ili 47,37 % (Tablica 2). Čak polovica prometnih nesreća događale su se najčešće zbog prestrojavanja u kružnom kolniku, njih 10 ili 52,63% (Tablica 3). Prema vrsti prometnih nesreća najčešći su bili međusobni sudari vozila (bočni sudar), njih 10 nesreća ili 52,63% (Tablica 4).

Tablica 1: Prometne nesreće po danima [8]

	ponedjeljak	utorak	srijeda	četvrtak	petak	subota	nedjelja
Broj nesreća	3	4	2	2	5	2	1

Tablica 2: Prometne nesreće po satima [8]

	00:00- 04:00	04:00- 08:00	08:00- 12:00	12:00- 16:00	16:00- 20:00	20:00- 24:00
Broj nesreća	-	1	1	6	9	2

Tablica 3: Prometne nesreće s obzirom na okolnosti nastanka [8]

	nepropisna i neprilagođena brzina	vožnja na nedovoljnoj udaljenosti	nepropisno prestrojavanje	nepropisno skretanje	nepoštivanje prednosti prolaza	ostale greške vozača
Broj nesreća	1	1	10	4	1	2

Tablica 4: Prometne nesreće s obzirom na uzrok [8]

	bočni sudar	usporena vožnja	vožnja u prometnom slijedu	udar u objekt kraj ceste	ostalo
Broj nesreća	10	5	1	1	2

Analizom ovih prometnih nesreća može se zaključiti da se nesreće događaju najviše radi konfliktne točke preplitanja koja je nužna kod dvotračnih kružnih raskrižja. Nesreće se događaju

radi nedovoljne dužine za prestrojavanje, te nepažnje (nesigurnosti) vozača. Iako nema podataka o nesrećama u 2018. godini, vjerojatnost je da broj prometnih nesreća nije bio u opadanju, a zasigurno niti sve nesreće nisu službeno evidentirane od strane MUP-a te je njihov broj sigurno mnogo veći.

3.2 Analiza prometnog opterećenja i brzina vozila na raskrižju

Kako bi se utvrdilo prometno opterećenje na raskrižju, na 3 privoza raskrižja (svi osim privoza 2 - Interspar) postavljeni su brojači prometa. Korištena je oprema nabavljena u sklopu projekta „Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci“ kojega financira EU kroz fond za regionalni razvoj. Korišteni su automatski brojači prometa „Datacollect SDRtraffic+“ koji rade na principu doppler-radara. Uz brojače prometa koji kontinuirano bilježe promet tijekom 24 sata u izvršeno je i ručno brojanje prometa. Brojanje je vršeno tijekom radnog tjedna (petak, ponedjeljak utorak, te za vikend subotu i nedjelju). Vremenski uvjeti su bili stabilni, a na raskrižju nisu zabilježeni nikakvi događaji koji bi uzrokovali ometanje odvijanja prometa.



Slika 18: Postavljeni brojači na određenim pozicijama

Brojači su na postavljeni na stupove javne rasvjete (Slika 18) kako bi što manje bili uočljivi vozačima, u razdoblju od 11.04.2019 do 17.04.2017. Na ovaj način utvrđeno je prometno opterećenje tijekom radnog tjedna kao i u vrijeme vikenda.

3.2.1 Privoz 1

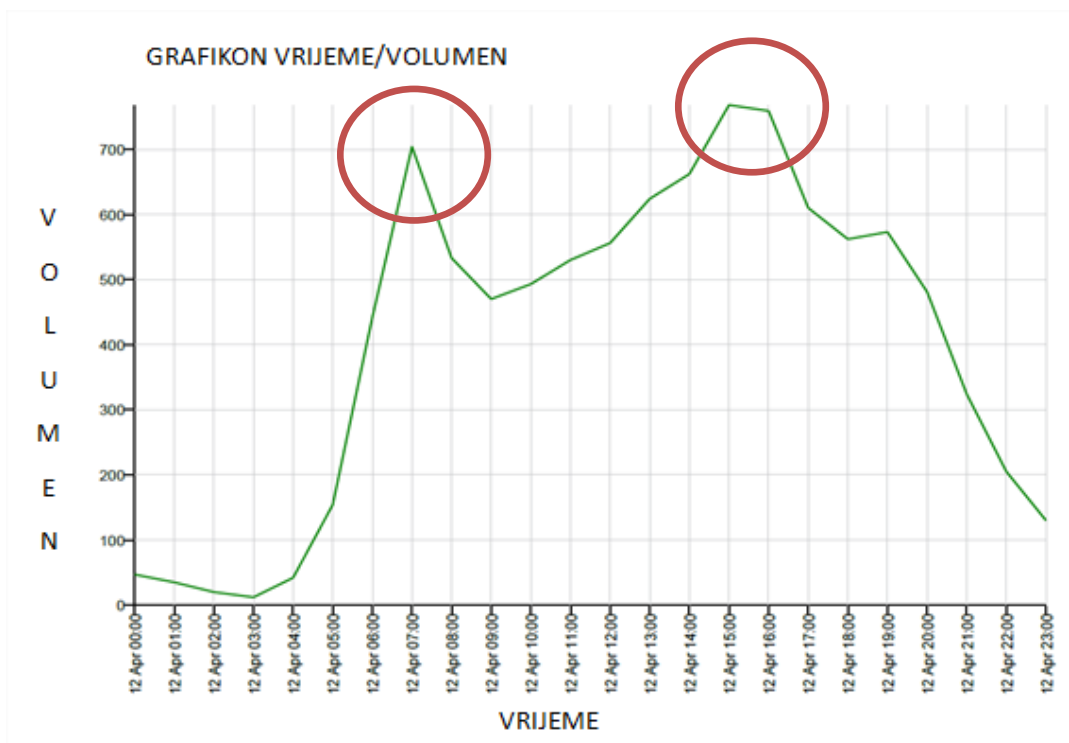
Brojač prometa na privozu 1 bilježio je broj i brzinu vozila iz smjera Rijeke koji dolaze na kružno raskrižje. Brojač je postavljen na obližnji stup javne rasvjete ispred samog raskrižja. Analizom podataka brojača dobiveni su podaci o količinama i kategoriji vozila, u različitim vremenskim periodima, kao i podaci o brzinama vozila (maksimalna i minimalna brzina, prosječna brzina, te brzinu V85). Brzina V85 je brzina ispod koje prolazi 85 % vozača. U Tablici 5 prikazano je dnevno prometno opterećenje za dan petak 12.04.2019. te vršno opterećenje, a u Tablici 6 provozne brzine vozila. Vidljivo je da je $V_{85}=61$ km/h što je malo iznad ograničenja brzine na tom privozu.

Tablica 5: Prometno opterećenje na privozu 1, u petak 12.04.2019

VRIJEME	UKUPNO	OSOBNA VOZILA	TERETNA VOZILA	TEŠKA TERETNA VOZILA
00:00-24:00	9736	9106	537	97
07:00-08:00	711	642	61	8
15:00-16:00	780	741	33	6

Tablica 6: Provozne brzine vozila na privozu 1, u petak 12.04.2019

Vmin	Vmax	Vavg	V85
7	116	51	61

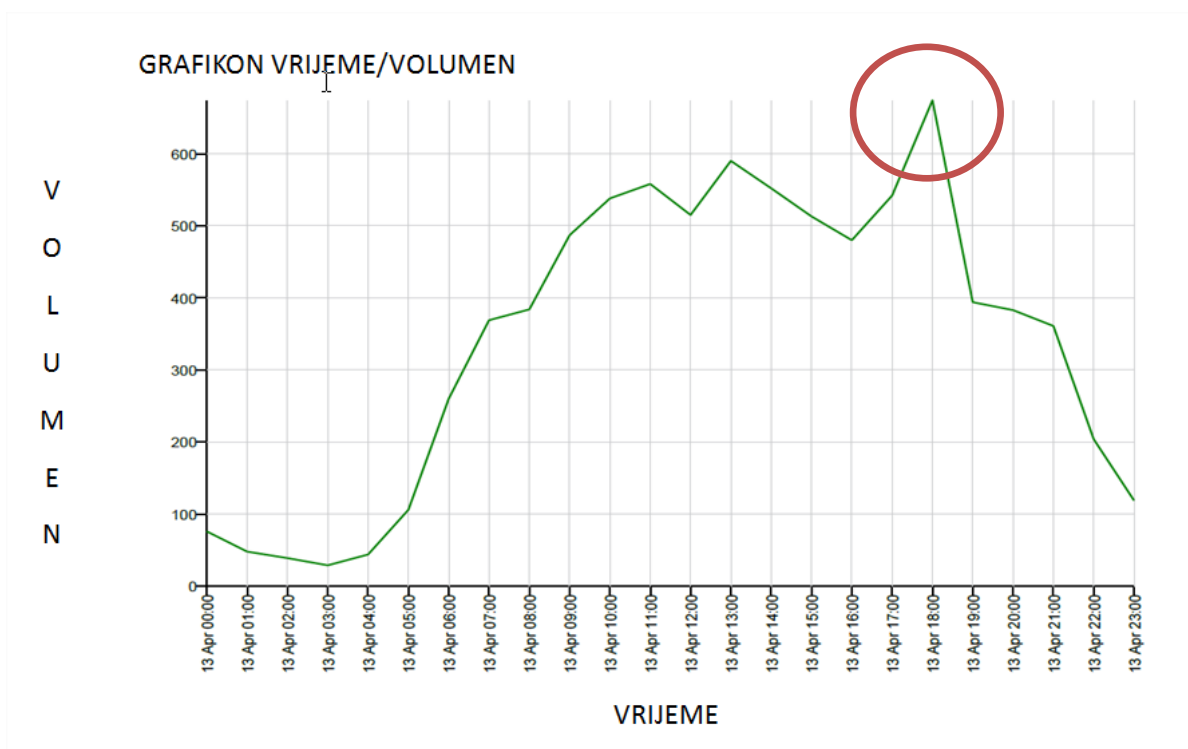


Slika 19: Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 1 (petak 12.04.2019)

Iz Slike 19 vidljivo je dnevno prometno opterećenje na privozu 1 u tijeku radnog dana, te vršni sati jutarnji od 7 do 8 i popodnevni od 15 do 16 sati. Moguć razlog konstantnog povećanog opterećenja u popodnevnim/večernjim satima je blizina supermarketa.

Tablica 7: Prometno opterećenje na privozu 1, u subotu 13.04.2019

VRIJEME	UKUPNO	OSOBNA VOZILA	TERETNA VOZILA	TEŠKA TERETNA VOZILA
00:00-24:00	8256	7865	326	74
18:00-19:00	689	659	27	3



Slika 20: Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 1 (subota 13.04.2019)

Usporedbom podataka s brojača za dva dana (petak i subota) vidljivo je da je petkom prometno opterećenje veće, nego subotom, odnosno vikendom. Provozna brzina je vrlo je slična za oba dana. Petkom, odnosno radnim dano ističu se dva vršna sata i to jutarnji i popodnevni dok se subotom ne ističu dva vršna sata već samo onaj popodnevni između 17 i 18 sati.

3.2.2 Privoz 3

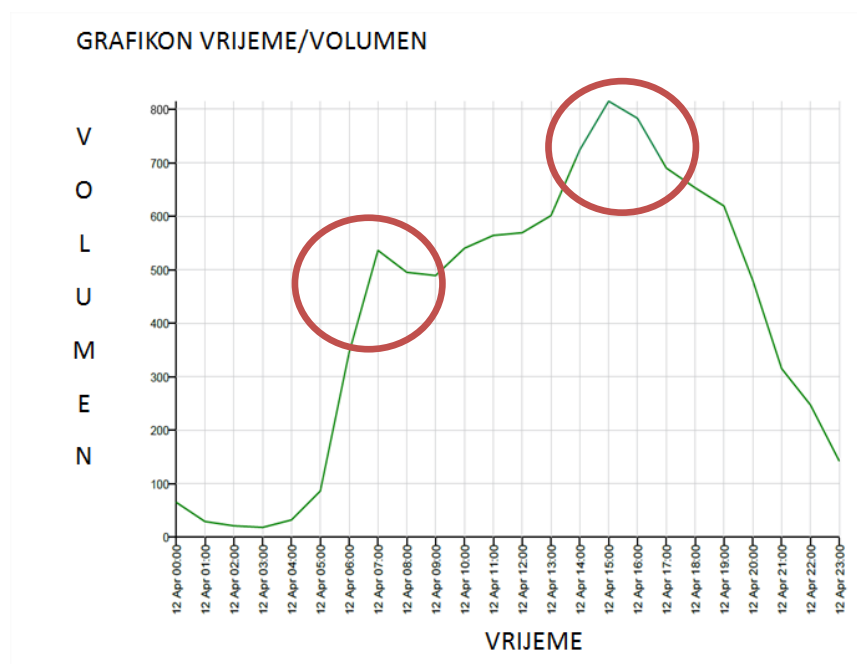
Brojač prometa na privozu 3 bilježio je broj i brzinu vozila iz smjera Viškova koji dolaze na kružno raskrižje. Prometno opterećenje na ovoj dionici će se zasigurno izmjeniti kad cesta prema naselju Vškovo bude puštena u promet u svojoj punoj duljini i profilu. Brojač je postavljen na obližnji stup javne rasvjete ispred samog raskrižja. Analizom podataka brojača dobiveni su podaci o količinama i kategoriji vozila, u različitim vremenskim periodima, kao i podaci o brzinama vozila (maksimalna i minimalna brzina, prosječna brzina, te brzinu V85). U Tablici 8 prikazano je dnevno prometno opterećenje za radni dan petak 12.04.2019. kao i vršno opterećenje, a u Tablici 9 provozne brzine vozila za isti dan. Brzina V₈₅ na ovom privozu iznosi 46 km/h što je u skladu sa ograničenjem brzine.

Tablica 8: Prometno opterećenje na privozu 3, u petak 12.04.2019

VRIJEME	UKUPNO	OSOBNA VOZILA	TERETNA VOZILA	TEŠKA TERETNA VOZILA
00:00-24:00	9858	8472	957	429
07:00-08:00	1274	1065	204	5
15:00-16:00	9858	8472	957	429

Tablica 9: Provozne brzine vozila na privozu 3, u petak 12.04.2019

Vmin	Vmax	Vavg	V85
7	86	36	46

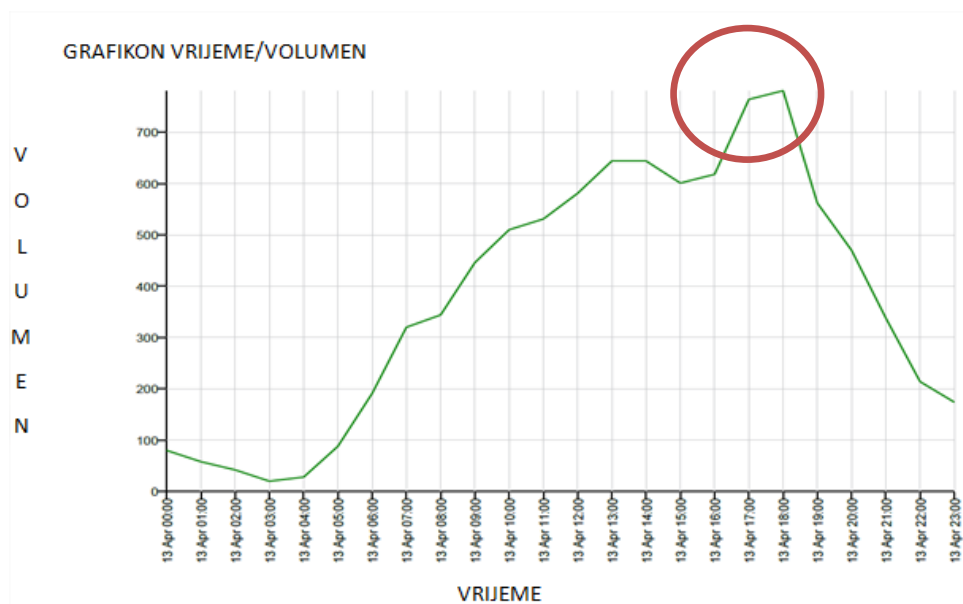


Slika 21 : Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 3 (petak 12.04.2019)

Iz Slike 21 vidljivo je dnevno prometno opterećenje na privozu 3 u tijeku radnog dana, te vršni sati, jutarnji od 7 do 8 i popodnevni od 15 do 16 sati.

Tablica 10: Prometno opterećenje na privozu 3, u subotu 13.04.2019

VRIJEME	UKUPNO	OSOBNA VOZILA	TERETNA VOZILA	TEŠKA TERETNA VOZILA
00:00-24:00	9049	7837	860	352
18:00-19:00	785	689	84	12



Slika 22 : Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 3 (subota 13.04.2019)

Analiza podataka na brojaču na privozu 3 pokazuje da je ovaj privoz opterećeniji od privoza 1, te za razliku od privoza 1, jutarnji vršni sat je manje izražen od popodnevnog (Slika 21), dok je vikendom kao i kod privoza 1 opterećenje najveće u popodnevnim satima između 17 i 19 sati (Slika 22). Vidljivo je također da na privozu 3 ima većeg udjela TV-a.

3.2.3 Privoz 4

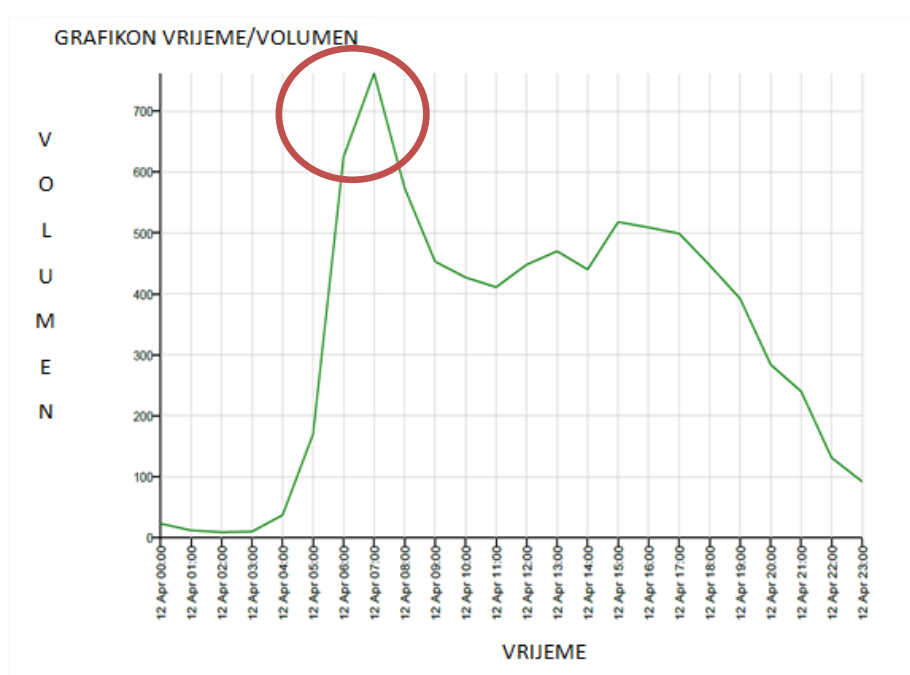
Na privozu 4, brojač prometa postavljen je kako bi se utvrdila količina prometa te provodne brzine vozila koja na raskrižje dolaze sa autoceste A7. U Tablici 11 prikazani su podaci o dnevnom prometnom opterećenju privoza 4 radnim danom te u toku PVS, a u Tablici 12 provodne brzine na istom privozu.

Tablica 11: Prometno opterećenje na privozu 4, u petak 12.04.2019

VRIJEME	UKUPNO	OSOBNA VOZILA	TERETNA VOZILA	TEŠKA TERETNA VOZILA
00:00-24:00	7499	7113	348	40
18:00-19:00	776	695	66	15

Tablica 12: Provozne brzine vozila na privozu 4, u petak 12.04.2019

Vmin	Vmax	Vavg	V85
5	117	62	75

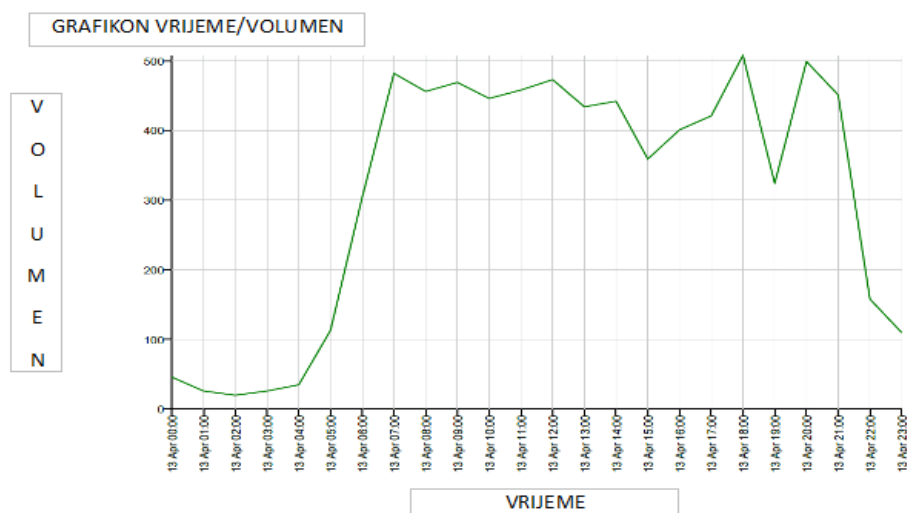


Slika 23: Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na brojaču 4 (petak 12.04.2019)

Iz Slike 23 vidljivo je dnevno prometno opterećenje na privozu 4 u tijeku radnog dana, te vršni sati, jako izražen jutarnji od 7 do 8 i slabo izražen popodnevni od 15 do 16 sati. U nastavku u Tablici 13 prikazano je dnevno prometno opterećenje izmjereno tijekom dana vikenda (subota 13.04.2019.).

Tablica 13: Prometno opterećenje na privozu 4, u subotu 13.04.2019

VRIJEME	UKUPNO	OSOBNA VOZILA	TERETNA VOZILA	TEŠKA TERETNA VOZILA
00:00-24:00	7461	7106	300	55



Slika 24: Prikaz dnevnog prometnog opterećenja na privozu 4 (subota 13.04.2019)

Na privozu 4, tijekom dana vikenda (Slika 24), dnevno prometno opterećenje je manje ali više ujednačeno tijekom dana.

Analizom svih triju brojača vidljivo je da je da je naopterećeniji privoz 3, dok su brzine najveće na privozu 4. Kod privoza 1 izražena su oba vršna sata, dok je kod ostalih više izražen jedan vršni sat i to kod privoza 3 popodnevni, a kod privoza 4 jutarnji. Provozne brzine su u skladu sa ograničenjima osim na privozu 4 gdje je brzina nešto veća od ograničenja.

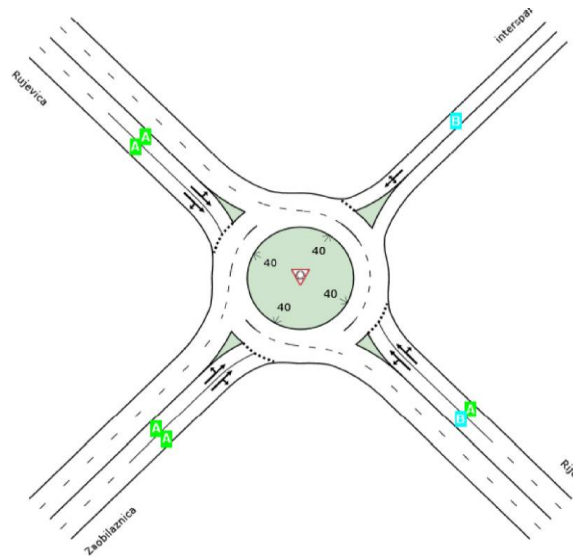
3.3 Analiza kapaciteta postojećeg raskrižja

Kapacitet postojećeg raskrižja analiziran je koristeći računalni program SIDRA INTERSECTION. Kao ulazni podaci korišteni su podaci dobiveni ručnim brojanjem prometa i to u PVS, te podaci o geometriji raskrižja (broj, namjena i širine prometnih traka). Analizirano je postojeće prometno opterećenje raskrižja kao i prometno opterećenja za projektni period od 10 g. sa stopom rasta prometa 1% godišnje na svim privozima.

Tablica 14: Ulazni podaci o postojećem prometnom opterećenju raskrižja korišteni za analizu kapaciteta

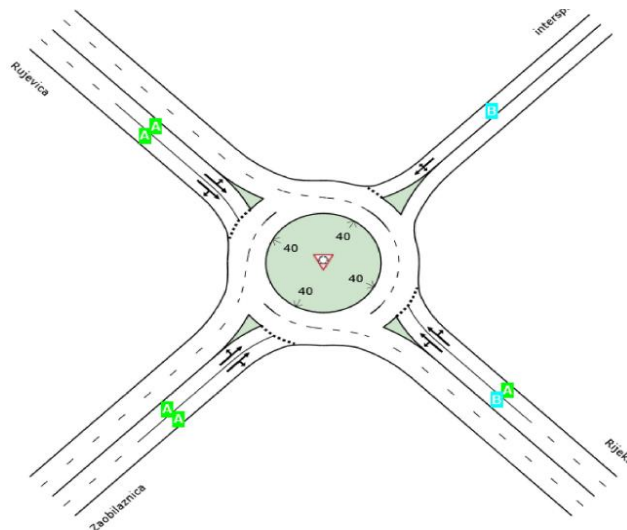
SMJER	1--2	1--3	1--4	2--1	2--3	2--4	3--1	3--2	3--4	4--1	4--2	4--3
OSOBNI AUTOMOBILI	75	288	369	63	48	54	192	15	279	651	36	444
TV	0	3	12	0	0	0	3	0	6	6	0	2
TTV	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rezultati analize kapaciteta za postojeće stanje raskrižja (slika 25) pokazuju da na svim privozima postoji velika rezerva u kapacitetu i da su razine uslužnosti na svim privozima odlične (A) ili vrlo dobre (B).



Slika 25: Razina uslužnosti za sadašnje stanje

Također napravljena je provjera kapaciteta raskrižja za istu geometriju raskrižja, uz povećanje prometnog opterećenja 1% za period od 10g. Razina uslužnosti je prikazana na Slici 26.



Slika 26: Razina uslužnosti za povećanje prometa od 1% godišnje, za period od 10 godina

Zaključak provedene analiza kapaciteta za ovo raskrižje je da raskrižje ima rezervu u slučaju povećanja prometnog opterećenja 1% godišnje, za period od 10g.

3.4 Analiza preglednosti na postojećem raskrižju

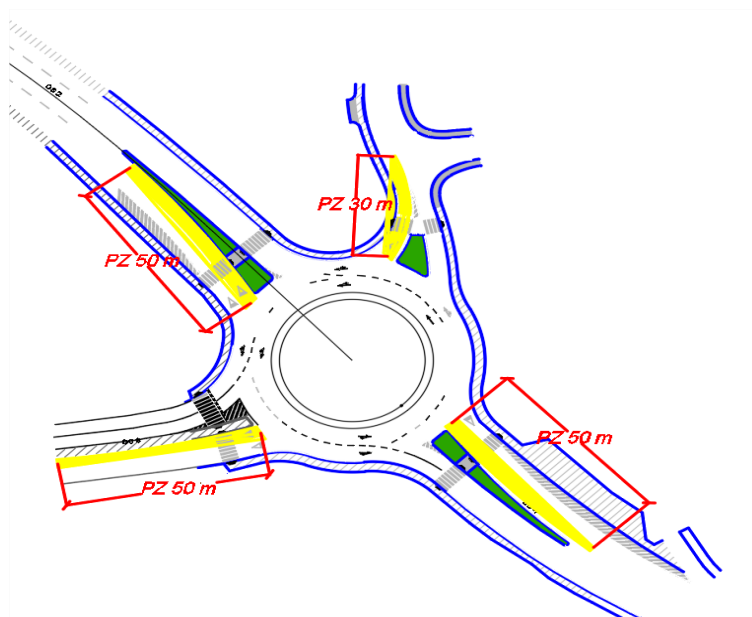
Na svakom raskrižju nužno je osigurati preglednost raskrižja, kako bi vozač pravovremeno prepoznao raskrižje i prilagodio svoju brzinu stanju na cesti. Ako preglednost nije zadovoljena to može ugroziti razinu sigurnosti u prometu.

Preglednosti koje je nužno osigurati na kružnim raskrižjima su [3] :

1. Prilazna preglednost privoza raskrižju
2. Preglednost na ulazu
3. Preglednost ulijevo
4. Preglednost u kružnom kolniku

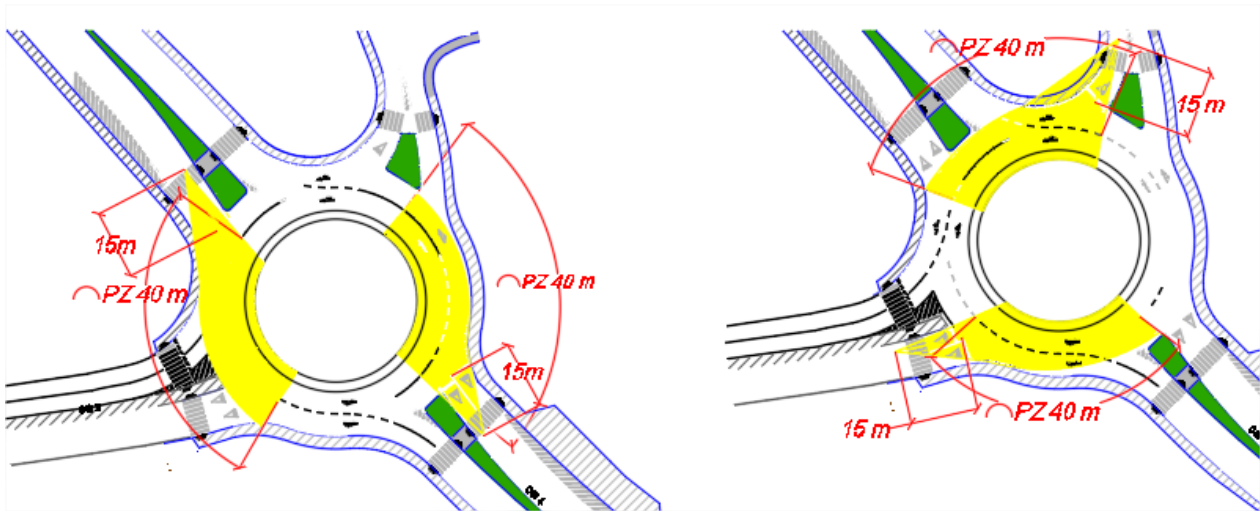
Iako se ovdje radi o dvotračnom kružnom raskrižju analizirana je preglednost kao za slučaj jednotračnog kružnog raskrižja. Za svaki privoz će se analizirati prve tri preglednosti dok je za preglednost u kružnom kolniku radi iste geometrije dovoljna samo jedna provjera.

Na Slici 27 vidljivo je da su prilazne preglednosti zadovoljene na svim privozima. Samo na privoz 2 preglednost je manja uzevši u obzir da su provodne/prilazne brzine na ovom privozu značajno manje jer se radi o izlazu iz trgovačkog centra i slijepe ceste.



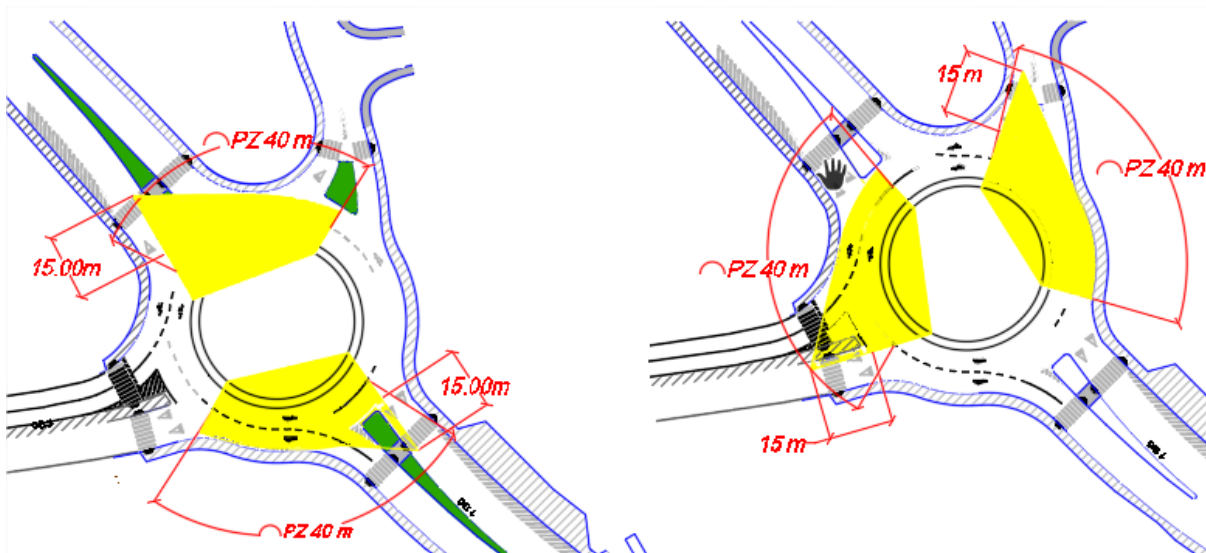
Slika 27: Prilazna preglednost na privozima raskrižju

Preglednost na ulazu u raskrižje vidljiva je iz Slike 28, te se može zaključiti da je osigurana na svim privozima.



Slika 28: Preglednost na ulazima

Zbog samih nesreća zabilježenih na ovom raskrižju, najvažnija preglednost u kružnom kolniku je pogled ulijevo radi prestrojavanja i preplitanja u samom kružnom kolniku. Iz Slike 29 vidljivo je da vozači imaju zadovoljavajuću preglednost, pa se može zaključiti da provjera svih preglednosti za ovo raskrižje zadovoljava, te da se nesreće događaju radi neopreznosti vozača, te male duljine kružnog kolnika na kojoj se odvija prestrojavanje.



Slika 29: Preglednost ulijevo i preglednost na kolniku

3.5. Zaključno o analizi postojećeg stanja dvotračnog kružnog raskrižja

Provedenom analizom prikupljenih podataka o prometnom opterećenju, brzinama vozila, nesrećama na raskrižju te preglednosti na raskrižju može se zaključiti slijedeće:

- analiza podataka iz brojača prometa pokazuje da ovim raskrižjem prometuje veliki broj vozila ali i da je opterećenje nejednoliko na privozima, ali ipak na svim privozima se ističu JVS od 7 do 8 te PVS od 15 do 16 sati,
- prometno opterećenje tijekom dana u vikendu je nešto manje, a vršni sat nije posebno izražen osim manjeg vidljivog porasta opterećenja oko 18 sati, što znači da je izražen više vršni period,
- količina nemotoriziranog prometa je mala, najviše u vrijeme vikenda kad postoje sportski događaji na obližnjem stadionu ili kada je izražena posjeta obližnjem supermarketu. Sadašnji pješački prijelazi su dostatni, a sigurnost samih pješaka iako mala je zadovoljavajuća, te pješak može na vrijeme uočiti vozilo,
- raskrižje iako je dosta prometno opterećeno, ima dovoljan kapacitet i razinu uslužnosti, čak i nakon povećanja prometa u periodu 10g. za 1 % godišnje rezerva kapaciteta je dovoljna,
- sigurnost na raskrižje nije zadovoljavajuća što je vidljivo iz podataka o nesrećama u samo jednoj godini; naime izvješće MUP-a iz 2017 godine kada je raskrižje pušteno u promet nakon rekonstrukcije pokazuje da se na raskrižju dogodilo 19 prometnih nesreća od toga čak 10 zbog nepropisnog prestrojavanja na raskrižju, a prestrojavanje je sastavni dio svakog dvotračnog kružnog raskrižja,
- iako je kapacitet raskrižja dostatan i u planiranom projektnom razdoblju, broj prometnih nesreća, čak i sa najgorim smrtnim posljedicama, ukazuje na malu razinu prometne sigurnosti

Na temelju analize postojećeg stanja raskrižja može se zaključiti da postoji potreba za ponovnom rekonstrukcijom raskrižja. U slijedećem poglavlju analizirati će se 3 moguća varijantna rješenja:

- turbo kružno raskrižje – standardni tip
- turbo kružno raskrižje – koljenasti tip
- flower kružno raskrižje.

4. Varijantna rješenja rekonstrukcije raskrižja Rujevica

Provedena analiza postojećeg stanja na dvotračnom kružnom raskrižju Rujevica ukazala je prvenstveno na problem sigurnosti na tom raskrižju. Velik broj konfliktnih točaka preplitanja rezultirao je velikim brojem nesreća u samo 1 godini od kad je raskrižje rekonstruirano u dvotračno. U nastavku rada, dane su 3 varijante rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica:

- 1) standardni tip turbo kružnog raskrižja
- 2) koljenasti tip turbo kružnog raskrižja
- 3) flower kružno raskrižje.

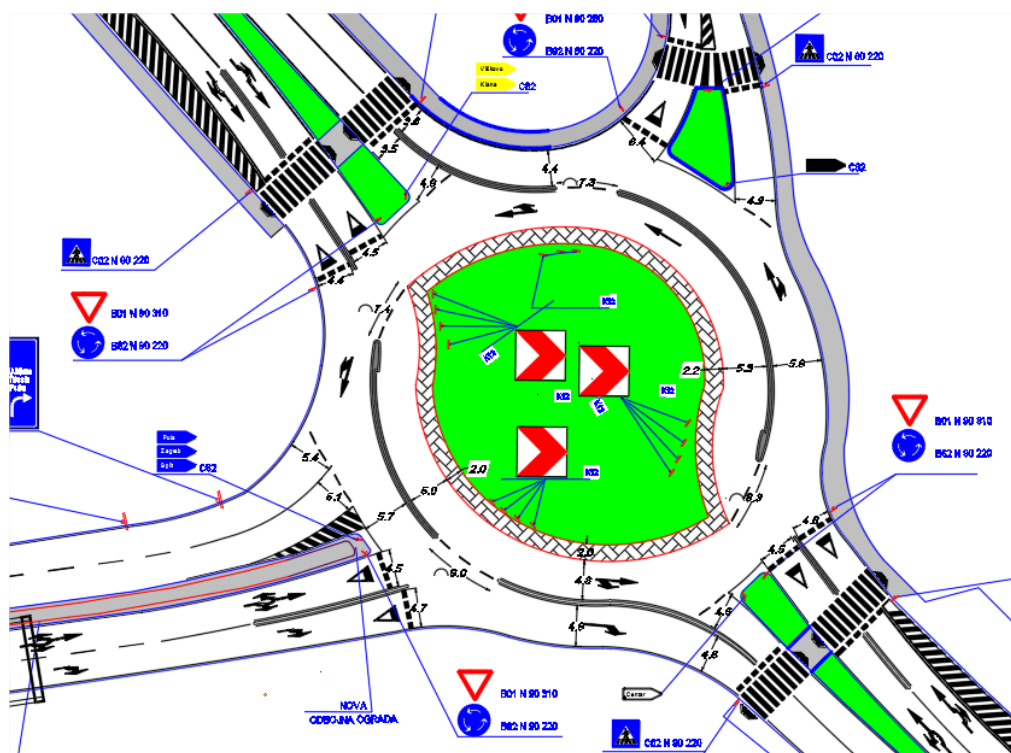
Predložene varijante su alternativni načini preuređenja dvotračnih kružnih rotora. Kod svih varijanti poštivani su postojeću uvjeti odvijanja motoriziranog prometa (zadržani su svi smjerovi kretanja) dok je kod nemotoriziranog prometa, zbog malog broja pješaka na pješačkom prijelazu na privozu 4, taj pješački prijelaz u predloženim varijantama izostavljen.

4.1 Varijanta 1: standardni tip turbo kružnog raskrižja

Na novom rješenju sa standardnim turbo kružnim raskrižjem, broj traka na svim privozima je ostao isti. Neposredno prije svakog ulaza i izlaza na privozima s dvije trake (osim izlaza na privozu broj 4) u samo raskrižje, postavljeni su delineatori u širini od 30 cm, u svrhu razdvajanja prometa, i onemogućenja prestrojavanja u blizini samog raskrižja, a u konačnici radi poboljšanja sigurnosti prometa (slika 30). Delineatori između kružnih prometnih traka raskrižja također služe da kod odabira trake vozila ostanu u istoj te da u slučaju krivog odabira, ne izvode opasne manevre za ispravljanje pogrešaka što može dovesti do prometne nesreća.

Pješački nogostupi oko raskrižja su u većem dijelu zadržani kao postojeći, mala promjena je bila nužna radi povećanja ulaznog radijusa na privozu 2 (Interspara). Na privozu 4 uklonjen je pješački prijelaz kao i pješački nogostupi koji vode do tog prijelaza, pa se ta širina nogostupa iskoristila za postizanje nešto većih/boljih vrijednosti ulaznih i izlaznih radijusa na privozu 4. Ostali prijelazi za nemotorizirane sudionike ostali su na istim pozicijama kao i kod prethodnog raskrižja. Na privozima 1 i 3, pješački prijelazi izvedeni su preko uzdignutih razdjelnih otoka dok je kod privoza 2 pješački prijelaz izveden neposredno iza uzdignutog dijela razdjelnog otoka. Najveća promjena je na središnjem otoku koji je izveden prema Smjernicama [7] s povoznim dijelom širine 2 m. Kružne trake su razdvojene delineatorima osim na mjestima gdje je nužno osigurati prolaz/ulaz

u unutarnju kružnu traku raskrižja. Kako bi vozači pravovremeno odabrali potrebnu prometnu traku postavljena je vertikalna i horizontalna signalizacija prema Smjernicama [7].

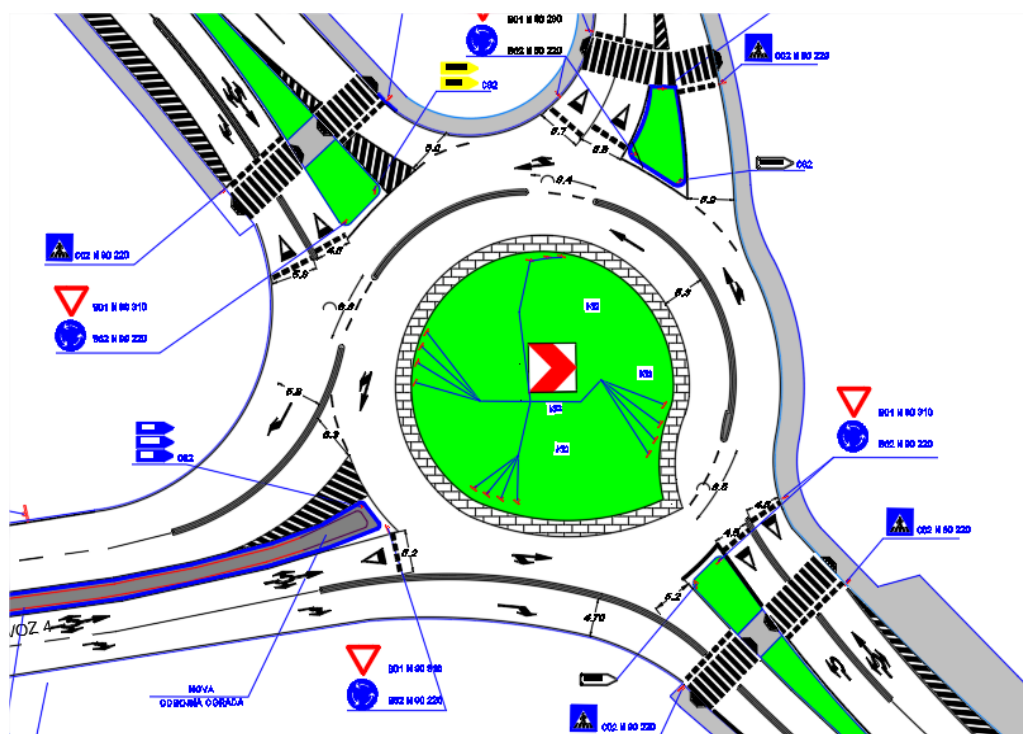


Slika 30: Varijanta 1- standardno turbo kružno raskrižje

Svi odabrani elementi ovog rješenja vidljivi su na Grafičkom prilogu 3.

4.2. Varijanta 2: koljenasti tip turbo kružnog raskrižja

Druga varijanta je koljenasti tip turbo kružnog raskrižja, koji omogućuje lijevim skretačima iz privoza 1 (Rijeka) da koriste obje kružne trake raskrižja kako bi izveli manevar lijevog skretanja, a sve iz razloga većeg prometnog opterećenja iz privoza 1 u privoz 4. Također i desni skretači iz privoza 3, za razliku od prvog rješenja, za izlaz u privoz 4 mogu koristiti dvije trake, također iz razloga većeg prometnog opterećenja iz privoza 3 u privoz 4. Trake na ulazim i izlazima te u kružnom toku su odvojene delineatorima kako bi se uklonila konfliktna točka preplitanja neposredno prije i u samom raskrižju. Kod ove varijante radi lakšeg prepoznavanja te odabira smjera kretanja na privozu 2, dodana je dodatna traka na ulazu u raskrižje, te je iz tog razloga sam privoz rekonstruiran na način da je nešto širi u odnosu na prethodno i postojeće rješenje. Kao i kod ostalih varijanti pješački prijelaz je uklonjen na privozu 4, dok su ostali prijelazi zadržani. Jedino kod ove varijante zbog dodavanja dodatne traka povećava se duljina pješačkog prijelaza na privozu 2 (Slika 31).



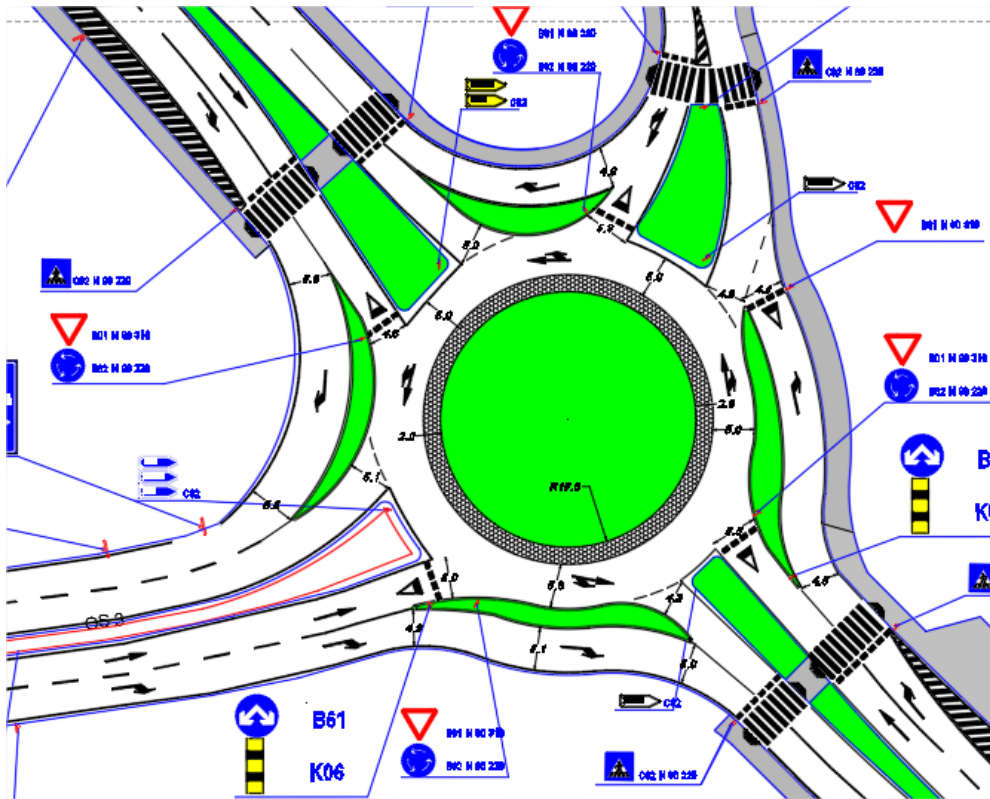
Slika 31: Varijanta 2- Koljenasti tip turbo kruznog raskrižja

Svi odabrani elementi ovog rješenja vidljivi su na Grafičkom prilogu 6.

4.3. Varijanta 3: flower kružno raskrižje

Treća varijanta je prenamjena sadašnjeg dvotračnog kruznog raskrižja u jednotračno kružno raskrižje sa posebnim („pritisnutim“) trakama za desne skretače. Ovakvo rješenje nudi desnim skretačima korištenje „ekskluzivne“ trake za desno skretanje na svakom privozu. U slučaju krivog odabira, i ne korištenja te desne trake, vozila koja uđu u kružno raskrižje još uvijek mogu izvršiti manevar desnog skretanja na prvom izlazu. Svaka „pritisnuta“ traka za skretanje u desno odvojena je od kruznog traka razdjelnim (ozelenjenim) otokom, što povećava sigurnost na raskrižju. Ova varijanta iziskivala je najveće promjene u odnosu na postojeće dvotračno kružno raskrižje. Kako bi se ostvarila dovoljna širina traka za desne skretače potrebna je bila korekcija nogostupa na desnoj strani kod privoza 2 (Interspar). Na privozu 2 radi dodavanja trake za desne skretače te potrebnog izlaznog i ulaznog radiusa sadašnji nogostop je između privoza 2 i privoza 3 je uvučen za 2 m. Kao i kod prve varijante uklonjen je pješački prijelaz na privozu 4 te se ta širina nogostupa iskoristila za postizanje dovoljnog ulaznog i izlaznog radiusa, a ostatak je napravljen kao bankina uz privoz. Središnji otok, u odnosu na središnji otok postojećeg dvotračnog raskrižja, je smanjen te (radijus

središnjeg otoka je $R=15\text{ m}$) dok povozni dio samog središnjeg otoka iznosi 2 metra. Što se tiče prijelaza za nemotorizirani promet rješenje je isto kao i kod varijante 1.



Slika 32: Varijanta 3 - Flower kružno raskrižje

Svi odabrani elementi ovog rješenja vidljivi su na Grafičkom prilogu 9.

5. Analiza varijanti prema mjerodavnim kriterijima

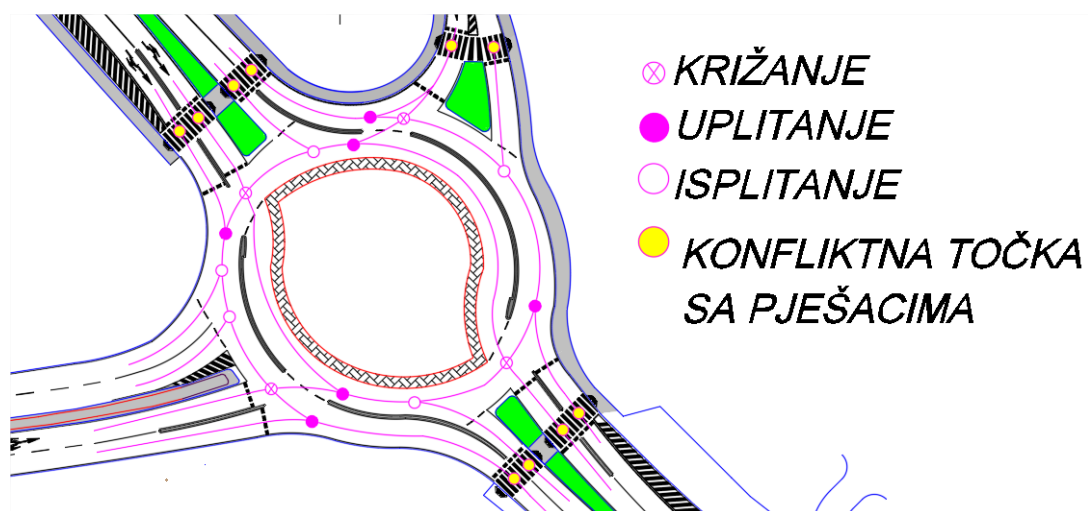
Kako bi se odabralo optimalno rješenje za rekonstrukciju raskrižja, svaku od tri varijante treba analizirati kroz odabrane kriterije. Svaki od kriterija ima svoju značajnu ulogu za odabir raskrižja u pogledu sigurnosti, kapaciteta i ostalih elemenata. Glavni kriteriji kroz koje ćemo analizirati varijante su:

1. sigurnost raskrižja (konfliktne točke)
2. kapacitet raskrižja
3. proвозnost raskrižja
4. proвозna brzina

5.1 Kriterij sigurnosti raskrižja (konfliktne točke)

Sigurnost na raskrižju je uz kapacitet gotovo sigurno jedan od najvažnijih kriterija. U analizi postojećeg raskrižja pokazalo se da kapacitet raskrižja nije problematičan, kako za postojeće prometno opterećenje tako ni za planirano povećanje prometa, dok se s druge strane postojeća sigurnost na raskrižju pokazala vrlo niskom, a s povećanjem prometnog opterećenja ta razina se samo može pogoršati.

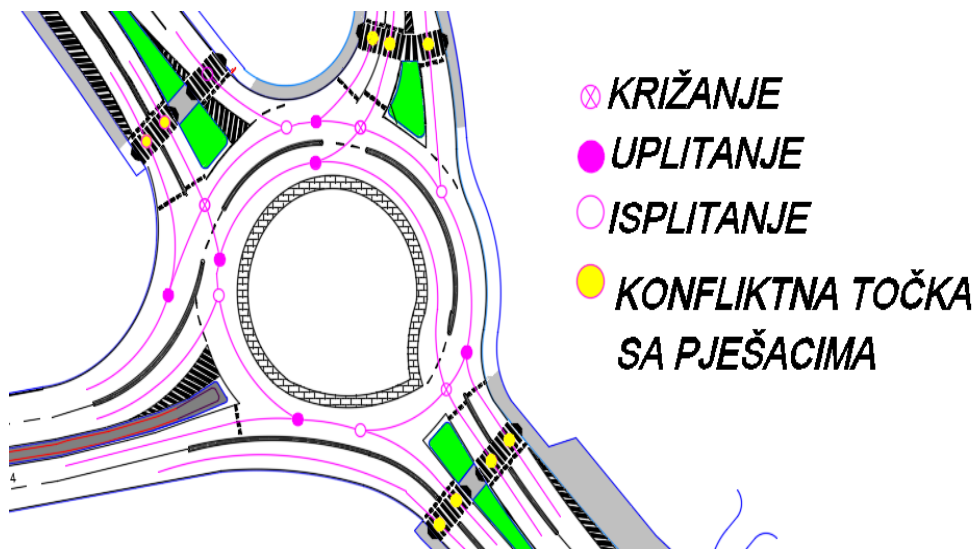
Varijanta 1 predstavlja standardno turbo kružno raskrižje kod kojeg je nužno postaviti delineatora na ulazima i izlazima, te na kružnim trakama u raskrižju radi sprječavanja konfliktne točke preplitanja što uvelike povećava sigurnost samog raskrižja. Konfliktne točke varijante 1 prikazane su na Slici 33.



Slika 33: Varijanta 1 - konfliktne točke raskrižja

Vidljivo je da ova varijanta ima 15 konfliktnih točaka od čega 4 križanja, 6 uplitanja, 5 isplitanja te 10 konfliktnih točaka sa pješacima.

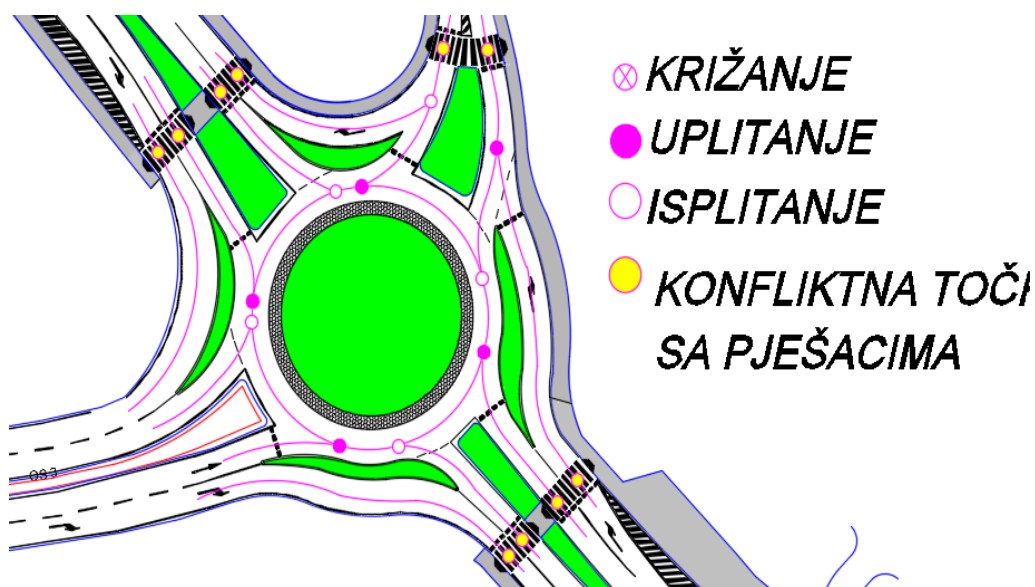
Varijanta 2, koljenasto turbo kružno raskrižje djelomično se razlikuje po broju konfliktnih točaka od standardnog. Sve konfliktne točke za varijantu 2 prikazane su na Slici 34.



Slika 34: Varijanta 2 - konfliktne točke raskrižja

Varijanta 2 ima 13 konfliktnih točaka od čega 3 križanja 6 uplitanja i 4 isplitanja, te 9 konfliktnih točaka sa pješacima.

Varijanta 3 – flower kružno raskrižje je od navedenih varijantnih rješenja najsigurnije jer nema konfliktne točke križanja. Sve konfliktne točke prikazane su na Slici 35.



Slika 35: Varijanta 3 - konfliktne točke raskrižja

Varijanta 3 ima 10 konfliktnih točaka, nema konfliktnih točaka križanja već samo 5 uplitanja i 5 isplitanja, te 10 konfliktnih točaka sa pješacima .

U nastavku u Tablici 15 prikazana je usporedba sve 3 varijante, prema broju konfliktnih točaka.

Tablica 15: Konfliktni točke za pojedine varijante

KONFLIKTNE TOČKE	KRIŽANJE	UPLITANJE	ISPLITANJE	KONFLIKT SA PJEŠACIMA	UKUPNO (UKLJUČUJUĆI I PJEŠAKE)
VARIJANTA 1	4	6	5	10	15(25)
VARIJANTA 2	3	6	4	9	13(22)
VARIJANTA 3	0	5	5	10	10(20)

Usporedbom broja i tipa konfliktnih točaka može se zaključiti da je u pogledu sigurnosti (te potencijalnih prometnih nesreća na raskrižju) najbolje rješenje flower kružno raskrižje, odnosno Varijanta 3 zbog ukupno najmanjeg broja konfliktnih točaka, zbog nepostojanja konfliktnih točaka križanja, ali i zbog posebnih traka za desne skretače koje su fizički odvojene od raskrižja razdjelnim otocima. Kod preostale dvije varijante, nešto bolje rješenje je Varijanta 2 – koljenasto turbo kružno raskrižje zbog manjeg broja konfliktnih točaka.

5.2. Kriterij kapaciteta raskrižja

Kapacitet raskrižja je kriterij kojeg je nužno zadovoljiti, kako raskrižje ne bi predstavljalo mjesto zastoja prometa u okolnoj mreži prometnica. Za proračun kapaciteta turbo kružnih raskrižja koristila se modificirana Bovyjeva jednadžba preporučena Smjernicama [7]:

- za lijevu traku ulaza

$$C_{E,1} = C_0 - b_m * Q_{Rm} - b_M * Q_{RM} - a_1 * Q_{UN} \quad (1)$$

- za desnu traku ulaza

$$C_{E,2} = C_0 - b_2 * Q_{RM} - a_2 * Q_{UN} \quad (2)$$

gdje je:

- $C_0=1550$ - maksimalni kapacitet voznog traka na ulazu
- Q_{Rm} - slabiji tok u kružnom kolniku
- Q_{RM} - jači tok u kružnom kolniku

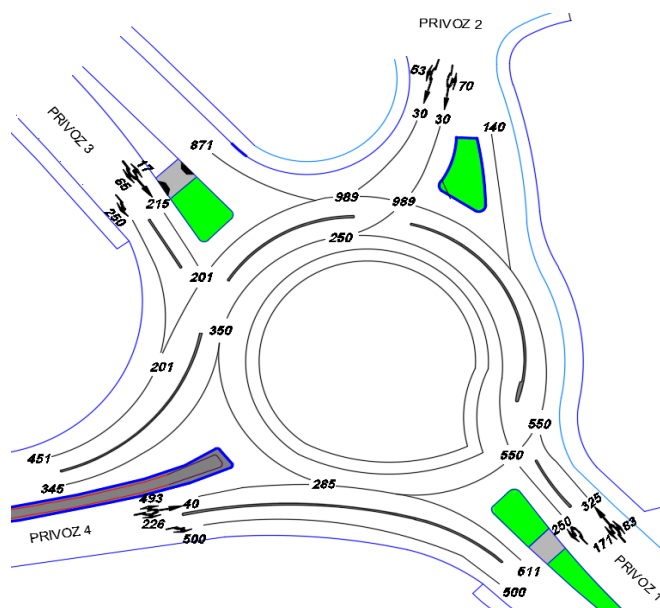
Proračun kapaciteta prikazan je u Tablici 16.

Tablica 16: Proračun kapaciteta za standardno turbo raskrižje

	maksimalni kapacitet voznog traka na ulazu	ukupno prometno opterećenje u kružnom kolniku	slabiji tok u kružnom kolniku	jači tok u kružnom kolniku	koeficijent - broj traka u kružnom		koeficijent - broj traka na izlazu		izlaz			kapacitet ulaza		stvarno opterećenje na ulazu		stupanj zasićenj	
					b_m	b_M	a_1	a_2	ukupno	bliza	dalja	lijeva	desna	lijeva	desna	lijeva	desna
privoz	C_0	Q_R	$Q_{R,m}$	$Q_{R,M}$	b_m	b_M	a_1	a_2	Q_{Ox}	Q_{Ox}	Q_{Ox}	C_{E1}	C_{E2}	C_{ubz1}	C_{ubz2}	I_L	I_D
1	1550	550	550	550	0,68	0,82	0,21	0,14	1011	326	685	1031	1053	496	333	48%	32%
2	1550	1239	496	743	0,68	0,82	0,21	0,14	140	140		574		183		32%	
3	1550	551	551	551	0,68	0,82	0,21	0,14	871	75	796	1082	1088	167	430	15%	40%
4	1550	302	117	185	0,68	0,82	0,21	0,14	796	796		1152	1287	759	500	66%	39%

Iz Tablice 16 vidljivo je da stupanj zasićenosti ne prelazi 80% što znači da ova varijanta zadovoljava u pogledu kapaciteta.

Mjerodavno prometno opterećenje za proračun kapaciteta (postojeće prometno opterećenje uvećano za porast 1% godišnje, projektni period 10g.) za koljenasto turbo kružno raskrižje vidljivo je na Slici 37.



Slika 37: Mjerodavno prometno opterećenje za proračun kapaciteta koljenastog turbo kružnog raskrižja

Proračun kapaciteta prikazan je u Tablici 17.

Tablica 17: Proračun kapaciteta za koljenasto turbo raskrižje

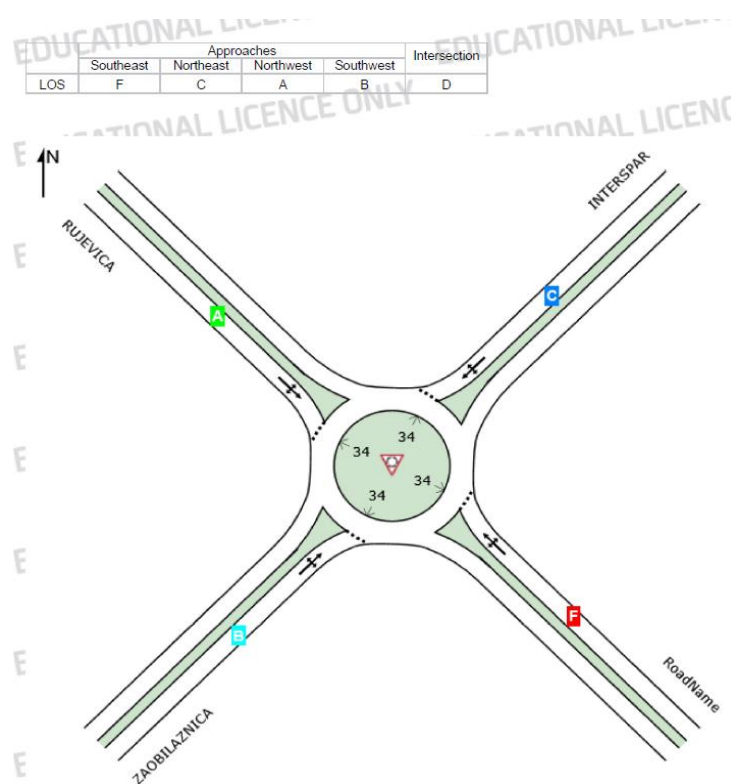
	maksimalni kapacitet voznog traka na ulazu	ukupno prometno opterećenje u kružnom kolniku	slabiji tok u kružnom kolniku	jači tok u kružnom kolniku	koeficijent - broj traka u kružnom		koeficijent - broj traka na izlazu		izlaz			kapacitet ulaza		opterećenje na ulazu		stupanj zasićenj	
					b_m	b_M	a_1	a_2	ukupno	bliza	dalja	lijeva	desna	lijeva	desna	lijeva	desna
privoz	C_0	Q_R	$Q_{R,m}$	$Q_{R,M}$	b_m	b_M	a_1	a_2	Q_{Ox}	Q_{Ox}	Q_{Ox}	C_{E1}	C_{E2}	C_{ubz1}	C_{ubz2}	I_L	I_D
1	1550	550	550	550	0,68	0,82	0,21	0,14	1011	511	500	992	1027	250	579	25%	56%
2	1550	1239	250	989	0,68	0,82	0,21	0,14	140	140		540	719	100	83	19%	12%
3	1550	551	201	350	0,68	0,82	0,21	0,14	871	871		943	1263	297	250	31%	20%
4	1550	285		285	0,68	0,82	0,21	0,14	796	345	451	1244	1550	759	500	61%	32%

Iz Tablice 17 vidljivo je da stupanj zasićenosti ne prelazi 80% što znači da i ova varijanta zadovoljava u pogledu kapaciteta.

Kod varijante 3 za proračun kapaciteta raskrižja korišten je računalni program SIDRA INTERSECTION. Prometno opterećenje (bez posebnih traka za desne skretače) prikazano je u Tablici 18.

Tablica 18: Mjerodavno opterećenje za proračun kapaciteta flower kružnog raskrižja

SMJER	1--2	1--3	1--4	2--1	2--3	2--4	3--1	3--2	3--4	4--1	4--2	4--3
VOZILA	23	325	421	70	20	60	215	17	50	150	40	493



Slika 38: Razina uslužnosti za flower kružno raskrižje

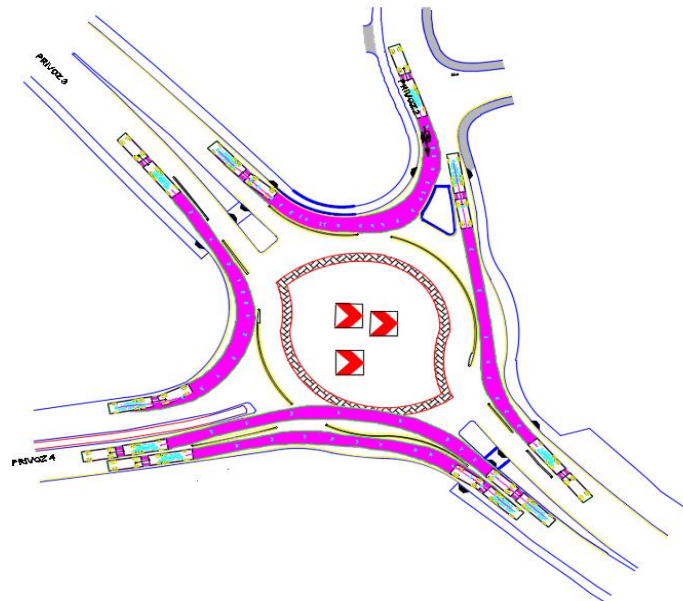
Na Slici 38 prikazane su razine uslužnosti na svim privozima.

Na Slici 38, vidljivo je da razina uslužnosti (kapacitet) nije zadovoljena na svim privozima flower kružnog raskrižja. Na privozu 1 razina uslužnosti je neprihvatljiva (F).

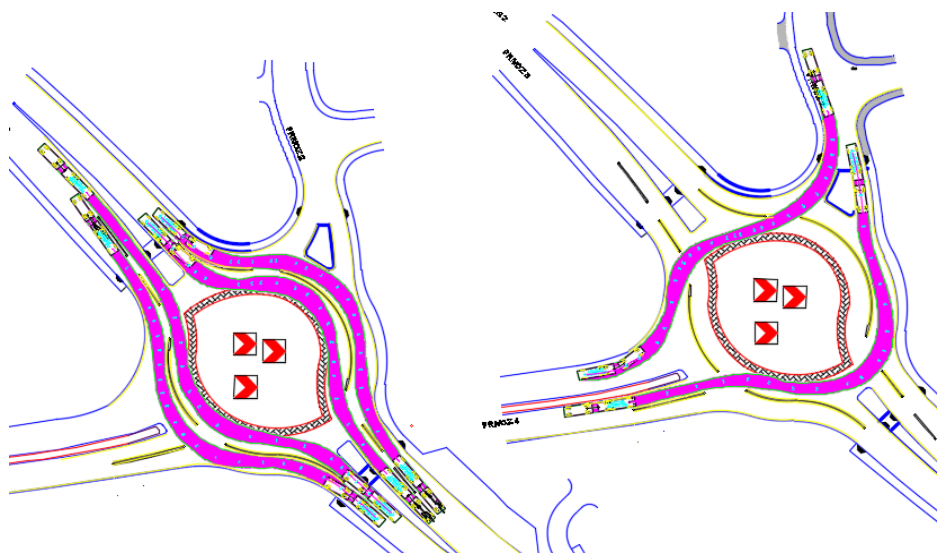
Iz prethodno navedenog, vidljivo je da Varijanta 1 i Varijanta 2 zadovoljavaju u pogledu kriterija kapaciteta raskrižja dok Varijanta 3 ne zadovoljava pretpostavljeno/buduće prometno opterećenje.

5.3 Kriterij provoznosti raskrižja

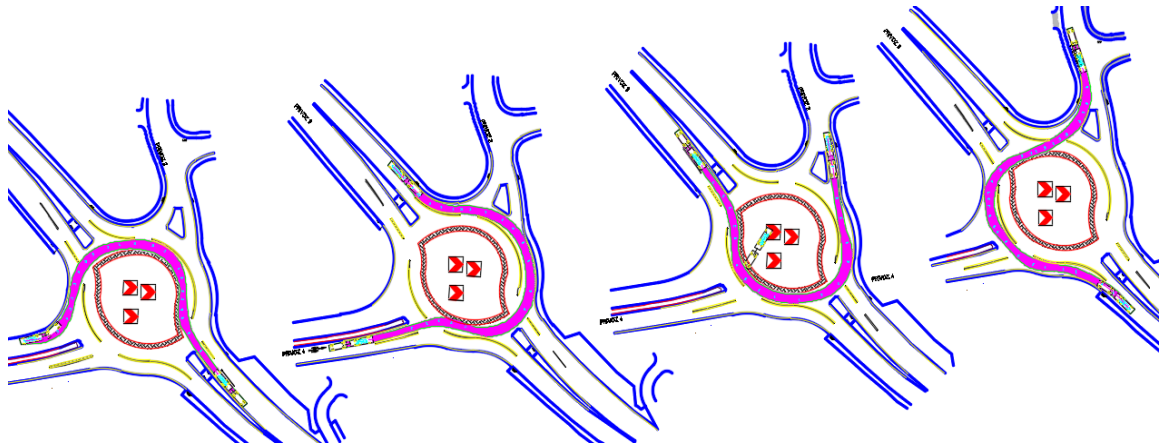
Kako bi raskrižje bilo u potpunosti funkcionalno nužno je osigurati provoznost za mjerodavno vozilo. U slučaju ovog raskrižja kao mjerodavno vozilo odabran je tegljač s prikolicom, duljine 18 m. Provoznost je provjerena za sve varijante, za sve dozvoljene smjerove (desne, ravne i lijeve). Za provjeru provoznost usvojena je sigurnosna zaštitna udaljenost od 30 cm od uzdignutih dijelova raskrižja.



Slika 39: Provoznost standardnog turbo kružnog raskrižja za desno skretanje



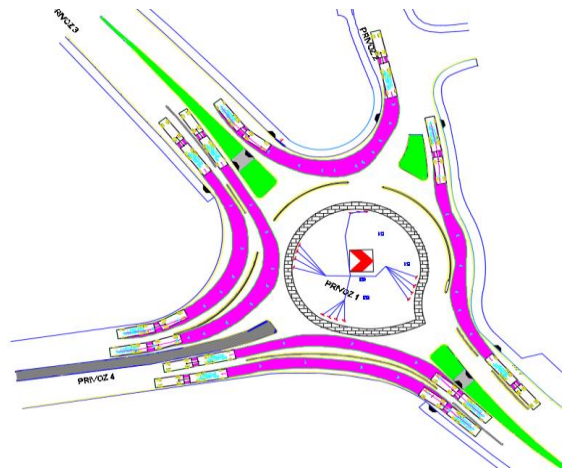
Slika 40: Provoznost standardnog turbo kružnog raskrižja za ravni smjer



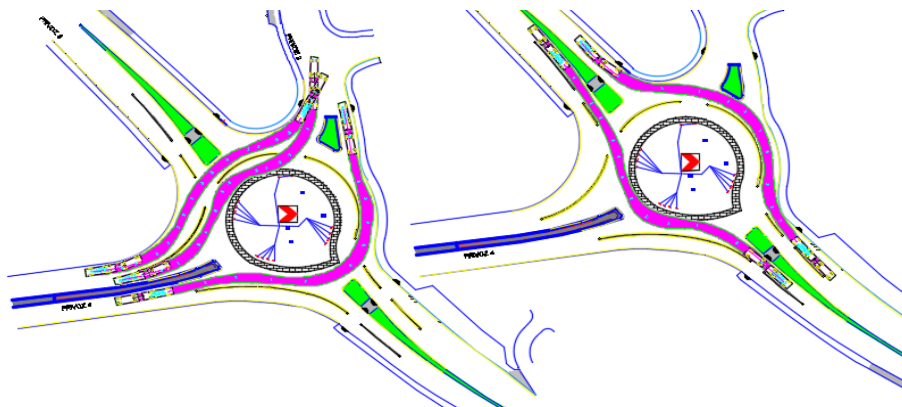
Slika 41: Provoznost standardnog turbo kružnog raskrižja za lijevo skretanje

Na Slikama 39 – 41 prikazana je provjera provoznosti korištenjem programa AutoTURN, dodatka računalnom programu AutoCAD. Iz slika je vidljivo da je provoznost zadovoljena za sve smjerove kretanja.

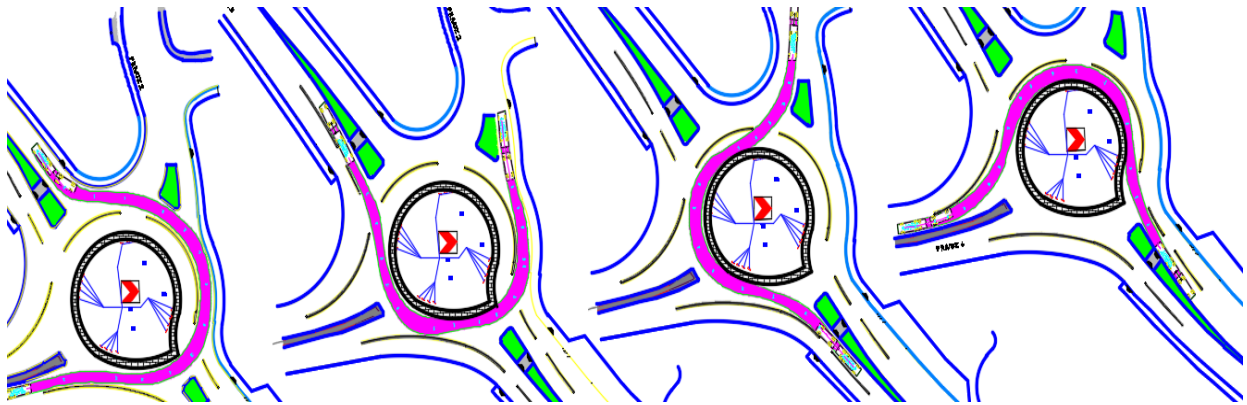
Isti postupak ponovljen je i za varijantu 2. Provoznost je prikazama na slijedećim slikama (Slika 42- 44) i vidljivo je da zadovoljava za sve smjerove kretanja.



Slika 42: Provoznost koljenastog turbo kružnog raskrižja za desno skretanje

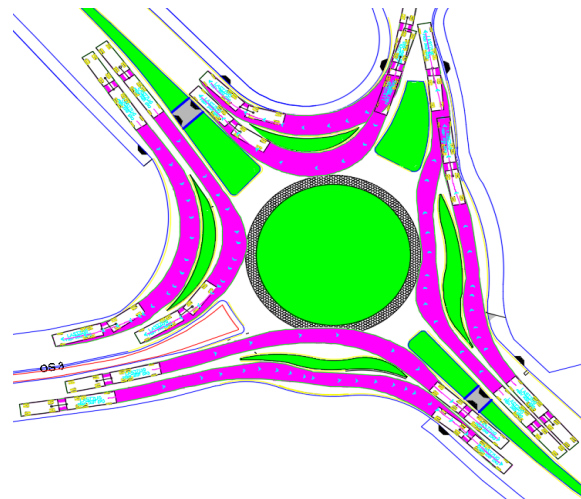


Slika 43: Provoznost koljenastog turbo kružnog raskrižja za ravni smjer

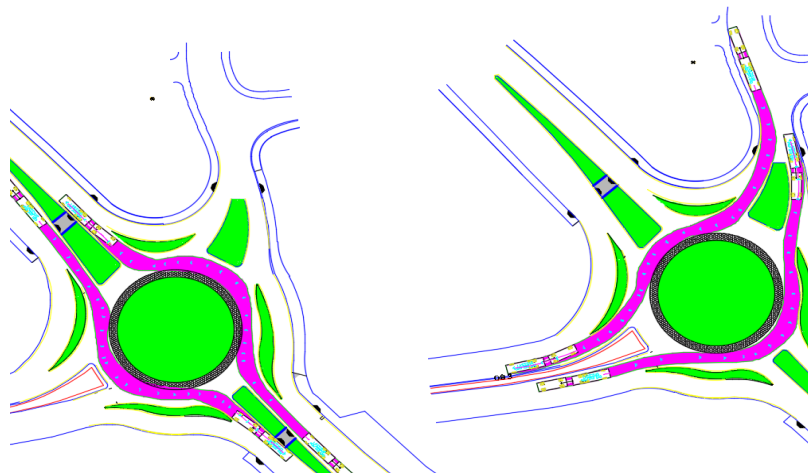


Slika 44: Provoznost koljenastog turbo kružnog raskrižja za lijevo skretanje

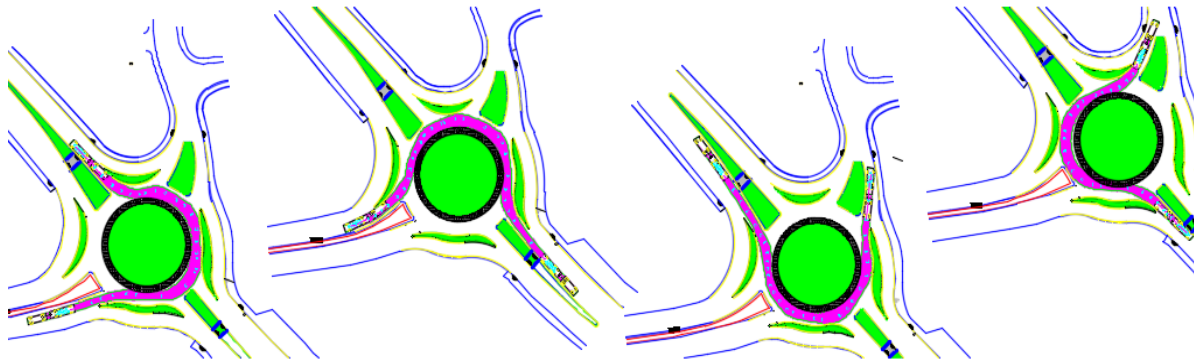
Provjera provoznosti za varijantu 3 - flower kružno raskrižje prikazana je na sljedećim slikama (Slike 45-47).



Slika 45: Provoznost flower kružnog raskrižja za desno skretanje



Slika 46: Provoznost flower kružnog raskrižja za ravni smjer



Slika 47: Provoznost flower kružnog raskrižja za lijevo skretanje

I varijanta 3 je zadovoljila kriterij provoznosti, odnosno prema ovom kriteriju, sve 3 varijante zadovoljavaju.

5.4. Kriterij provozne brzine

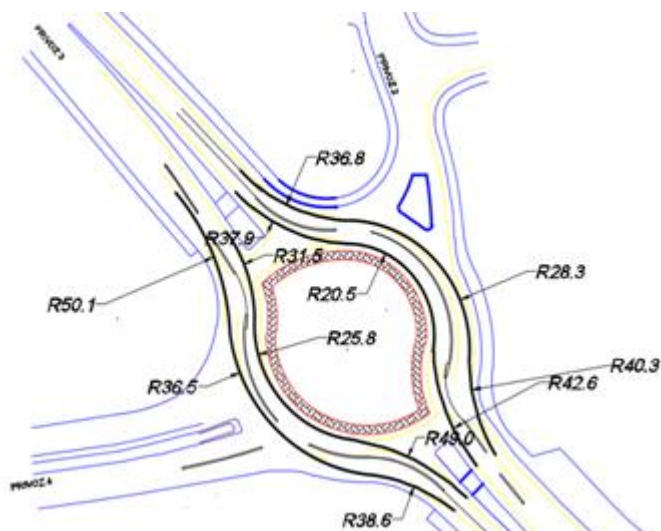
Kao posljednji kriterij za vrednovanje predloženih varijanti odabran je kriterij provozne brzine, odnosno najveće teoretske brzine kojom osobno vozilo može proći kroz kružno raskrižje. Provozna brzina u nastavku se provjeravala samo za ravni smjer kretanja jer istraživanja su pokazala da su to smjerovi na kojima se u stvarnosti javljaju najveće provozne brzine [10]. Trajektorija kretanja osobnog vozila pretpostavljena je na udaljenosti 1,5 m od uzdignutih dijelova raskrižja, na ulazu, u sredini raskrižja i na izlazu. Nakon što su aproksimirane trajektorije kretanja za sve ravne smjerove, na trajektorijama su očitani radijusi na ulazu u sredini raskrižja i na izlazu te su korištenjem izraza za brzinu (5) određene provozne brzine:

$$V=7.4*\sqrt{R_{vl}} \quad (5)$$

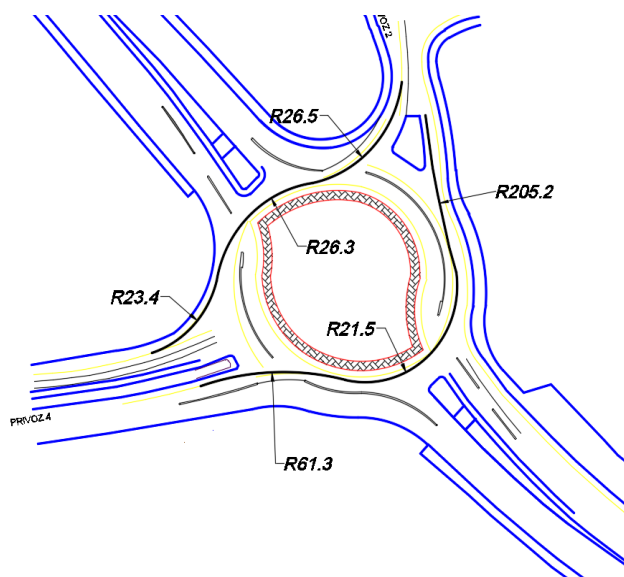
Gdje je:

- V – provozna brzina [km/h]
- R_{vl} – radijus trajektorije vozila [m]

Mjerodavni radijusi za izračun provoznih brzina očitani su iz na temelju idealnih putanja vozila za ravno kretanje. Mjerodavni radijusi za varijantu 1 prikazani su na slikama 48 i 49.



Slika 48: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 1 za ravne smjerove (iz pravca 1-3, 3-1)



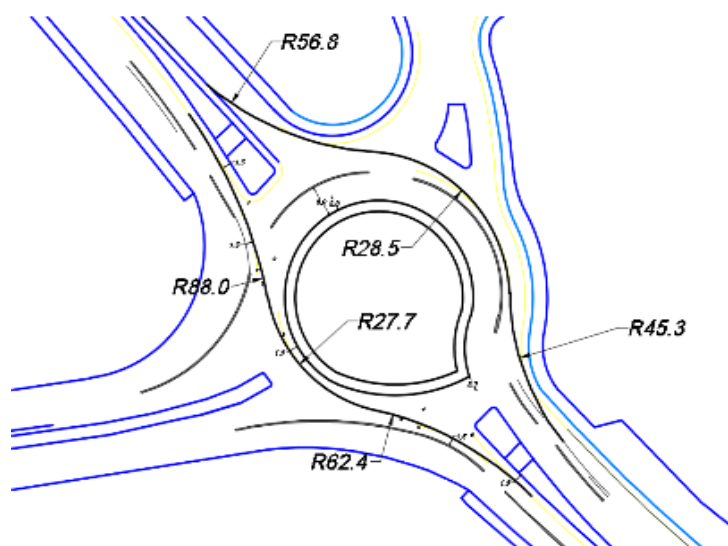
Slika 49: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 1 za ravne smjerove (iz pravca 2-4, 4-2)

Provozne brzine za Varijantu 1 prikazane su u Tablici 19.

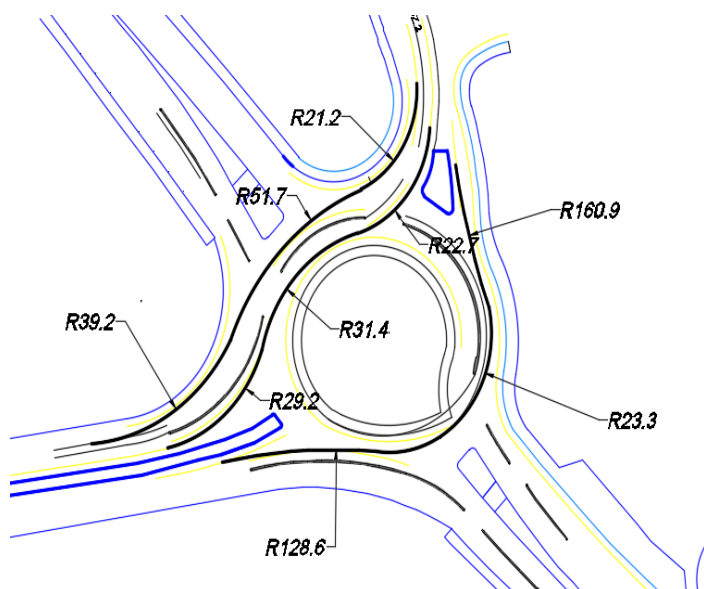
Tablica 19: Provozne brzine za Varijantu 1

SMJER	R_{v1} ulaz(m)	R_{v1} kružno(m)	R_{v1} izlaz(m)	V_{ulaz} (km/h)	$V_{kružno}$ (km/h)	V_{izlaz} (km/h)
1-3	42.6	20.5	37.9	48	34	46
1-3 vanjska	40.3	28.3	36.8	47	36	45
2-4	26.5	26.3	23.4	38	38	36
3-1	31.5	25.8	49.0	42	38	52
3-1 vanjska	50.1	36.5	38.6	53	45	46
4-2	61.3	21.5	205.2	58	34	106

Mjerodavni radijusi za varijantu 2 prikazani su na slikama 50 i 51.



Slika 50: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 2 za ravne smjerove (iz pravca 1-3, 3-1)



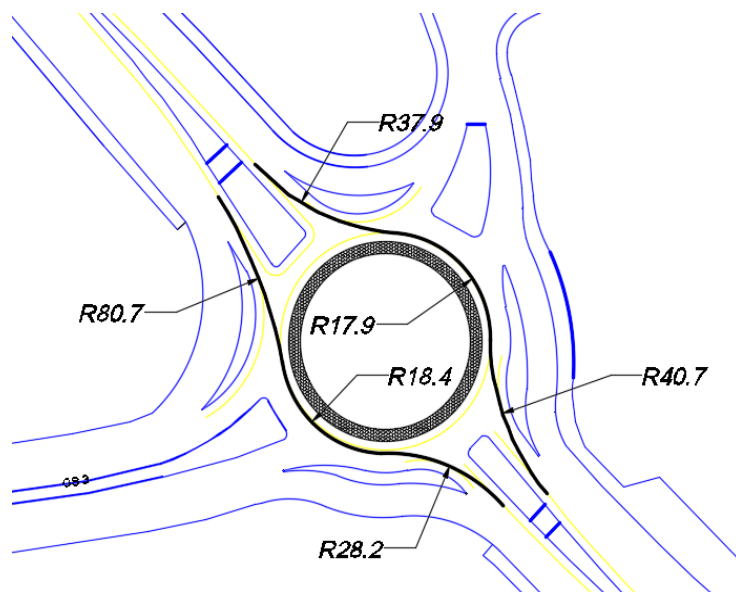
Slika 51: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 2 za ravne smjerove (iz pravca 2-4, 4-2)

Provozna brzina za ravne za Varijantu 2 prikazana je u Tablici 20.

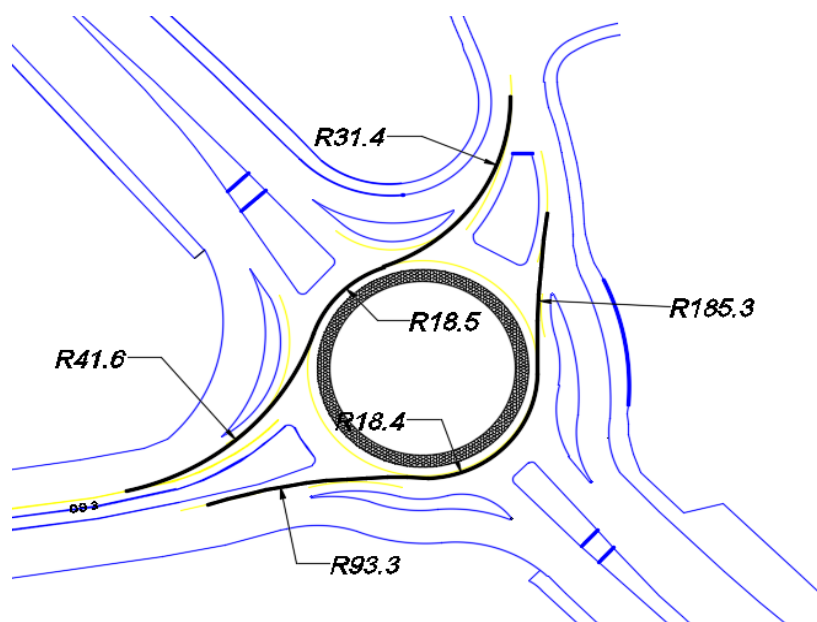
Tablica 20: Provozne brzine za Varijantu 2:

SMJER	R _{vl} ulaz(m)	R _{vl} kružno(m)	R _{vl} izlaz(m)	V _{ulaz} (km/h)	V _{kružno} (km/h)	V _{izlaz} (km/h)
1-3	45.3	28.3	56.8	50	40	56
2-4	22.7	31.4	29.2	35	42	40
2-4 vanjska	21.2	51.7	39.2	34	53	46
3-1	88.0	27.7	62.4	70	39	58
4-2	128.6	23.3	160.9	84	35	94

Mjerodavni radijusi za varijantu 3 prikazani su na slikama 52 i 53.



Slika 52: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 3 za ravne smjerove (iz pravca 1-3, 3-1)

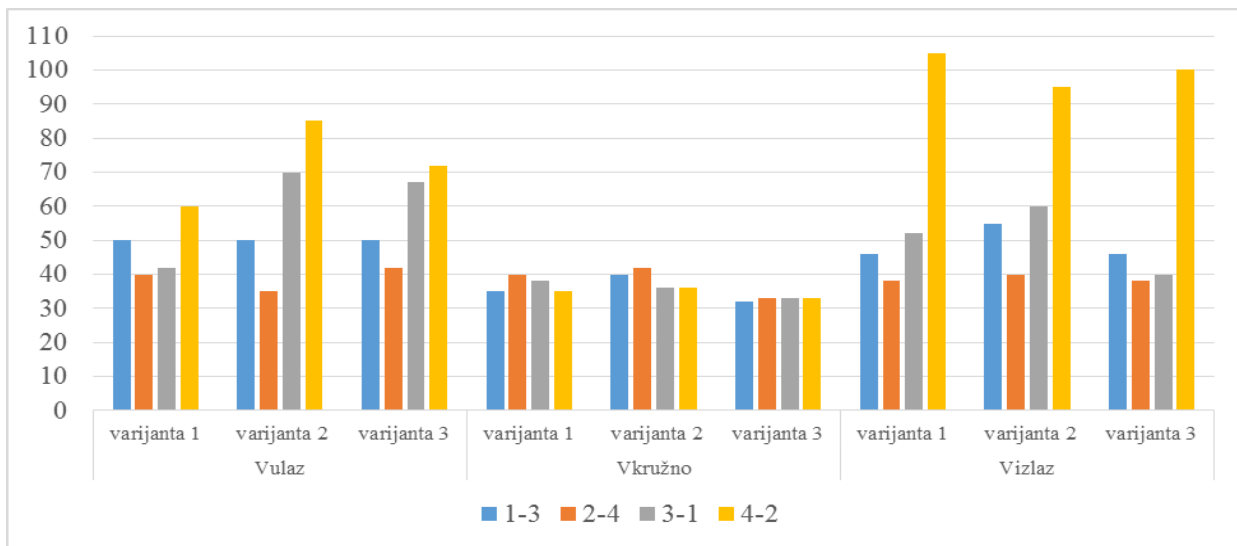


Slika 53: Mjerodavni radijusi za izračune provoznih brzina varijante 3 za ravne smjerove (iz pravca 2-4, 4-2)

Provozna brzina za ravne za Varijantu 3 prikazana je u Tablici 21.

Tablica 21: Provozne brzine za Varijantu 3:

SMJER	R_{vl} ulaz(m)	R_{vl} kružno(m)	R_{vl} izlaz(m)	V_{ulaz} (km/h)	$V_{kružno}$ (km/h)	V_{izlaz} (km/h)
1-3	40.7	17.9	37.9	47	32	46
2-4	31.4	18.5	41.6	42	32	37
3-1	80.7	18.4	28.2	66	32	39
4-2	93.3	18.4	185.3	72	33	100



Slika 54: Usporedba provoznih brzina za sve varijante za glavne smjerove kretanja

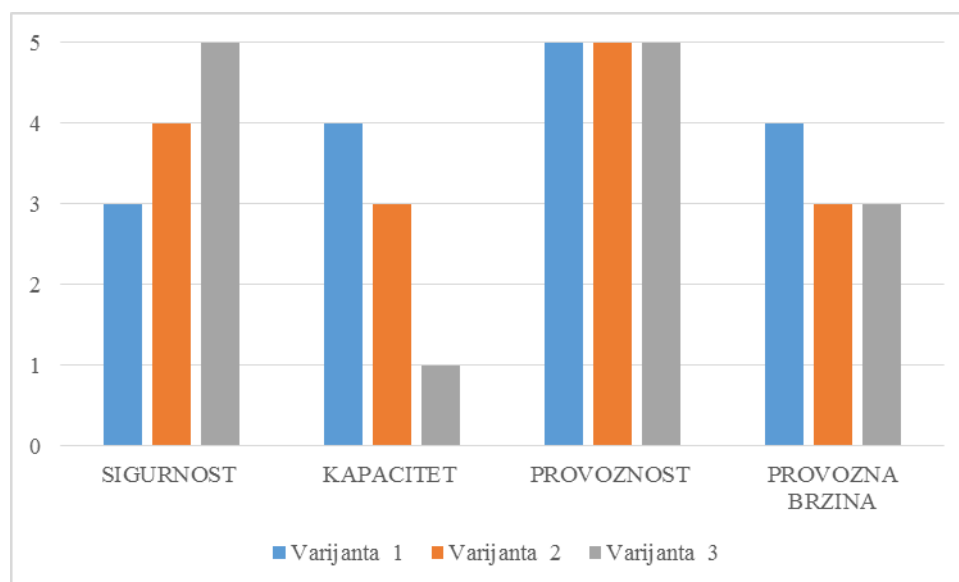
Na Slici 54 prikazana je usporedba provoznih brzina za glavne smjerove kretanja. Vidljivo je da su u slučaju Varijante 1, provozne brzine na ulazu, u sredini kružnog i na izlazu najviše ujednačene, odnosno najmanje se razlikuju provozne brzine po različitim smjerovima kretanja. Ipak, prema ovom kriteriju provozne brzine na turbo kružnim raskrižjima, kao i na flower raskrižju, ne bi smjele prelaziti 40 km/h. Vidljivo je da su u sve 3 varijante, provozne brzine na pojedinim smjerovima dosta iznad preporuke, što bi u slijedećoj fazi značilo promjenu primjenjenih geometrijskih elemenata. Kao vrlo loše rješenje u sve 3 varijante pokazao se gotovo „tangencijalni“ izlaz na privozu 2 (Interspar) na kojem su provozne brzine od 95 do 105 km/h. Uzevši u obzir da je to izlaz u blizini trgovačkog centra gdje se očekuje veći broj nemotoriziranih korisnika, ovakvo oblikovanje izlaza je potencijalno vrlo opasno.

5.5. Odabir optimalne varijante

Analiziranjem svih triju varijanti kroz navedene kriterije, moguće je svakoj varijanti za svaki kriterij dodijeliti ocjenu, i na kraju sumiranjem svih ocjena odabrati optimalno rješenje. U Tablici 22 prikazane su dodijeljene ocjene po varijantama i kriterijima. Svaki kriterij moguće je ocijeniti ocjenom od 1 do 5, pri čemu veća ocjena znači povoljniju varijantu.

Tablica 22: Vrednovanje varijanti kroz kriterije

	OCIJENE KRITERIJA OD 1 do 5				
	SIGURNOST	KAPACITET	PROVOZNOST	PROVOZNA BRZINA	UKUPNO
Varijanta 1	3	4	5	4	16
Varijanta 2	4	3	5	3	15
Varijanta 3	5	1	5	3	14



Slika 55: Usporedba ocjenjenih kriterija za svaku varijantu

Iz Tablice 22 i Slike 55 vidljivo je da je najbolju ocjenu dobila Varijanta 1 odnosno standardno turbo kružno raskrižje, dok je flower kružno raskrižje ocjenjeno kao najlošija varijanta.

6. Zaključak

Cilj ovoga rada, bilo je analiziranje postojećeg dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica, te pronalaženje optimalnog rješenja koje bi omogućilo podizanje razine sigurnosti, koja je na ovom raskrižju prema prikupljenim podacima vrlo loša. O tome svjedoči i evidencija o prometnim nesrećama iz 2017 godine koja je pokazala da se velik broj nesreća događa prilikom prestrojavanja u samom kružnom kolniku dvotračnog kružnog raskrižja. Zasiurno velik utjecaj na nastanak prometnih nesreća leži i u ljudskom faktoru, budući vozači nisu navikli na vožnju u ovakvim raskrižjima jer ih je u gradu Rijeci mali broj (samo 2) te onda vozači ulaze u raskrižje s velikom nesigurnošću.

Za potrebe analize postojećeg stanja raskrižja, na 3 privoza raskrižja postavljeni su brojači prometa (brojač nije postavljen na privozu 2 radi zanemarivih količina vozila te malih brzina). Iz podataka brojača dobivena su postojeća prometna opterećenja i brzine, kako na glavnim tako i na „sporednim“ tokovima. Analiza podataka pokazala je da su brzine u skladu sa propisima, a opterećenja veća u tjednu nego za vikende, te da se vršni satovi javljaju u vremenu od 7 do 8 sati i od 15 do 16 sati. Analizom kapaciteta na temelju postojećeg prometnog opterećenja raskrižja utvrđena je velika rezerva u kapacitetu za postojeću geometriju raskrižja, čak i za projektni period od 10 godina uz stopu rasta opterećenja 1% godišnje. Također analizirana je i preglednost postojećeg raskrižja koja je zadovoljavajuća.

Ipak kako bi se podigla razina sigurnosti na raskrižju predložena su 3 varijantna rješenja: standardno turbo-kružno raskrižje, koljenasto turbo-kružno raskrižje te flower raskrižje koja su se onda i uspoređivala prema unaprijed zadanim kriterijima: kriterij sigurnosti, kriterij kapaciteta, kriterij provoznosti i kriterij provozne brzine. Sva odabrana varijantna rješenja su alternativni tipovi kružnih raskrižja, a čija je glavna prednost nepostojanje konfliktne točke prestrojavanja u samom kružnom kolniku, koja se kod postojećeg raskrižja pokazala uzrokom nastanka velikog broja nesreća na raskrižju. Ipak prema ukupnom broju konfliktnih točaka najboljom varijantom pokazala se Varijanta 3. U nastavku analiziran je i kapacitet varijantnih rješenja gdje se pokazalo da Varijanta 3 ne zadovoljava pretpostavljeno buduće prometno opterećenja, dok Varijanta 1 ima najveću rezervu kapaciteta. S obzirom na provoznost mjerodavnog vozila sve varijante su se pokazale kao zadovoljavajuće, a s obzirom na provoznost najveću ocjenu je dobila Varijanta 1. Ukupno analizirajući sve kriterije optimalnom varijantom pokazala se Varijanta 1 odnosno standardno turbo-kružno raskrižje.

Iako su alternativni tipovi raskrižja već naveliko prisutni u Republici Hrvatskoj i susjednim zemljama, neki od tih tipova raskrižja ipak su učestaliji. Upravo je to slučaj sa standardnim turbo-kružnim raskrižjem čija rješenja su vrlo česta u slučajevima rekonstrukcije dvotračnih kružnih raskrižja, posebice u Republici Sloveniji. Za razliku od ovog tipa alternativnih raskrižja, izvedenih flower raskrižja u Republici Hrvatskoj još uvijek nema, a njihov broj ni u susjednim zemljama nije velik te je pretpostavka da je u ovom slučaju rekonstrukcije prihvatljivija opcija za izvedbu turbo-kružno raskrižje s kojim su se vozači već bili u mogućnosti sresti, te bi se na taj način moglo utjecati i na ljudski faktor koji također je značajan u slučaju nastanka prometne nesreće.

Također, u slučaju stvarne rekonstrukcije ovog raskrižja, ono što nije napravljeno u ovom radu, a svakako bi trebalo, je slijedeće:

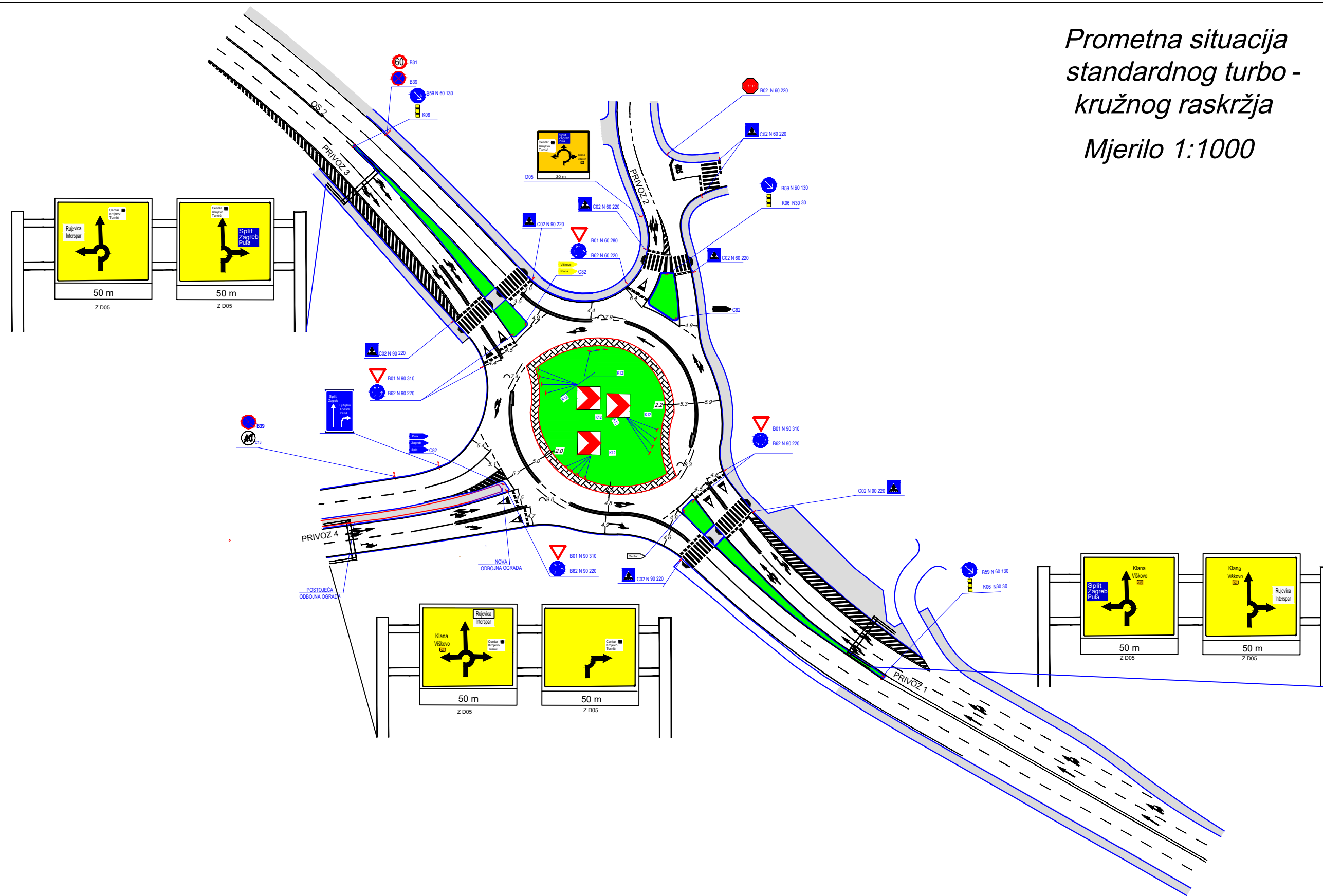
- analizirati nemotorizirani promet u vrijeme sportskih događanja na obližnjem stadionu Rujevica, odnosno porast broja pješaka na pješačkim prijelazima te utvrditi da li je razina sigurnosti za njih dostatna.
- uzeti u obzir i mogućnosti preraspodjele prometnog opterećenja s izgradnjom nove županijske ceste prema naselju Viškovo u punoj duljini i profilu.
- razmotriti i mogućnost spoja nove ceste na privoz 2 (Interspar) iz smjera Rujevice, te moguće nove distribucije prometnog opterećenja.

Sve nabrojano može značajno utjecati na funkcioniranje i razinu sigurnosti na raskrižju te ne smije u budućnosti biti zanemareno.

Literatura

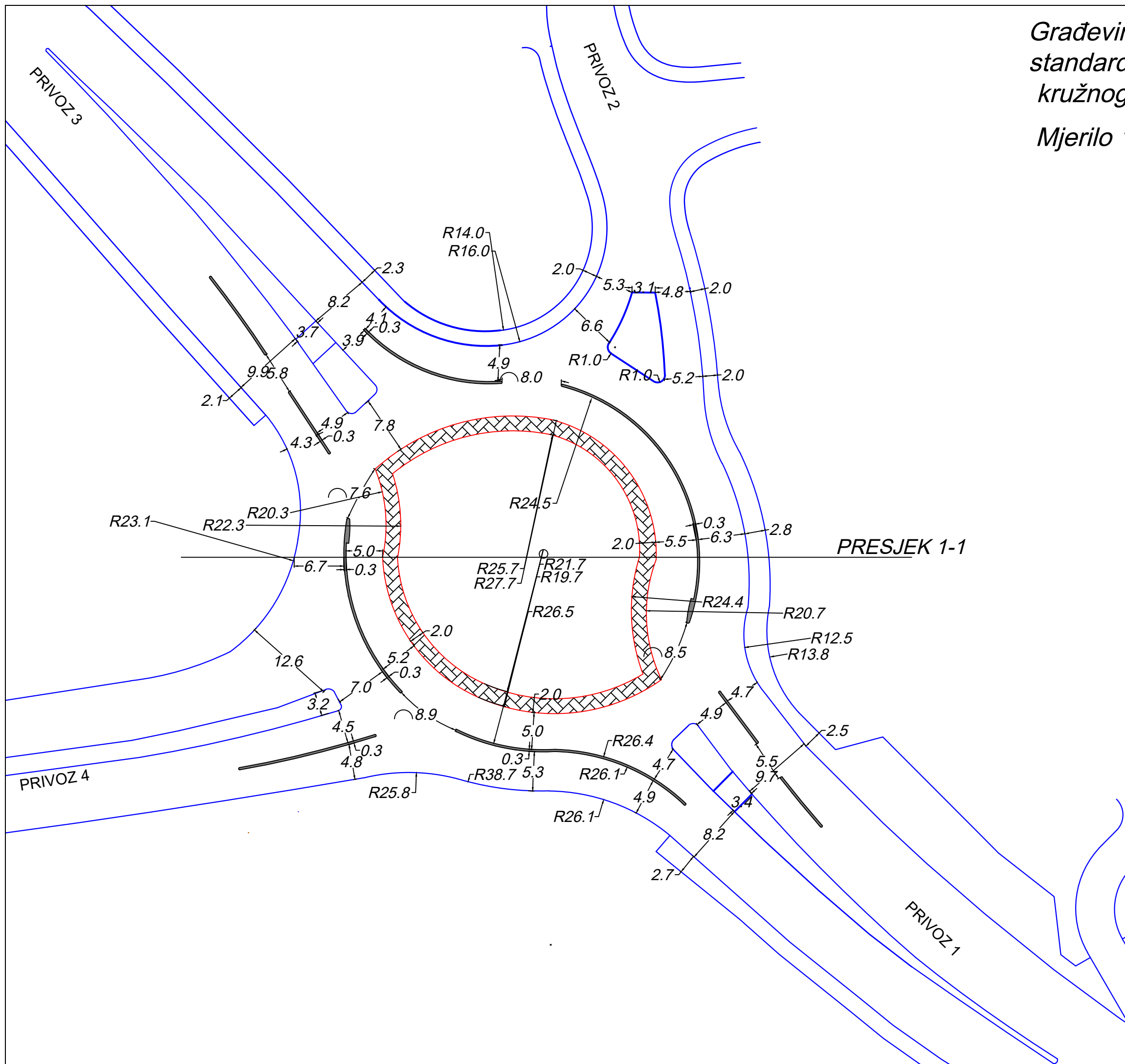
- [1] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Fakultet prometih znanosti, Zagreb, 2007
- [2] www.pfri.uniri.hr/Predavanje.7.raskrizja.ppt_
- [3] Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama; Izraditelji: izv. prof. Aleksandra Deluka-Tibljaš, mag.ing.aedif., prof. dr. Tomaž Tollazzi, mag.ing.aedif.dr.sc. Ivica Bariši, mag.ing.traff.,Sergije Babi, mag.ing.aedif. , Sanja Šurdonja, mag.ing.aedif., doc.dr. Marko Renelj, mag.ing.aedif.,Ivana Pranjić, mag.ing.aedif. Rijeka, srpanj .2014
- [4] www.google.hr/intl/hr/earth/
- [5] Priručnik za planiranje i projektovanje kružnih raskrsnica -rotor; Autor: Zoran Kenjić, dipl.ing građ.
- [6] Tomaz Tollazzi; Alternative Types of of Roundabouts 2015.
- [7] *GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE KRUŽNIH RASKRIŽJA SA SPIRALNIM TOKOM KRUŽNO KOLNIKA NA DRŽAVNIM CESTAMA*
- [8] Podaci o nesrećama MUP Primorsko-Goranske županije
- [9] Datacollect SDRtraffic
- [10] Šurdonja, S. "Numerički model provozne brzine kružnoga raskrižja (disertacija)." Zagreb: Građevinski fakultet (2017).

Prometna situacija
standardnog turbo-
kružnog raskržja
Mjerilo 1:1000



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica		Sadržaj nacrt: Prometna situacija standardnog turbo kružnog raskrižja	
Student: Ivan Rutko		Kolegij: Diplomski rad	
Mentor: Doc. dr. sc. Sanja Šurdonja	Datum: 09.2019.	Mjerilo: 1:1000	List: 1

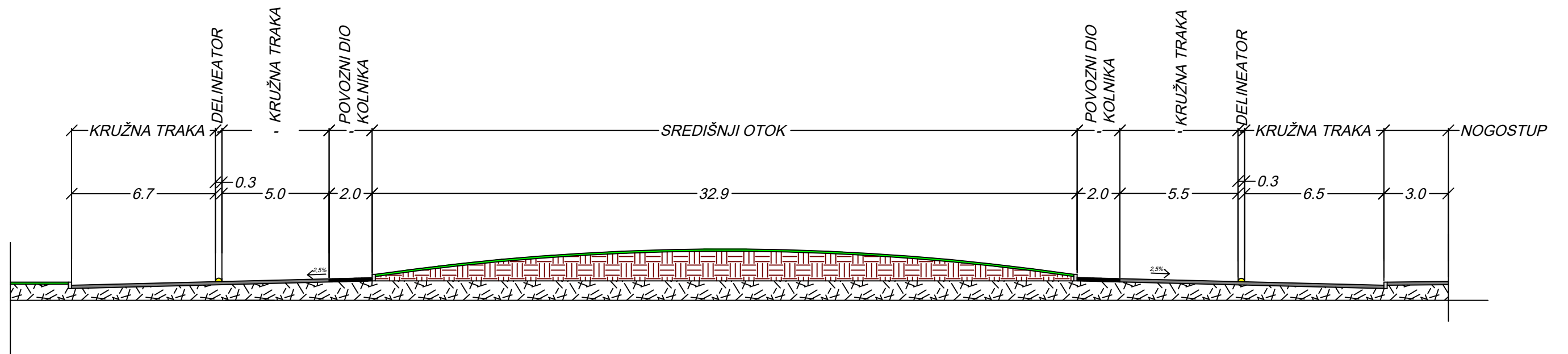
Građevinska situacija
 standardnog turbo-
 kružnog raskržja
 Mjerilo 1:500



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica		Sadržaj nacrt: Građevinska situacija standardnog turbo kružnog raskrižja	
Student: Ivan Rutko		Kolegij: Diplomski rad	
Mentor: Doc. dr. sc. Sanja Šurdonja	Datum: 09.2019.	Mjerilo: 1:500	List: 2

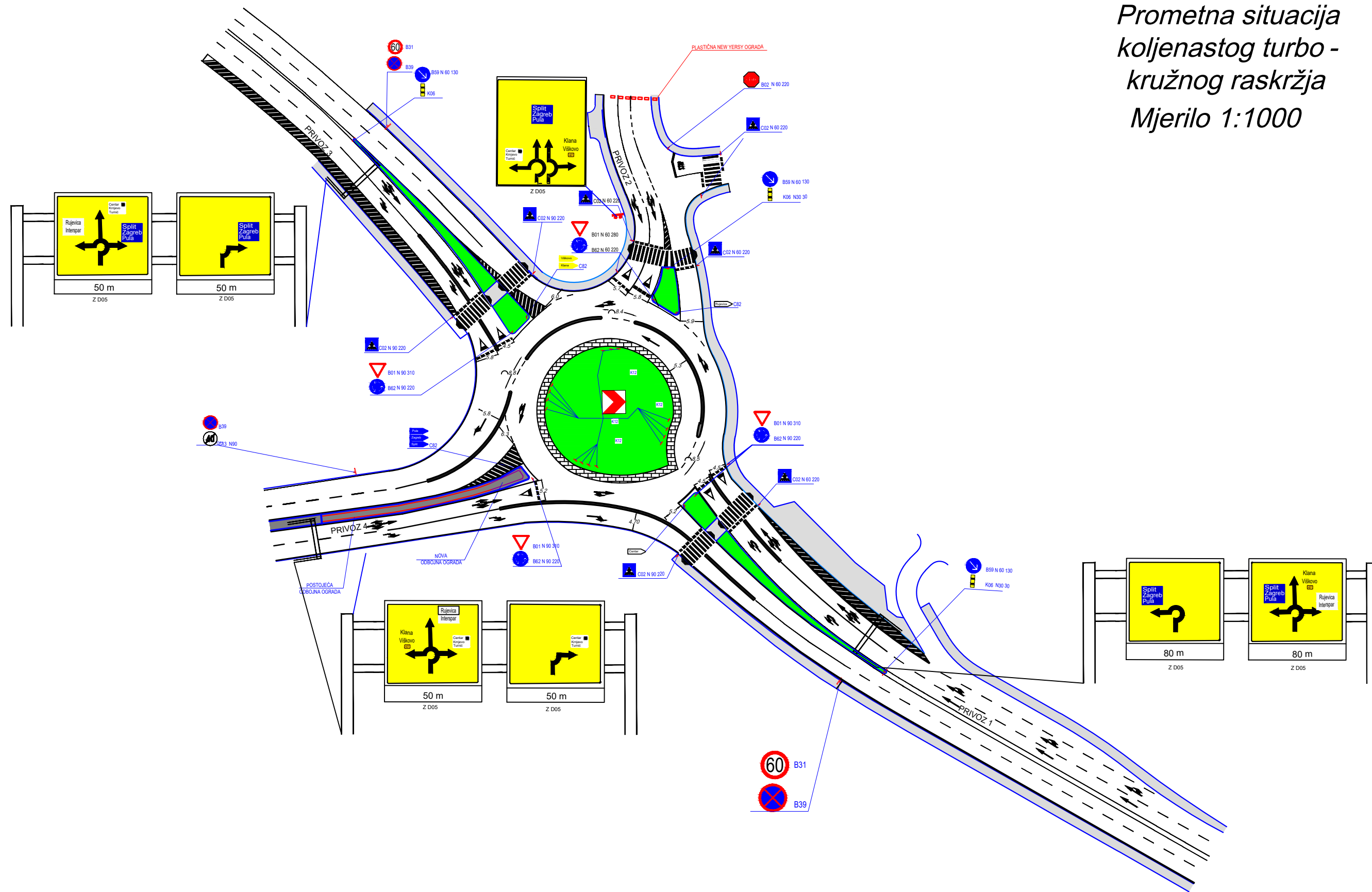
Poprečni presjek 1-1
standardnog turbo-
kružnog raskrižja

Mjerilo 1:200



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica		Sadržaj nacrt: Poprečni presjek standardnog turbo kružnog raskrižja	
Student: Ivan Rutko		Kolegij: Diplomski rad	
Mentor: Doc. dr. sc. Sanja Šurdonja	Datum: 09.2019.	Mjerilo: 1:200	List: 3

Prometna situacija
koljenastog turbo-
kružnog raskržja
Mjerilo 1:1000



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

Diplomski rad:
Varijantna rješenja
dvotračnog kružnog
raskrižja Rujevica

Sadržaj nacrt:
Prometna situacija
koljenastog turbo
kružnog raskrižja

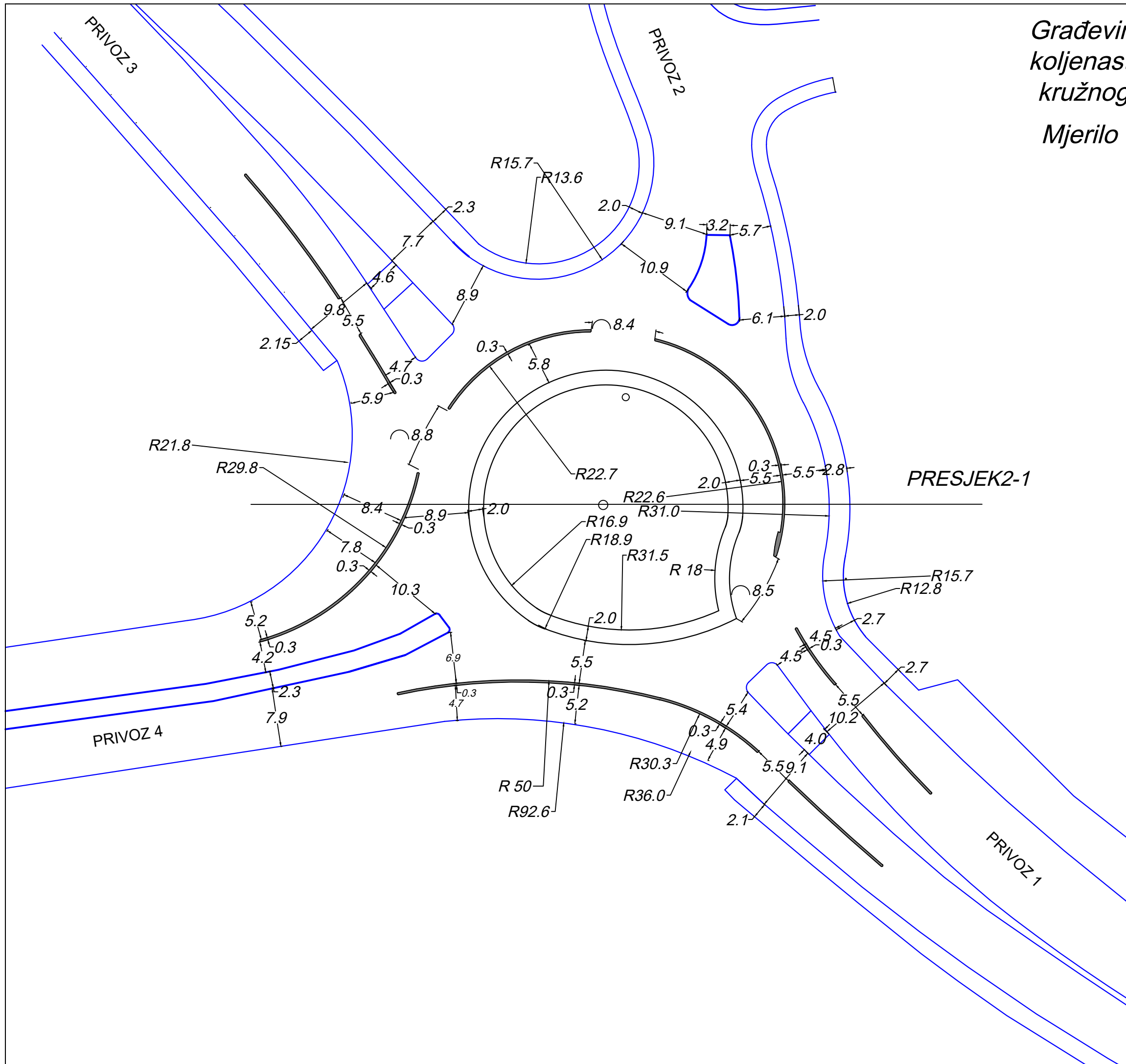
Student:
Ivan Rutko

Kolegij:
Diplomski rad

Mentor:
Doc. dr. sc. Sanja Šurdonja

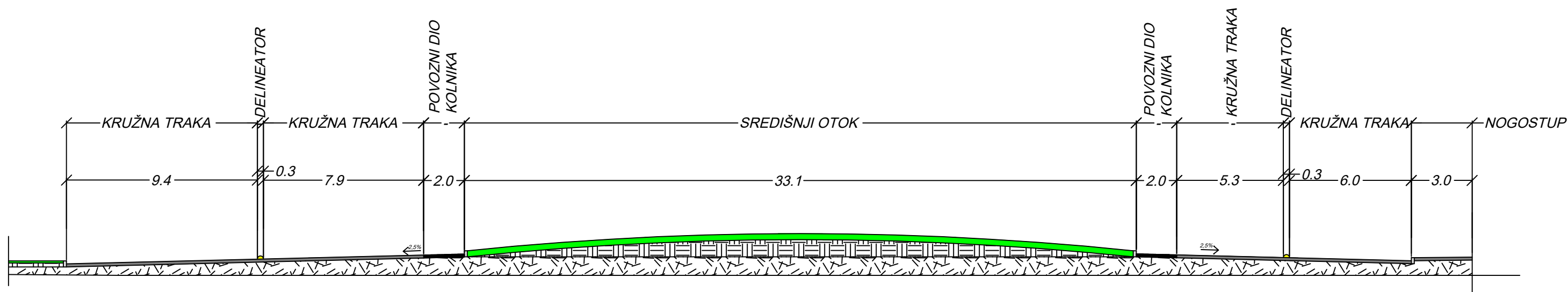
Datum: 09.2019. Mjerilo: 1:1000 List: 4

Građevinska situacija
koljenastog turbo -
kružnog raskržja
Mjerilo 1:500



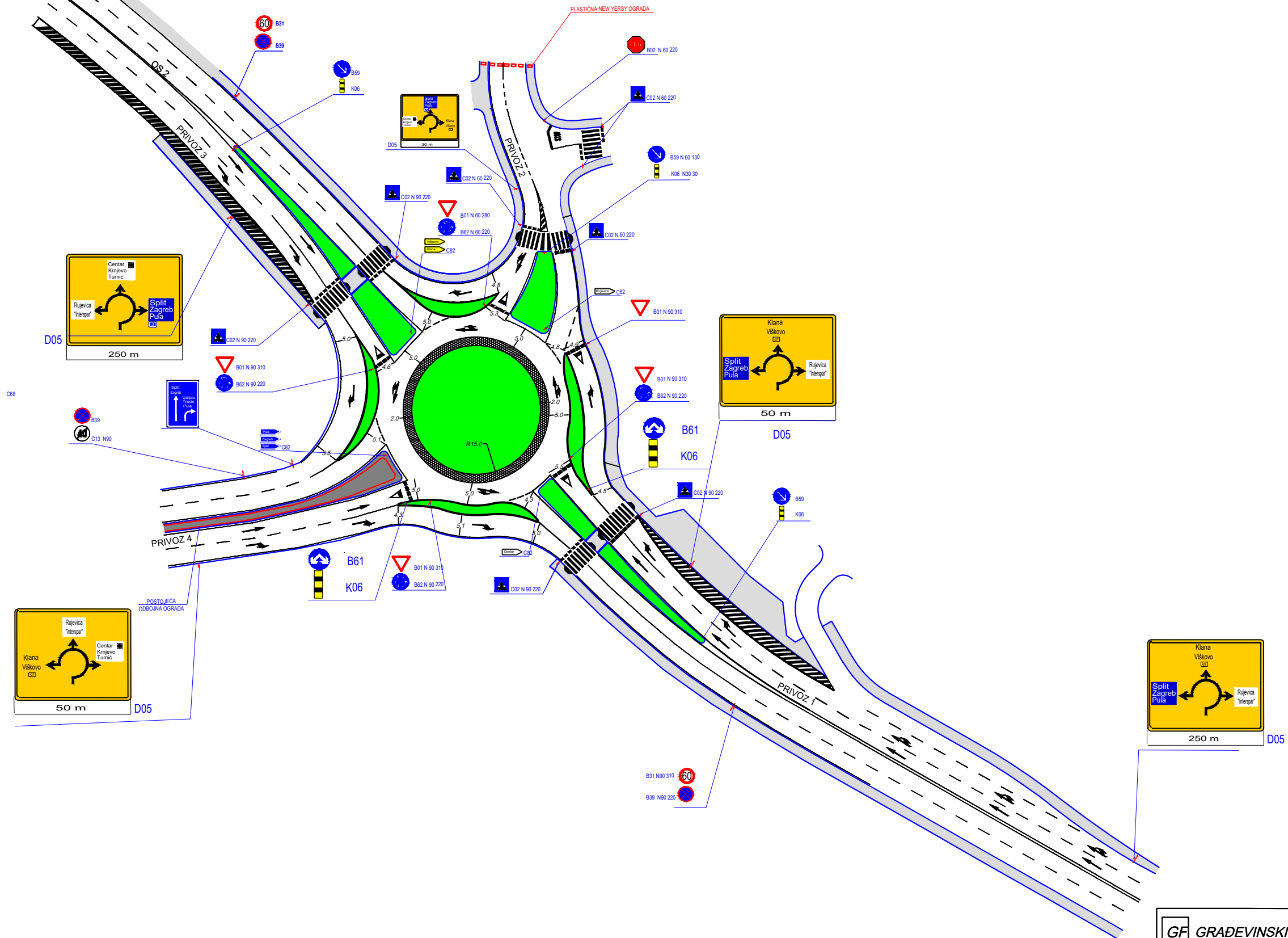
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica		Sadržaj nacrt: Građevinska situacija koljenastog turbo kružnog raskrižja	
Student: Ivan Rutko		Kolegij: Diplomski rad	
Mentor: Doc. dr. sc. Sanja Šurdonja	Datum: 09.2019.	Mjerilo: 1:500	List: 5

Poprečni presjek 2-1
koljenastog turbo-
kružnog raskrižja
Mjerilo 1:200



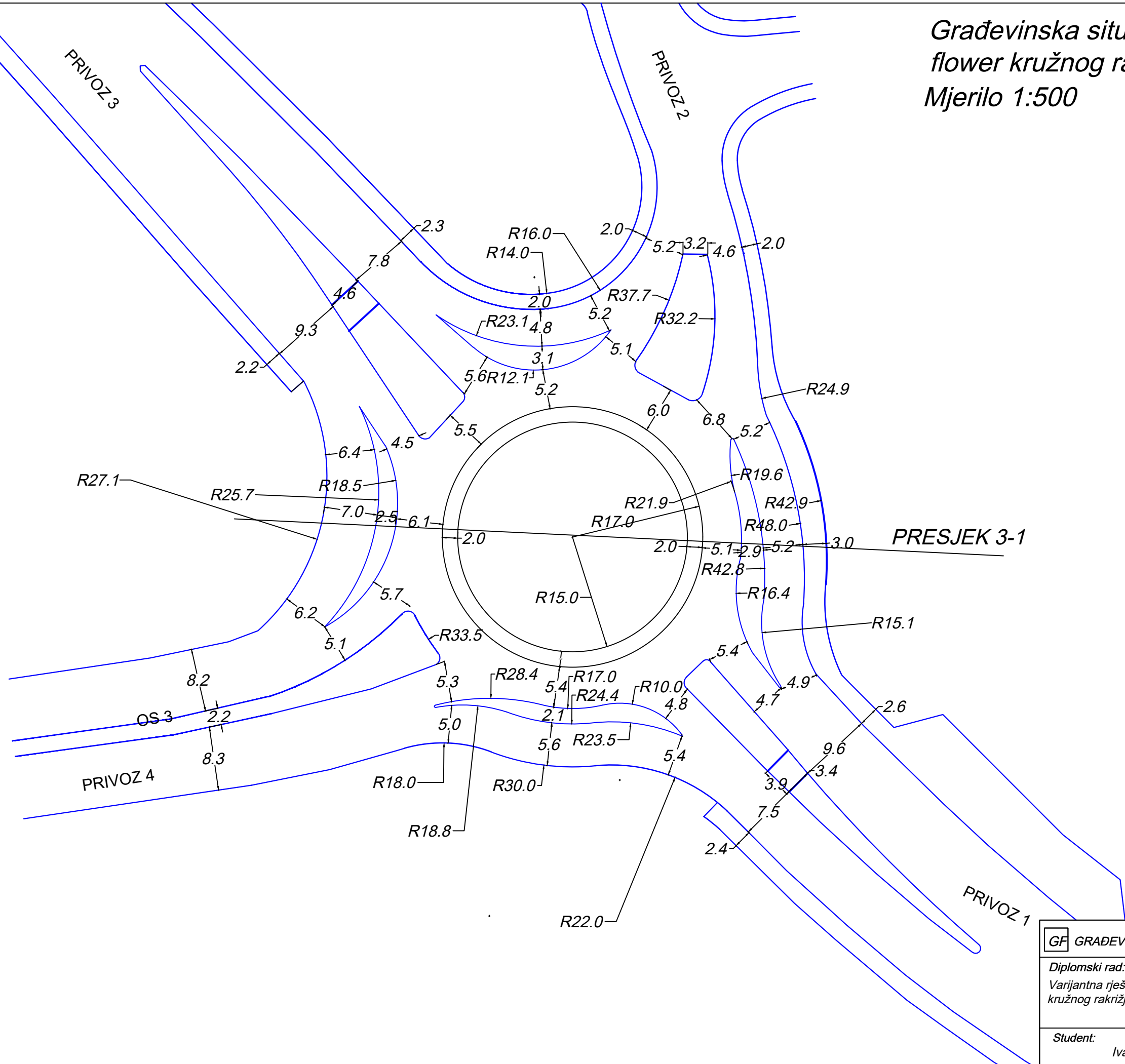
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica		Sadržaj nacrt: Poprečni presjek koljenastog turbo kružnog raskrižja	
Student: Ivan Rutko		Kolegij: Diplomski rad	
Mentor: Doc. dr. sc. Sanja Šurdonja	Datum: 09.2019.	Mjerilo: 1:200	List: 6

Prometna situacija
flower kružnog raskršća
Mjerilo 1:1000



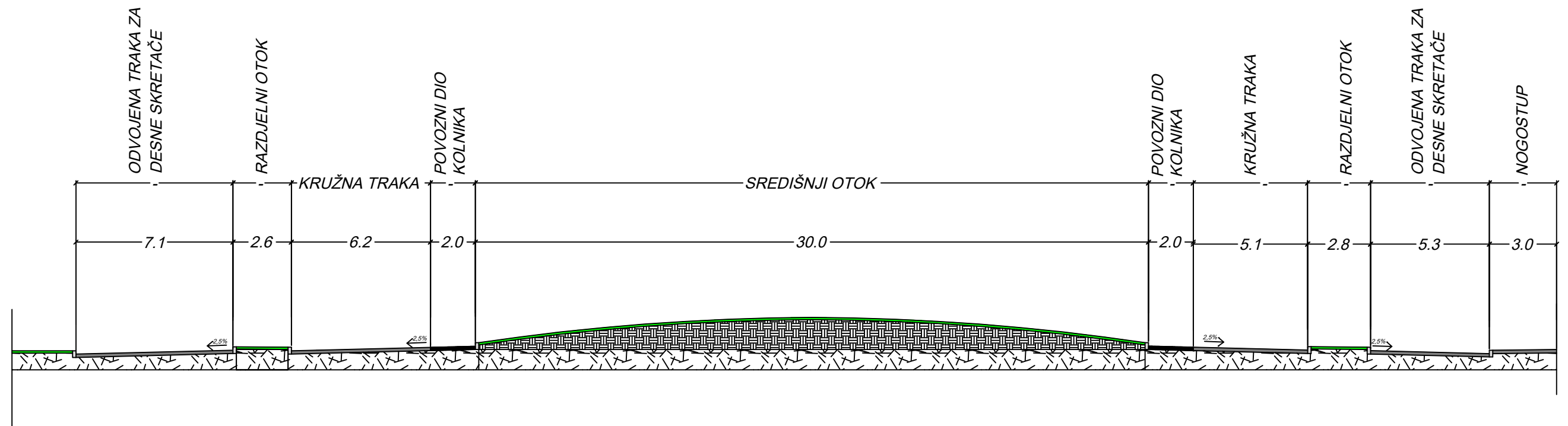
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJEČI			
Diplomski rad: Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica		Sadržaj nacrt: Prometna situacija flower kružnog raskrižja	
Student: Ivan Rutko		Kolegij: Diplomski rad	
Mentor: Doc. dr. sc. Sanja Šurdonja	Datum: 09.2019.	Mjerilo: 1:1000	List: 7

Građevinska situacija
flower kružnog raskržja
Mjerilo 1:500



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica		Sadržaj nacrt: Građevinska situacija flower kružnog raskrižja	
Student: Ivan Rutko		Kolegij: Diplomski rad	
Mentor: Doc. dr. sc. Sanja Šurdonja	Datum: 09.2019.	Mjerilo: 1:500	List: 8

Poprečni presjek flower
kružnog raskrižja
Mjerilo 1:200



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Varijantna rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica		Sadržaj nacrt: Poprečni presjek flower kružnog raskrižja	
Student: Ivan Rutko		Kolegij: Diplomski rad	
Mentor: Doc. dr. sc. Sanja Šurdonja	Datum: 09.2019.	Mjerilo: 1:200	List: 9