

Analiza i prijedlog rekonstrukcije dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica u turbo kružno raskrižje

Sigurnjak, Josip

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **The Polytechnic of Rijeka / Veleučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:125:139377>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Rijeka Digital Repository - DR PolyRi](#)



VELEUČILIŠTE U RIJECI

Josip Sigurnjak

ANALIZA I PRIJEDLOG REKONSTRUKCIJE DVOTRAČNOG KRUŽNOG RASKRIŽJA RUJEVICA U TURBO KRUŽNO RASKRIŽJE (specijalistički završni rad)

Rijeka, 2019.

VELEUČILIŠTE U RIJECI

Prometni odjel
Specijalistički diplomski stručni studij Cestovni promet

ANALIZA I PRIJEDLOG REKONSTRUKCIJE DVOTRAČNOG KRUŽNOG RASKRIŽJA RUJEVICA U TURBO KRUŽNO RASKRIŽJE (specijalistički završni rad)

MENTOR

dr. sc. Ivica Barišić, prof. v. š.

STUDENT

Josip Sigurnjak

MBS: 2429000119/17

Rijeka, lipanj 2019.

VELEUČILIŠTE U RIJECI
Prometni odjel

Rijeka, 11. 02. 2019.

ZADATAK
za specijalistički završni rad

Pristupnik: JOSIP SIGURNJAK

MBS: 2429000119/17

Studentu specijalističkog stručnog studija Promet izdaje se zadatak završni rad –
tema završnog rada pod nazivom:

**ANALIZA I PRIJEDLOG REKONSTRUKCIJE DVOTRAČNOG KRUŽNOG
RASKRIŽJA RUJEVICA U TURBO KRUŽNO RASKRIŽJE**

Sadržaj zadatka:

U radu obraditi područje o kružnim raskrižjima, te osnovnim značajkama standardnih kružnih raskrižja, te dvotračna i turbo kružna raskrižja. Analizirati zakonsku regulativu vezanu za područje primjene kružnih raskrižja. U praktičnom dijelu rada izvršiti analizu postojećeg stanja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica u Rijeci. Na temelju provedene analize dati prijedlog rekonstrukcije dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica u turbo kružno raskrižje.

Preporuka:

Rad obraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Veleučilišta u Rijeci.

Zadano: 11. 07. 2019 .

Predati do: 15. 07. 2019.

Mentor:

Pročelnik odjela:

dr.sc. Ivica Barišić, prof.v.š.

dr. sc. Ivica Barišić, prof.v.š.

Zadatak primio dana: 05. 02. 2018.

Josip Sigurnjak
(Josip Sigurnjak)

Dostavlja se:

- mentoru
- pristupniku

IZJAVA

Izjavljujem da sam specijalistički završni rad pod naslovom „ANALIZA I
**PRIJEDLOG REKONSTRUKCIJE DVOTRAČNOG KRUŽNOG
RASKRIŽJA RUJEVICA U TURBO KRUŽNO RASKRIŽJE**“ izradio
samostalno pod nadzorom i uz stručnu pomoć mentora dr. sc. Ivica Barišić,
prof. v. š.

Josip Sigurnjak

Josip Sigurnjak
(potpis studenta)

Zahvala

Prije svega zahvaljujem se svojem mentoru dr. sc. Ivici Barišiću, prof. v. š. na ukazanom povjerenju, razumijevanju, trudu, savjetima, ali prije svega znanju koje sam stekao tijekom cjelokupnog studiranja, a posebno tijekom izrade ovog rada.

Veliko hvala ide prema predavaču Damiru Pilepiću koji mi je velikodušno pomogao u izradi ovog rada i predavaču Veljku Pevaleku koji mi je svojim savjetima uvelike pomagao da se ovaj rad ostvari, ali i više od toga, pokazao mi je principe korištenja programskih alata za simuliranje prometa i dodatno me zainteresirao za to područje.

Zahvaljujem i svim drugim profesorima na njihovom radu kroz protekle godine, zahvaljujem se i svim kolegama s kojima sam dijelio studentske klupe na svim lijepim trenucima tijekom studija, a posebice se zahvaljujem kolegama, a sada prijateljima Arianni Čučuković i Dariu Barešu koji su mi također pomogli u izradi ovog rada.

I za kraj, najviše zahvaljujem svojim roditeljima koji su mi bili motivacija i podrška tijekom studiranja.

Josip

SAŽETAK

U završnom radu prikazana je analiza postojećeg stanja i prijedlog rekonstrukcije dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica u turbo kružno raskrižje. Predmetno raskrižje se nalazi u gradu Rijeci, u neposrednoj blizini izlaza na riječku obilaznicu (A7) i trgovačkog centra Interspar. U odnosu na klasična dvotračna kružna raskrižja, turbo kružna raskrižja imaju odvojene prometne trake unutar kružnog raskrižja čime se umanjuju mogućnosti konflikata između vozila koja se nalaze unutar kružnog raskrižja i vozila koja ulaze u kružno raskrižje. U analizi postojećeg stanja utvrđeno je postojeće prometne opterećenje i sigurnost odvijanja prometa na temelju broj konfliktnih točaka i prometnih nesreća. Pri izradi turbo kružnog raskrižja korištene su *Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama* gdje se kroz odabrana poglavlja prikazao postupak izrade turbo kružnog raskrižja. Također, na temelju tih *Smjernica* se postavila prometna signalizacija i oprema. Provjera provoznosti turbo kružnog raskrižja na temelju kamiona s prikolicom je napravljena u programu *Vehicle Tracking* koji je dodatak programu *Auto CAD*. Na kraju rada je provedena analiza opravdanosti primjene predloženog rješenja propisana od strane *Smjernica za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama*. Dodatno, u potpoglavlju *kriterij propusnosti* u analizi opravdanosti, navedeni kriterij je analiziran u programskom alatu *PTV Vissim*.

Ključne riječi: dvotračno kružno raskrižje, turbo kružno raskrižje, raskrižje Rujevica, rekonstrukcija, kriterij.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Predmet istraživanja.....	1
1.2. Svrha i ciljevi istraživanja.....	1
1.3. Struktura rada.....	2
2. OPĆENITO O KRUŽNIM RASKRIŽJIMA.....	4
2.1. Počeci primjene prvih kružnih raskrižja	4
2.2. Značajke standardnih kružnih raskrižja	6
2.2.1. Podjela kružnih raskrižja.....	8
2.2.1. Posebnosti kružnih raskrižja.....	8
2.2.2. Prednosti kružnih raskrižja.....	9
2.2.3. Nedostaci kružnih raskrižja	10
2.3. Dvotračna kružna raskrižja	10
2.3.1. Osnovne karakteristike dvotračnih kružnih raskrižja.....	12
2.3.2. Prometna sigurnost na dvotračnim kružnim raskrižjima.....	13
2.3.3. Pravila vožnje u dvotračnom kružnom raskrižju.....	19
3. KRUŽNA RASKRIŽJA SA SPIRALNIM TOKOM KRUŽNOG KOLNIKA – TURBO KRUŽNA RASKRIŽJA.....	21
3.1. Osnovni pojmovi.....	23
3.2. Počeci primjene turbo kružnog raskrižja	24
3.3. Karakteristike turbo kružnih raskrižja	29
3.4. Uvjeti za primjenu turbo kružnog raskrižja	31
3.5. Tipovi turbo kružnih raskrižja	32
3.6. Prometna signalizacija i oprema turbo kružnih raskrižja.....	36
3.7. Turbo kružna raskrižja u Hrvatskoj	40

4. REGULATIVA ZA KRUŽNA RASKRIŽJA U REPUBLICI HRVATSKOJ	49
4.1. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama.....	50
4.2. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama	52
5. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA DVOTRAČNOG KRUŽNOG RASKRIŽJA RUJEVICA	53
5.1. Lokacija raskrižja.....	55
5.2. Opis raskrižja	57
5.2.1. Privoz 1 – Ulica Antuna Kosića Rika	58
5.2.2. Privoz 2 – Interspar	60
5.2.3. Privoz 3 – Viškovo.....	61
5.2.4. Privoz 4 – Obilaznica	63
5.3. Analiza prometnog opterećenja	64
5.4. Analiza sigurnosti odvijanja prometa na raskrižju Rujevica	73
5.4.1. Analiza konfliktnih točaka na raskrižju Rujevica	73
5.4.2. Analiza prometnih nesreća na raskrižju Rujevica	75
6. PRIJEDLOG REKONSTRUKCIJE DVOTRAČNOG KRUŽNOG RASKRIŽJA RUJEVICA U TURBO KRUŽNO RASKRIŽJE.....	78
6.1. Projektno – tehnički elementi turbo kružnog raskrižja	78
6.1.1. Polumjeri turbo kružnog raskrižja.....	78
6.1.2. „Turbo blok“	84
6.1.3. Položaj translacijske osovine i provjera položaja „turbo bloka“	85
6.1.4. Središnji razdjelni otok na priključnoj cesti	87
6.1.5. Prijelazi za pješake	89
6.1.6. Središnji otok.....	90
6.1.7. Specifični projektni elementi – delineator i „špica“	91
6.2. Prometna signalizacija i oprema turbo kružnog raskrižja.....	93

6.3. Provjera provoznosti mjerodavnog vozila kroz turbo kružno raskrižje.....	95
6.4. Provjera opravdanosti primjene prometnog rješenja s turbo kružnim raskrižjem	96
6.4.1. Funkcionalni kriterij	97
6.4.2. Prostorno – urbanistički kriterij.....	98
6.4.3. Prometni kriterij (kriterij prometnog toka).....	99
6.4.4. Projektno – tehnički kriterij.....	99
6.4.5. Kriterij prometne sigurnosti	101
6.4.6. Kriterij propusnosti	102
6.4.6.1. Dvotračno kružno raskrižje – rezultati simulacije.....	103
6.4.6.2. Turbo kružno raskrižje – rezultati simulacije.....	105
6.4.6.3. Usporedba rezultata i ocjena	107
6.4.7. Okolišni kriterij	110
6.4.8. Ekonomski kriterij.....	111
6.4.9. Provjera ispunjavanja kriterija – Vrednovanje opravdanosti primjene turbo kružnog raskrižja	112
7. ZAKLJUČAK	115
LITERATURA	117
POPIS SLIKA.....	122
POPIS TABLICA	126
POPIS GRAFIKONA	127
POPIS PRILOGA.....	128

1. UVOD

Raskrižja predstavljaju dijelove cestovne infrastrukture gdje se spajaju dvije ili više prometnica, a prometni tokovi se spajaju, razdvajaju, presijecaju ili prepliću te dolazi do promjene smjerova kretanja vozila što dovodi do konfliktne situacije i problema vezano za propusnu moć raskrižja i same sigurnosti odvijanja prometa na raskrižju. Postoji više vrsta raskrižja, od semaforiziranih i nesamforiziranih te raskrižja sa kružnim tokom prometa koji je predmet ovog završnog rada. Raskrižje sa kružnim tokom prometa ili jednostavnog naziva kružno raskrižje, predstavlja moderan način rješavanja sve većeg prometa u urbanim i izvan urbanim sredinama gdje se njegovom primjenom nastoji poboljšati propusna moć i povećati sigurnosti odvijanja prometa na raskrižju.

1.1. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja završnog rada je dvotračno kružno raskrižje Rujevica. Navedeno raskrižje je smješteno na sjeverozapadnom dijelu grada Rijeke i predstavlja glavnu poveznicu na riječku obilaznicu te stoga veliki broj vozila prolazi kroz predmetno raskrižje iz tog dijela grada. Kako je kružno raskrižje dvotračno, bez odvojenih kružnih prometnih trakova, dogodilo se veliki broj prometnih nesreća gdje je najviše zabilježeno bočnih sudara (oduzimanje prednosti) uslijed nepropisnog prestrojavanja, te se stoga nameće potreba rekonstrukcije predmetnog raskrižja u turbo kružno raskrižje čime bi se povećala sigurnost odvijanja prometa na predmetnom raskrižju.

1.2. Svrha i ciljevi istraživanja

Svrha istraživanja je usporediti dvotračno kružno raskrižje i turbo kružno raskrižje. Dvotračna kružna raskrižja su dobra rješenja u slučaju kada se želi postići veća propusna moć, međutim, sa većim brojem vozila na dvotračnom kružnom raskrižju javlja se problem sigurnosti u vidu nepoštivanja pravo prednosti prolaska, odnosno oduzimanje prednosti vozilima. Kako bi se navedeno spriječilo, pojavila su se turbo kružna raskrižja koja imaju odvojene prometne trake unutar kružnog raskrižja i manji broj konfliktnih točaka u odnosu na dvotračna kružna raskrižja.

Cilj istraživanja je da se kroz analizu postojećeg stanja raskrižja Rujevica sa aspekta prometnog opterećenja i sigurnosti odvijanja (usporedba konfliktnih točaka postojećeg i novog stanja raskrižja i broja prometnih nesreća) i korištenje *Smjernica za projektiranje raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama*, daje idejni prijedlog turbo kružnog raskrižja na Rujevici čijom bi se rekonstrukcijom smanjile konfliktne točke u odnosu na dvotračno kružno raskrižje i povećala bi se sigurnost odvijanja prometa na predmetnom raskrižju.

1.3. Struktura rada

Završni rad je strukturiran u ukupno sedam međusobno povezanih dijelova, koji predstavljaju jednu homogenu i transparentnu cjelinu.

U početnom dijelu ovog rada, **Uvodu**, razrađeni su predmet te svrha i ciljevi istraživanja, a predstavljena je struktura cjelokupnog završnog rada.

U drugom poglavlju s naslovom **Općenito o kružnim raskrižjima**, govori se općenito o kružnim raskrižjima, počecima njihove primjene te osnovnim značajkama standardnih kružnih raskrižja. Osim standardnih, prikazana su i dvotračna kružna raskrižja, njihove osnovne karakteristike, prometna sigurnost i pravila vožnje u dvotračnom kružnom raskrižju.

U trećem poglavlju s naslovom **Kružna raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika – turbo kružna raskrižja**, prikazuje se kroz određeni broj potpoglavlja osnovne karakteristike kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika odnosno turbo kružna raskrižja.

U četvrtom poglavlju s naslovom **Regulativa za kružna raskrižja u Republici Hrvatskoj**, kroz dva dodatna potpoglavlja prikazuje se regulativa koja se koristi pri primjeni kružnih raskrižja u Republici Hrvatskoj.

U petom poglavlju s naslovom **Analiza postojećeg stanja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica**, analizira se lokacija te se opisuje raskrižje sa aspekta prometne infrastrukture i prometne signalizacije i opreme. Dodatno se analizira prometno opterećenje i sigurnosti odvijanja prometa na temelju konfliktnih točaka i prometnih nesreća.

U šestom poglavlju s naslovom **Prijedlog rekonstrukcije dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica u turbo kružno raskrižje**, prikazuje se kroz određeni broj potpoglavlja postupak izrade idejnog rješenja turbo kružnog raskrižja.

U završnom dijelu ovog rada, **Zaključku**, se na kraju razmatraju navedene činjenice iznesene u završnom radu i daje osobno mišljenje autora rada i mogući prijedlozi. Na kraju rada nalazi se popis bibliografskih jedinica korištenih u izradi završnog rada, te popis slika, tablica i grafikona korištenih u izradi završnog rada.

2. OPĆENITO O KRUŽNIM RASKRIŽJIMA

Raskrižja se mogu opisati kao točke u cestovnoj mreži u kojima se povezuju dvije ili više cesta, a prometni tokovi se spajaju, razdvajaju, križaju ili prepliću. Zbog prometnih radnji i mogućih konflikata koji se ne pojavljuju na otvorenim potezima ceste, na raskrižjima su izrazito naglašeni problemi propusnosti i sigurnosti prometa. Raskrižja u mreži javnih cesta pojavljuju se u više oblikovanih modaliteta, a općenito se mogu razvrstati na raskrižja u jednoj ili više razina, raskrižja s kružnim tokom i kombinirana raskrižja. (Legac, 2008., 1.)

2.1. Počeci primjene prvih kružnih raskrižja

Prvu ideju kruženja vozila u jednom smjeru je predložio William Phelps Eno za *Columbus Circle* u gradu New York 1903. godine. Druga kružna mjesta su postojala i prije 1903. godine, međutim oni su izgrađeni prvenstveno kao arhitektonska mjesta sa dvosmjernim kretanjem vozila. Primjena jednosmjernog kruženja vozila za *Columbus Circle* se ostvarila u studenom 1904. godine. Raskrižja s kružnim tokom prometa koje je Eno predlagao su često imali relativno male središnje otoke koji su se sastojali samo od željeznog diska, promjera 1,5 m ili manje u promjeru sa postavljenim električnim svjetlima i reflektorima sa strane. (Bared et al., 1998., 9.)

Slika 1. Columbus Circle New York – nekad i danas



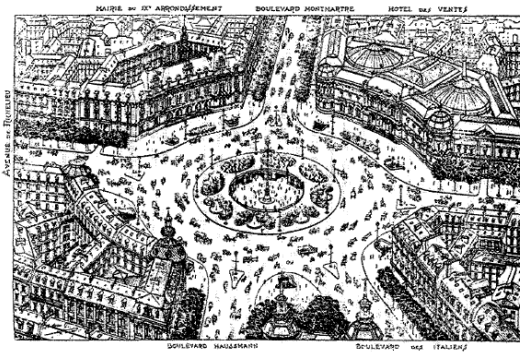
1912

2012

Izvor: Obrada autora prema <http://thebirdfeednyc.com/2012/09/08/then-and-now-columbus-circle/>, 25. 2. 2019.

Eugene Henard, arhitekt grada Pariza je 1906. godine predložio „gyratory sustav“ ili okretni sustav (koncept kruženja vozila u jednom smjeru) za neka veća raskrižja u gradu Parizu. (Bared et al., 1998., 9.)

Slika 2. Gyratory sustav na raskrižju „Grands Boulevards“ u Parizu



Izvor: Bared et al., 1998., 11.

U Parizu je 1907. godine otvoreno prvo kružno raskrižje u Francuskoj u Palace l'Etoile, današnja Place Charles de Gaulle, u kojoj se slijevalo 12 ulica. Nastala je debata oko toga tko je prvi osmislio ideju kruženja: Henard ili Eno, ali se čini da su do nje došli svatko zasebno. Do 1910. godine je izgrađeno još nekoliko kružnih raskrižja u Parizu prema Henard-ovim nacrtima. Za razliku od Eno-a, Henard je smatrao da centralni radijus mora imati minimalni promjer od 8 m u odnosu na Eno-ovog manjeg željeznog diska od 1,5 m. (Bared et al., 1998., 9.)

Slika 3. Place Charles de Gaulle u Parizu



Izvor: <http://wordsruntogether.com>, 26. 2. 2019.

Kružna raskrižja nisu imala poseban značaj u cestovnom prometu sve do pedesetih godina prošlog stoljeća, kada su u Velikoj Britaniji uveli pravilo da vozila unutar kružnog toka imaju prednost pred nadolazećim vozilima. To je bila prekretnica u razvoju kružnih raskrižja i nakon toga je kružnim raskrižjima pridodavano sve veće značenje, pa se procjenjuje da ih je 1999/2000, godine u svijetu bilo oko 35 000, od čega u Francuskoj 12 000. (Legac, 2008., 87.)

2.2. Značajke standardnih kružnih raskrižja

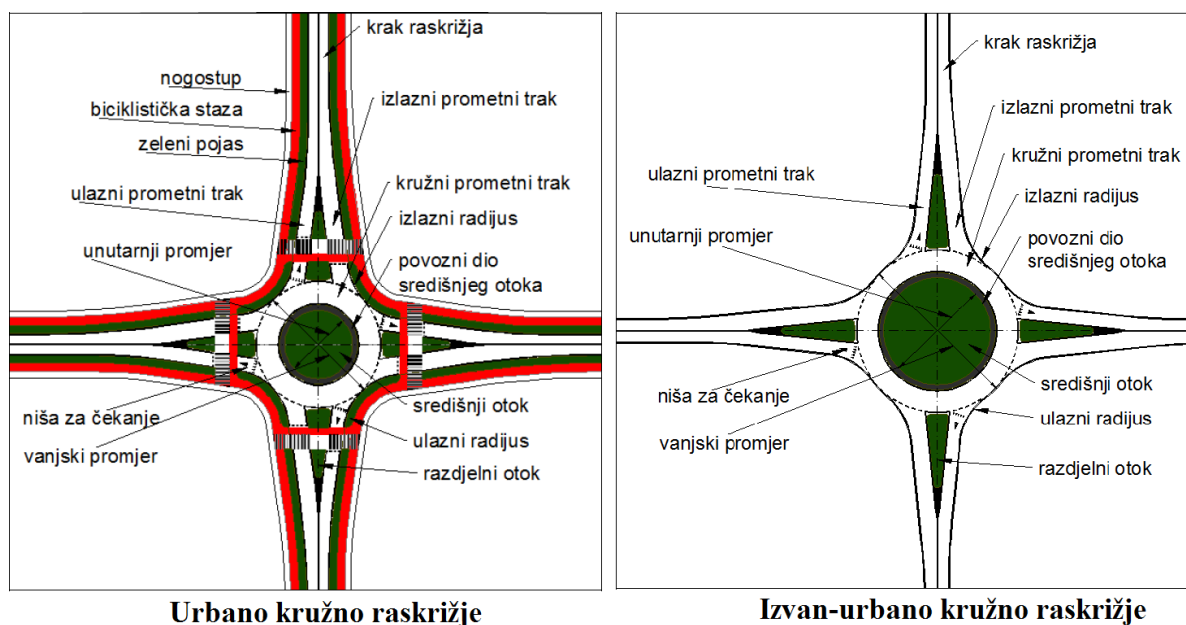
Kružno raskrižje je kanalizirano raskrižje kružnog oblika s neprovoznim, djelomično provoznim ili provoznim središnjim otokom i kružnim prometnim kolnikom, na koji se vežu tri ili više priključnih cesta i u kojem se promet odvija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu. (Tollazzi, 2007., 93.)

Osnovni dijelovi kružnog raskrižja su (Tollazzi, 2007., 93-94.):

- **privoz** (priključna cesta ili prometni trakovi na objema stranama uzdignutog ili samo tlocrtnom signalizacijom označenog razdjelnog otoka, koji suprotni ili jednosmjerni promet (ulaz – izlaz) vode prema kružnom raskrižju ili iz kružnog raskrižja);
- **kružni kolnički trak ili kružni kolnik** (kolnički trak kružnog oblika, po kojemu voze vozila oko središnjeg otoka u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu. Vozila u kružnom toku, u pravilu, imaju prednost pred vozilima koja ulaze u kružno raskrižje);
- **središnji otok** (uzdignuta fizička prepreka kružnog, elipsastog ili drugog prometno prikladnog oblika, postavljena u sredini kružnog raskrižja, koja sprječava vožnju ravno i ograničuje kružno raskrižje na unutarnjoj strani);
- **provozni dio središnjeg otoka** (dio središnjeg otoka koji zajedno s kružnim kolnikom omogućuje vožnju kroz kružno raskrižje dugim vozilima. Od kružnog prometnog traka se građevinski razlikuje po upotrijebljenom materijalu i boji (npr. granitne kocke);
- **vanjski promjer** (promjer vanjskog (najvećeg) kruga kružnog raskrižja odnosno promjer vanjskog ruba kružnog kolnika);
- **unutarnji promjer** (promjer središnjeg otoka, odnosno unutarnjeg ruba kružnog kolnika);

- **prilaz – ulaz** (dio priveza u kojem se prilazni prometni trak ulijeva u kružni tok. Prilaz može biti izveden u obliku lijevka ili trokuta. u području prilaza moraju vozila usporiti vožnju ili se zaustaviti, što ovisi o tome postoji li dostatan razmak među vozilima u kružnom toku);
- **izlaz** (područje kružnog raskrižja na kojemu vozila napuštaju kružno raskrižje);
- **dio privoza za čekanje** (prostor između unutarnjeg ruba označenoga pješačkog prijelaza i vanjskog ruba kružnog kolničkog traka; vozila ga na ulazu koriste za čekanje na prihvatljivu vremensku prazninu u kružećem toku, kako bi se mogla uključiti u njega);
- **ulazni polumjer** (polumjer desnog ruba kolnika na izlazu iz kružnog raskrižja koji usmjeruju iz kružnoga prometnom traku);
- **izlazni polumjer** (uzdignuti dio kružnog raskrižja koji ograničava ulaz u kružno raskrižje i izlaz iz kružnog raskrižja, usmjerava vozila u pravilno ulaženje u kružno raskrižje i izlaženje iz kružnog raskrižja i omogućuje veći stupanj sigurnosti pješaka i biciklista prilikom prelaženja preko kraka kružnog raskrižja. Oblik razdjelnog otoka ovisi o veličini kružnog raskrižja);

Slika 4. Osnovni elementi urbanog i izvan-urbanog kružnog raskrižja



Izvor: Obrada autora prema Deluka-Tibljaš et al., 2014., 9-10.

2.2.1. Podjela kružnih raskrižja

Kružna raskrižja se mogu razvrstati po više mjerila/kriterija, a uobičajena je podjela po lokaciji i veličini, po broju privoza i prometnim trakovima, po svrsi ili namjeni i sl. (Legac, 2008., 89.)

U tablici 1. prikazana su kružna raskrižja razvrstanih po lokaciji, veličini (vanjski polumjer) i okvirnom propusnom moći.

Tablica 1. Tipovi kružnih raskrižja i vanjski polumjeri

Tip kružnog raskrižja	Alokacija	Vanjski polumjer (m)	Okvirna propusna moć [voz/dan]
Mini kružno	u naselju	7 – 12,5	10.000
Malo (jednotračno)	u naselju	11,00 – 17,50	15.000
Srednje veliko (jednotračno)	u naselju	15,00 – 20,00	20.000
Srednje veliko (jednotračno)	izvan naselja	17,50 – 22,50	22.000
Srednje veliko (dvotračno)	u naselju i izvan naselja	20 – 35	25.000
Veliko višetračno	izvan naselja	>35	>35.000

Izvor: Obrada autora prema Barišić, 2014., 108.

2.2.1. Posebnosti kružnih raskrižja

Posebnosti jednotračnih kružnih raskrižja, po kojima se ona razlikuju od uobičajenih raskrižja u razini, jesu (Deluka-Tibljaš et al., 2014., 11.):

- kružna raskrižja su raskrižja s kombinacijom prekinutog i neprekinutog prometnog toka;
- prvenstvo prolaza na kružnim raskrižjima imaju vozila u kružnom toku u odnosu na vozila na prilazima u raskrižje;
- vozilo na ulazu u kružno raskrižje se, u slučaju slobodnog kružnog toka, ne zaustavlja već smanjenom brzinom ulazi u kružni tok što ima pozitivan učinak na okoliš (niže razine ispušnih plinova i buke) i kapacitet ovoga tipa raskrižja;

- kružna raskrižja, bez obzira na tip i način izvedbe, omogućavaju vožnju samo malim brzinama i s velikim skretnim kutom prednjih kotača;
- za pješake i bicikliste u kružnim raskrižjima vrijede jednaka pravila kao i u drugim raskrižjima;
- u kružnim raskrižjima je zabranjena (a i nepotrebna) vožnja unatrag;
- dugim vozilima je tijekom vožnje kružnim tokom dopušteno koristiti i prošireni dio kružnog kolničkog traka (provozni dio središnjeg otoka) dok za druga vozila malih dimenzija za to nema potrebe.

2.2.2. Prednosti kružnih raskrižja

Prednosti jednotračnih kružnih raskrižja pred ostalim raskrižjima u razini su, prije svega, u njihovim sljedećim osobinama (Deluka-Tibljaš et al., 2014., 11.):

- znatno veća sigurnost prometa (manji broj konfliktnih točaka nego na klasičnim izravno kanaliziranim raskrižjima u jednoj razini, ne postoje konfliktne točke križanja i preplitanja, manje brzine pri eventualnom sudaru s pješacima, nemogućnost vožnje kroz kružno raskrižje bez smanjenje brzine...);
- niža razina buke i emisija ispušnih plinova motornih vozila;
- manje posljedice prometnih nezgoda (nema čeonih sudara i sudara pod pravim kutom);
- mogućnost propuštanja prometnih tokova velikih jakosti;
- kraće čekanje na prilazima (neprekinutost vožnje);
- manje zauzimanje prostora (nepotrebni su prometni trakovi za lijevo i desno skretanje) pri jednakoj propusnoj moći – kao kod raskrižja u jednoj razini sa trakama za skretače uz istu razinu uslužnosti;
- dobro rješenje za raskrižja s približno jednakim prometnim opterećenjem na glavnom i sporednom prometnom smjeru;
- dobro rješenje kao mjera za smirivanje prometa u urbanim sredinama;
- mogućnost dobrog uklapanja u okolni prostor, odnosno uređenje kružnog raskrižja;
- povoljniji utjecaj na okoliš u odnosu na semaforizirana raskrižja.

2.2.3. Nedostaci kružnih raskrižja

Nedostaci kružnih raskrižja su (Deluka-Tibljaš et al., 2014., 12.):

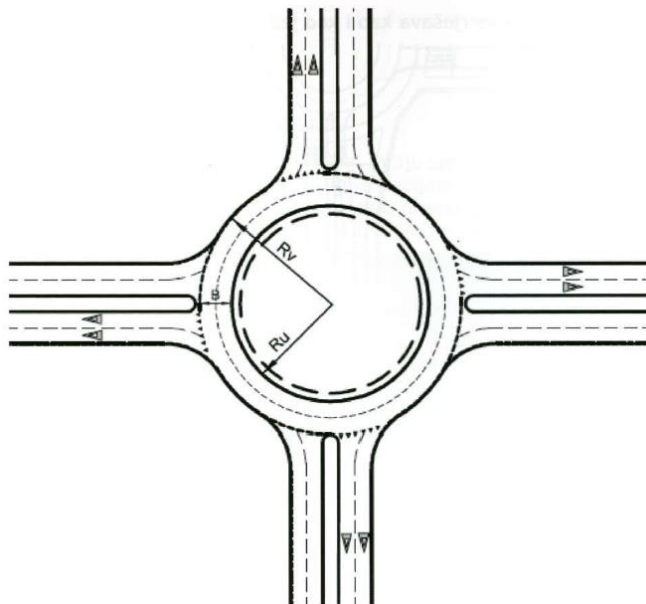
- povećanjem broja voznihi trakova u kružnom toku smanjuje se prometna sigurnost (suprotno od klasičnih raskrižja u jednoj razini) te je preporuka izvedba jednotračnih kružnih raskrižja;
- veći broj kružnih raskrižja u nizu ne omogućava uvođenje koordiniranog prolaza kroz ista („zeleni val“);
- poteškoće s pomanjkanjem prostora za izvedbu središnjeg otoka u već izgrađenim područjima;
- kružna raskrižja većeg polumjera, nisu najprikladnije rješenje pred institucijama za slijepe i slabovidne osobe, pred domovima za starije osobe, bolnicama i zdravstvenim domovima i na svim onim mjestima gdje nemotorizirani sudionici u prometu zbog svojih privremenih ili trajnih fizičkih oštećenja ne mogu sigurno prelaziti raskrižja bez svjetlosnih signalizacijskih uređaja;
- kružna raskrižja većeg polumjera, nisu najprikladnije rješenje pred dječjim vrtićima i školama i na drugim mjestima na kojima se kreće veliki broj djece (koja obično idu u većim skupinama ili u koloni);
- problemi pri velikom intenzitetu biciklističkog i/ili pješackog prometa, koji presijeca jedan ili više krakova jednotračnog kružnog raskrižja;
- lošije rješenje pri velikom intenzitetu lijevih skretanja;
- naknadna semaforizacija ne utječe bitno na povećanje propusne moći;
- produljenje putanja vozila i pješaka u odnosu na izravna kanalizirana raskrižja;
- tokovi koji skreću ulijevo iz suprotnih smjerova nepotrebno se presijecaju, tj. prepliću, što nije slučaj kod izravno kanaliziranih raskrižja.

2.3. Dvotračna kružna raskrižja

Dvotračna kružna raskrižja su ona kružna raskrižja sa najmanje jednim ulazom koji ima dvije ulazne prometne trake. Međutim, zbog prisutnosti više ulaznih prometnih trakova i potrebom za većim prostorom zbog više kružnih prometnih trakova, dvotračna kružna raskrižja postaju složenija što rezultira u slabijim sigurnosnim karakteristikama, posebno za bicikliste i pješake. (Robinson et al, 2000., 27.)

Dvotračna kružna raskrižja se obično primjenjuju na cestama sa dva kolnika i dvije prometne trake te su zbog toga i ulazi u raskrižje najčešće dvotračni. Izlazi mogu biti dvotračni ili jednotračni, zavisno od intenziteta. (Kenjić, 2009., 16.)

Slika 5. Dvotračno kružno raskrižje – bazni koncept



Izvor: Kenjić, 2009., 59.

Slika 6. Urbano dvotračno kružno raskrižje u gradu Rijeci (Škurinje)



Izvor: <https://mapio.net/pic/p-130516578/>, 2. 3. 2019.

Dvotračna kružna raskrižja imaju veću propusnu moć nego jednotračna kružna raskrižja. Povećan broj konfliktnih točaka i preplitanja na dvotračnim kružnim raskrižjima je uzrok većem broju prometnih nesreća. Ova vrsta kružnog raskrižja je manje sigurna od jednotračnih kružnih raskrižja i mogu se primjenjivati samo iz potrebe povećanja propusne moći. Problem prometne sigurnosti koji se javlja kod dvotračnih kružnih raskrižja rješavaju se tzv. turbo kružnim raskrižjima. (Kenjić, 2009., 17.)

Slika 7. Izvan-urbano dvotračno kružno raskrižje u gradu Rijeci (Rujevica)

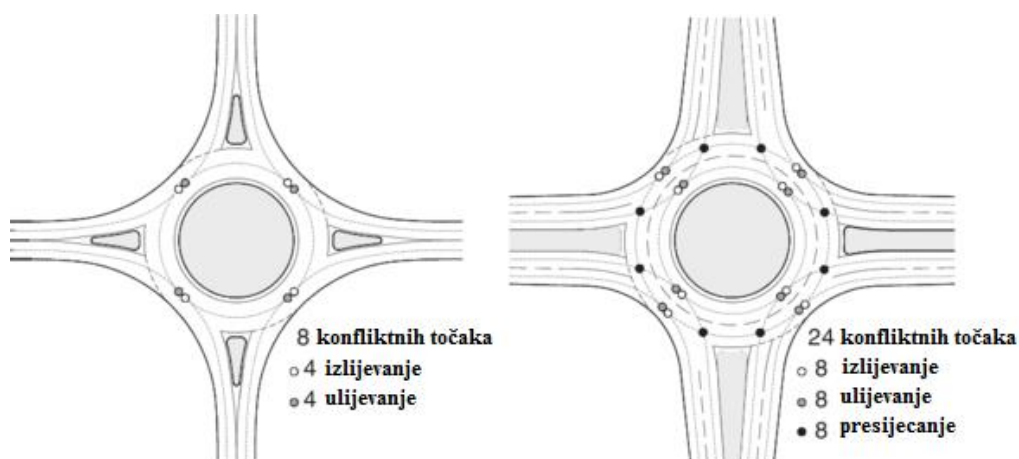


Izvor: <https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1646095&page=297>, 2. 3. 2019.

2.3.1. Osnovne karakteristike dvotračnih kružnih raskrižja

Na presijecanju dvotračnih puteva se kao logično rješenje nameće dvotračno kružno raskrižje sa dvotračnim ulazima i izlazima. Ovakvo kružno raskrižje ima manji broj konfliktnih točaka i bolji protok u odnosu na klasičnu četverokrako raskrižje s dvotračnim putevima. Broj konfliktnih točaka dvotračnih kružnih raskrižja ovisi od broja traka na ulazima i izlazima. Četverokrako dvotračno kružno raskrižje sa dvotračnim ulazima i izlazima ima ukupno 24 konfliktne točke. Od toga po 8 konfliktnih točaka ulijevanja i izlivanja i po 4 konfliktne točke presijecanja na ulazima i izlazima. Zbog toga su nesigurniji od jednotračnih kružnih raskrižja ali još uvijek sigurniji od klasičnih raskrižja. Nabrojani konflikti su prouzrokovani samom geometrijom dvotračnog kružnog raskrižja i neizbježni su. (Kenjić, 2009., 55.)

Slika 8. Usporedba broja konfliktnih točaka jednotračnog i dvotračnog kružnog raskrižja



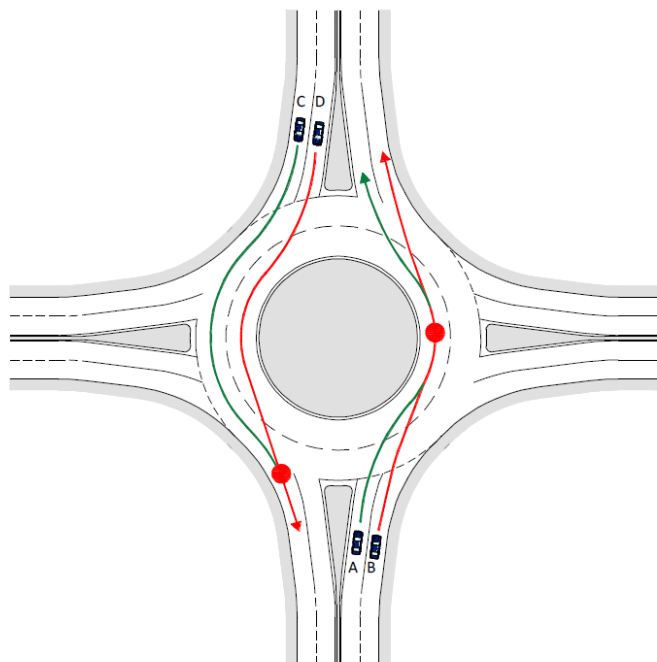
Izvor: Obrada autora prema https://www.researchgate.net/figure/Types-of-conflicts-at-a-single-lane-roundabouts-b-two-lane-roundabouts-and-c_fig1_266852241, 2. 3. 2019.

Kod jednotračnog kružnog raskrižja imamo ukupno 8 konfliktnih točaka, 4 konfliktne točke su kada vozila ulaze u kružno raskrižje i 4 konfliktne točke su kada vozila izlaze iz kružnog raskrižja. U odnosu na dvotračno kružno raskrižje, glavna prednost jednotračno kružnog raskrižja je što nema konfliktne točke presijecanja gdje ih na dvotračnom kružnom raskrižju imamo 8.

2.3.2. Prometna sigurnost na dvotračnim kružnim raskrižjima

Kod dvotračnih kružnih raskrižja se zbog povećanje širine kružnog kolnika povećava brzina vožnje kroz kružno raskrižje i stvara se kompleksna situacija zbog preplitanja tokova u kružnom raskrižju i presijecanja tokova na ulazima i izlazima. Ovi nedostaci utječu na smanjenje razine sigurnosti i umanjuju efekt koji se želi postići primjenom kružnog raskrižja. To je razumljivo jer cijela prometna situacija postaje zbog još jedne trake u kružnom raskrižju komplicirana. Zbog više traka događa se više auto-manevara, a i time se i broj konfliktnih točaka povećava. (Kenjić, 2009., 56.)

Slika 9. Uobičajeno nepravilno ponašanje na dvotračnom kružnom raskrižju – primjer 1

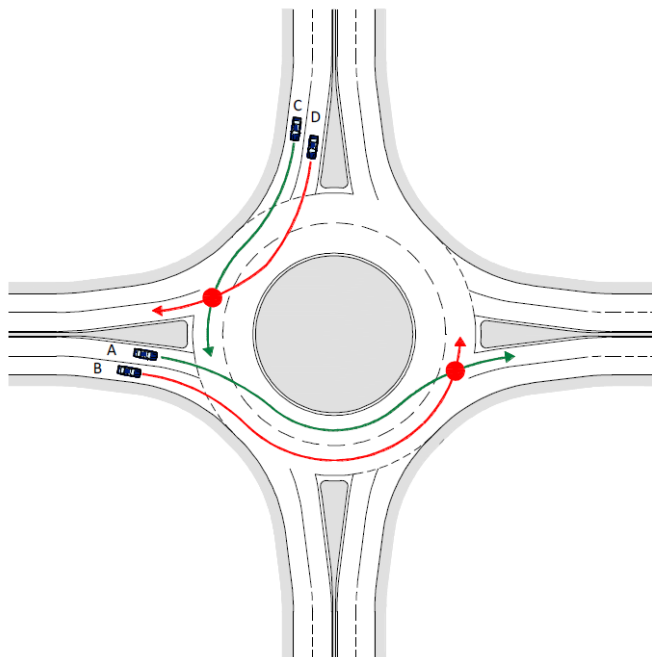


Izvor: Bastos Silva, Vascocelos, 2013., 2.

Na prethodnoj slici može se vidjeti greške koje se događaju na dvotračnim kružnim raskrižjima. Vozilo C koje je zauzelo desnu prometnu traku i namjerava voziti ravno kroz kružno raskrižje koristeći vanjsku prometnu traku dok vozilo D koje također namjerava voziti ravno nalazi se na lijevoj prometnoj traci te je odlučilo promijeniti prometnu traku sa unutarnje na vanjsku prometnu traku da bi napustilo raskrižje te se pritom dovodi u konflikt s vozilom C koji vozi desno prometnom trakom.

U situaciji kada je vozilo A zauzelo lijevu prometnu traku i namjerava voziti ravno kroz kružno raskrižje koristeći unutarnju prometnu traku, vozilo B koje se nalazi na desnoj prometnoj traci prelazi sa vanjske na unutarnju te se pritom dovodi u konflikt sa vozilom A da bi na kraju prestrojilo na vanjsku prometnu traku (slalom vožnja).

Slika 10. Uobičajeno nepravilno ponašanje na dvotračnom kružnom raskrižju – primjer 2



Izvor: Bastos Silva, Vascocelos, 2013., 2.

Na prethodnoj slici može se vidjeti greške koje se događaju kada vozači nisu na vrijeme izabrali odgovarajuću prometnu traku unutar dvotračnog kružnog raskrižja.

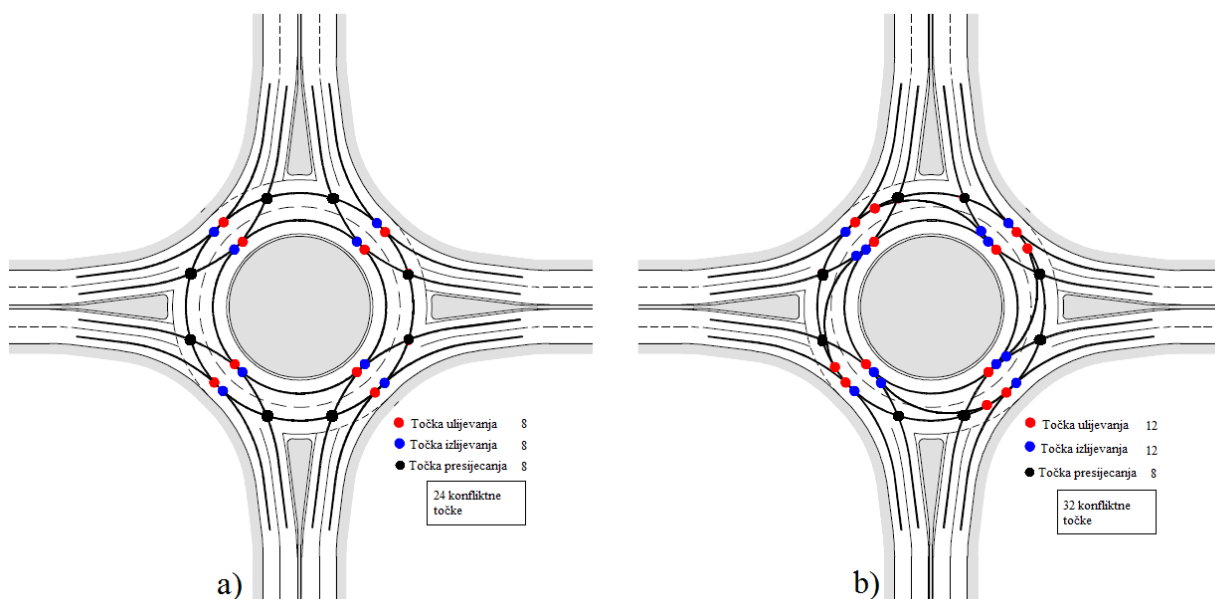
Vozilo D koje se nalazi na lijevoj prometnoj traci ulazi u unutarnju prometnu traku kružnog raskrižja i napušta raskrižje već kod prvog izlaza i stvara konfliktnu točku sa vozilo C koji se nalazi na desnoj prometnoj traci i koristi vanjsku prometnu traku kružnog raskrižja. U ovoj situaciji vozilo C je također napravilo pogrešku jer koristi vanjsku prometnu traku umjesto unutarnje jer ne izlazi na prvom izlazu i trebalo se prestrojiti prije ulaska u raskrižje na desnu prometnu traku.

U situaciji sa vozilima A i B oba su vozila izabrala krivu prometnu traku ulaza u kružno raskrižje. Vozilo A koje se nalazi na lijevoj prometnoj traci izlazi na drugom izlazu i koristi unutarnju prometnu traku umjesto vanjske dok vozilo B koje se nalazi na desnoj prometnoj traci i izlazi na trećem izlazu koristi vanjsku prometnu traku umjesto unutarnje i kada vozilo A izvodi manevar prestrojavanja na vanjsku prometnu traku stvara konfliktnu točku sa vozilom D.

Loše označavanje (ili pred-signalizacija) također služi povećanju problema vozača pri odabiru pristupne prometne trake. Postoji 8 konfliktnih točaka u kružnom raskrižju s jednim

prometnim trakom i 24 u kružnom raskrižju s dvije prometne trake. Međutim, taj broj može narasti na 32 konfliktne točke ako se uzme u obzir pogrešno ponašanje u kružnom raskrižju. (Bastos Silva, Vascocelos, 2013., 2.)

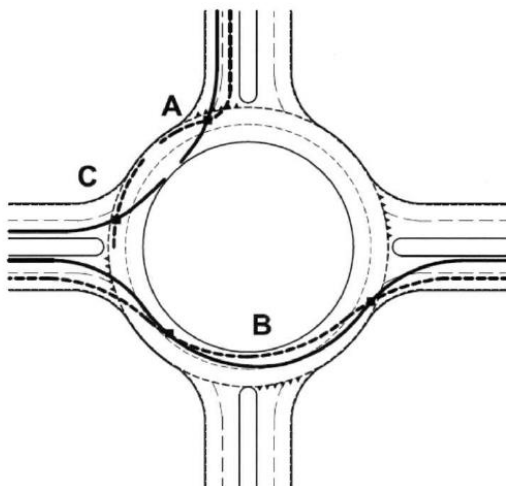
Slika 11. Konfliktne točke u dvotračnom kružnom raskrižju: a) pravilno ponašanje; b) pogrešno ponašanje



Izvor: Obrada autora prema Bastos Silva, Vascocelos, 2013., 3.

Preplitanje u dvotračnom kružnom raskrižju nije jednostavan manevar. Brzi vozači biraju obično unutrašnju traku u kružnom raskrižju, a potom prave opasan manevar presijecanja pred izlazom. Oprezniji vozači biraju vanjsku traku kružnog raskrižja pri ravnom prolazu kroz kružno raskrižje i pri skretanju lijevo (3/4 kruga). Ovakvi oprezni vozači, koji se ne usuđuju da prave preplitanje i zbog toga koriste vanjsku traku, su u većini. Iz ovih razloga ostaje unutrašnja traka u kružnom raskrižju nedovoljno iskorištena. Zbog neiskorištenosti unutrašnje trake u kružnom raskrižju, dvotračno kružno raskrižje ne dostiže nikad svoj planirani kapacitet. (Kenjić, 2009., 56.)

Slika 12. Konflikti kod dvotračnog kružnog raskrižja zbog neadekvatnog ponašanja vozača



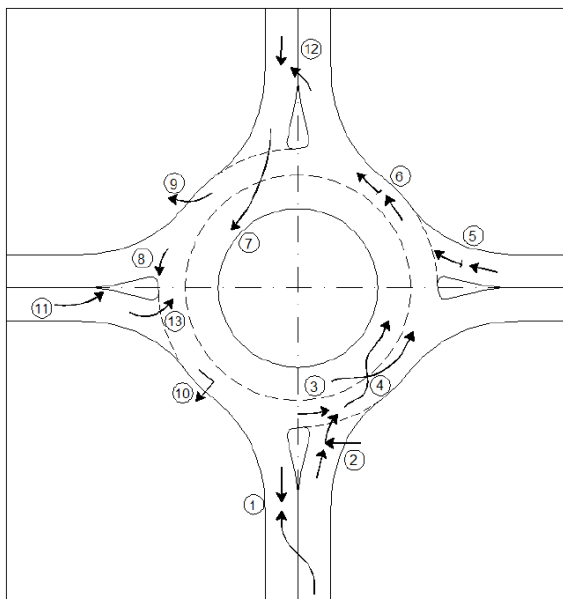
Izvor: Kenjić, 2009., 56.

Zbog većeg broja traka dvotračna kružna raskrižja imaju veći kapacitet nego jednotačna kružna raskrižja. Međutim, uz ovu prednost, evidentni su i nedostaci koji imaju negativan efekt na razini prometne sigurnosti. Nedostaci dvotračnih kružnih raskrižja su (Kenjić, 2009., 56.):

- konflikti presijecanja na ulazu;
- konflikti presijecanja na izlazu;
- konflikti preplitanja;
- velika provozna brzina;
- problemi zbog neadekvatnog ponašanja vozača u kružnom raskrižju;
- problem prometne sigurnosti nemotoriziranih sudionika u prometu.

U kružnim raskrižjima je moguće očekivati nekoliko vrsta prometnih nezgoda koje nisu svojstvene klasičnim tipovima raskrižja, a i posljedice prometnih nezgoda u kružnim raskrižjima su različite od onih na klasičnim raskrižjima. Prometne nezgode u kružnim raskrižjima imaju lakše posljedice od onih na klasičnim raskrižjima i u pravilu bez smrtno stradalih i teže ozlijeđenih osoba. Posljedica je to činjenice da se u kružnim raskrižjima ne događaju čeon sudari kod kojih su najteže posljedice. Kod kružnih raskrižja su sudari među vozilima uglavnom bočni pod ostrim kutom ili se događaju kao posljedice nalijetanja vozila sa stražnje strane. (Deluka-Tibljaš et al., 2014., 15.)

Slika 13. Prometne nesreće u kružnom raskrižju



Izvor: Deluka-Tibljaš., 2014., 16.

Sudari između motornih vozila i biciklista (pješaka) koji prelaze krak kružnog raskrižja su isti kao i kod klasičnih raskrižja, ali su posljedice sudara u pravilu lakše uslijed manje brzine vozila na ulazu i izlazu kružnog raskrižja. Tipične vrste prometnih nesreća u kružnom raskrižju su (Deluka-Tibljaš et al., 2014., 16.):

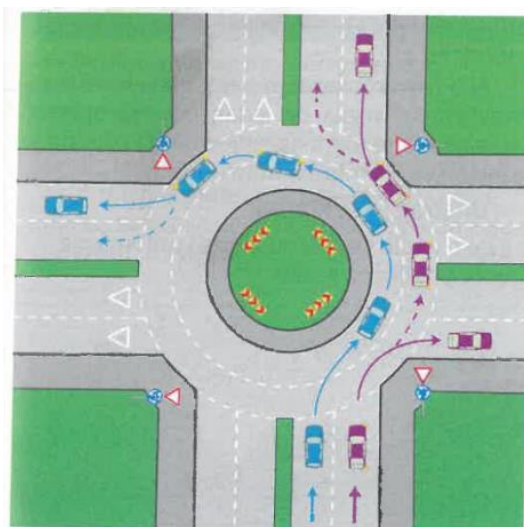
1. pretjecanje ispred kružnog raskrižja;
2. sudar sa biciklistom/pješakom;
3. sudar na ulazu;
4. sudar pri promjeni voznog traka;
5. nalet straga pri ulazu u kružno raskrižje;
6. nalet straga pri izlazu iz kružnog raskrižja;
7. nalet na središnji otok;
8. nalet na razdjelni otok pri izlazu iz kružnog raskrižja;
9. izlijetanje iz kružnog kolničkog traka;
10. prevrtanje;
11. nalet na razdjelni otok pri ulazu u kružno raskrižje;
12. zanošenje (klizanje) vozila pri izlazu iz kružnog raskrižja;
13. vožnja u suprotnom smjeru od kretanja prometa u kružnom raskrižju.

2.3.3. Pravila vožnje u dvotračnom kružnom raskrižju

Prilikom ulazanja u kružno raskrižje između motoriziranih i nemotoriziranih sudionika u prometu vrijede jednaki odnosi kao i na drugim vrstama raskrižja u jednoj razini. Prilikom približavanja ulazu u kružno raskrižje vozač motornog vozila mora smanjiti brzinu i u slučaju da su u kružnom toku vozila na kratkoj udaljenosti, zaustaviti vozilo u prostoru za čekanje. Ako je prostor za čekanje već zauzet drugim vozilima, vozač mora zaustaviti vozilo ispred pješačkog prijelaza. Prilikom izlaska iz kružnog raskrižja aktiviranje desnog smjerokaza je obvezno jer je to jedini način obavješćavanja vozila iza da će se (smanjenjem brzinom – zbog desnog zavoja) napustiti kružno raskrižje. (Tollazzi, 2007., 164.)

Kada vozač ulazi u raskrižje s kružnim tokom prometa i namjerava na prvom izlasku izaći iz kružnog toka tj. skrenuti udesno, svakako je najbolje odabrati krajnju desnu prometnu traku jer će sebi olakšati izlaz, a druge vozače iza sebe olakšati izlaz, a druge vozače iza sebe neće ometati. Ako mu to ne uspije radi intenzivnog prometa, nastaviti će kretanje kružnim tokom „kružiti će do nove prilike“). Prema tome, osnova sigurne vožnje u kružnom toku je dosljedno postupanje po pravilu o preostrojanju, i to na način kao da se nalazi na ravnom dijelu kolnika s dvije ili više prometnih traka u istom smjeru. Promjena prometnih traka, kao što je poznato ostvaruje se kretanjem vozila trenutnom brzinom ili povećanjem ili smanjenjem brzine kretanja vozila. (Posavec, 2018., 101.)

Slika 14. Primjer pravilnog ulaska, kretanja i izlaska vozila na raskrižju s kružnim tokom prometa



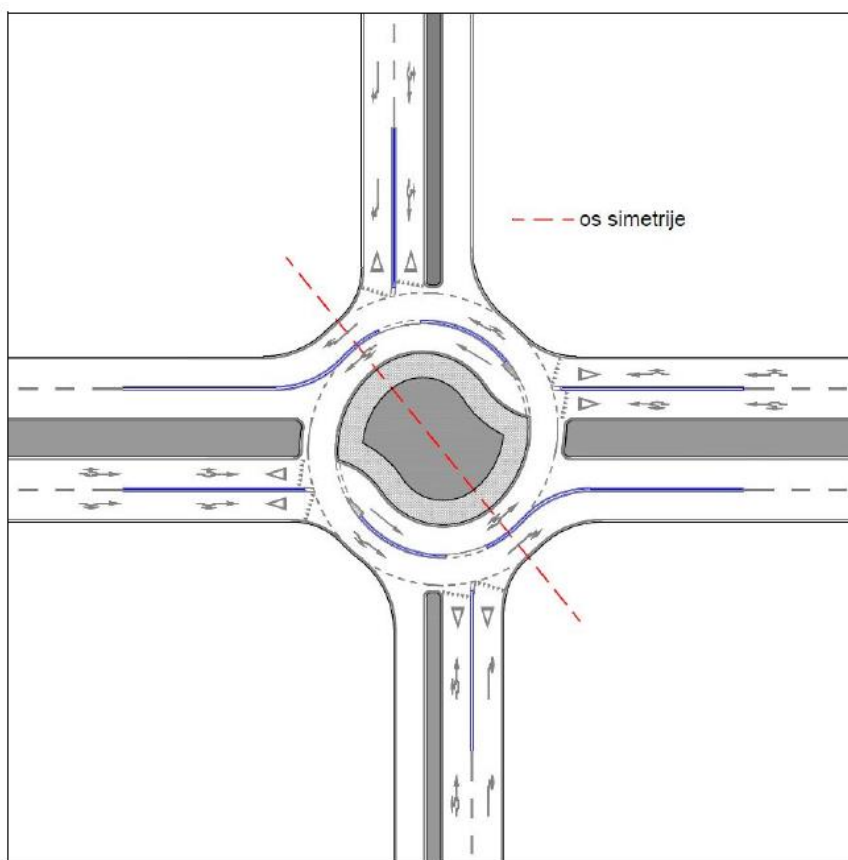
Izvor: Posavec, 2018., 101.

Pravilo koje vrijedi u državama s dugogodišnjom tradicijom s kružnim raskrižjima je da vanjski prometni trak višetračnog kružnog raskrižja koriste samo vozila koja napuštaju kružno raskrižje na prvom sljedećem izlazu, a sva ostala vozila koja kružno raskrižje napuštaju na jednom od sljedećih izlaza moraju se odmah, kada im to prometna situacija sigurno dopušta, prerasporediti na jedna od unutarnjih trakova. U slučaju da vozilu na unutarnjem traku višetračnog kružnog kolnika nije omogućena sigurna promjena prometnog traka (prijelaz na vanjski trak), vozilo nastavlja vožnju po unutarnjem traku i odmah kada je to sigurno izvodljivo, prelazi na vanjski prometni trak. (Tollazzi, 2007., 165-166.)

3. KRUŽNA RASKRIŽJA SA SPIRALNIM TOKOM KRUŽNOG KOLNIKA – TURBO KRUŽNA RASKRIŽJA

Turbo kružno raskrižje je posebna vrsta višetračnog kružnog raskrižja, kod kojeg su neki prometni tokovi međusobno odvojeni, odnosno, vođeni po prostorno i fizičko odvojenim voznim trakovima. U turbo kružnom raskrižju su prometni tokovi u određenim smjerovima vođeni odvojeno već prije ulaza u kružno raskrižje, odvojeno su vođeni po kružnom kolniku, a isto tako i na izlazu iz turbo kružnog raskrižja. Fizička odvojenost postiže se posebnim projektno tehničkim elementima unutar turbo kružnog raskrižja (uzdignutim rubnjacima – delineatorima), kojima se sprječavaju preplitanja prometnih tokova (promjena voznog traka) unutar kružnog kolnika. Fizička odvojenost voznih trakova prekinuta je samo na mjestima dozvoljenog ulaska na unutrašnji vozni trak. (Tollazzi et al., 2014., 7.)

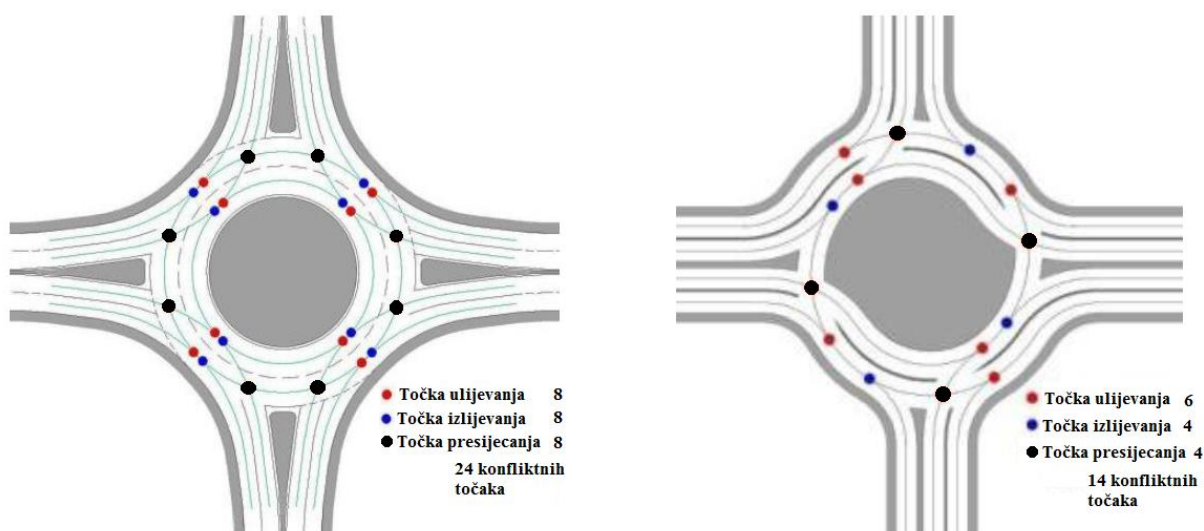
Slika 15. Osnovni koncept turbo kružnog raskrižja i os zrcalne simetrije



Izvor: Tollazzi et al., 2014., 8.

Ideja za takva rješenja potekla je iz potrebe da se za slučajeve višetračnih kružnih raskrižja smanji broj konflikata na mjestima preplitanja (na kružnom kolniku) i križanja (uvoz i izvoz na kontaktu s privoznim kolnicima). (Božićević, Legac, 2001., 160.)

Slika 16. Usporedba konfliktnih točaka dvotračnog kružnog raskrižja i turbo kružnog raskrižja



Izvor: Obrada autora prema Bastos Silva, Santos, 4.

Uzdignuti razdjelnici (rubnjaci) na turbo kružnim raskrižjima prisiljavaju vozače da ostanu na ispravnoj traci i, slijedom toga, prate putove manjeg radijusa pri smanjenim brzinama. Na kružnim raskrižjima s dvije prometne trake unutar raskrižja vozač može zanemariti oznake prometnih traka, odabrati gotov izravan put i održati brzinu prilaza dok na turbo kružnim raskrižjima svi vozači moraju slijediti slične putove što rezultira homogenim profilima malih brzina. Usporedba broja konfliktnih točaka također sugerira poboljšanje prometne sigurnosti. (Bastos Silva, Santos, 4.)

Vidljivo je smanjenje sa 24 konfliktne točke u kružnom raskrižju s dvije prometne trake na 14 konfliktnih točaka u turbo kružnom raskrižju što ukazuje na smanjenje vjerojatnosti sudara. Potrebno je napomenuti da neki od tih sudara imaju veću ozbiljnost, ne samo zbog povećanja kuta udara već i zbog toga što je kružni promet koncentriran na vanjskoj traci. (Bastos Silva, Santos, 4.)

3.1. Osnovni pojmovi

Osnovni pojmovi koji su vezni za turbo kružno raskrižje (Tollazzi et al, 2014., 5.):

- **Turbo kružno raskrižje**

je kanalizirano dvo ili trotračno kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika, na kojeg se priključuju tri ili četiri priključne ceste, a vozni trakovi se međusobno odvojeni uzdignutim razdjelnim elementima (delineatorima) koji sprječavaju promjenu voznog traka (preplitanje prometnih tokova) na kružnom kolniku.

- **Delineator u turbo kružnom raskrižju**

je betonski predgotovljeni element koji sprječava preplitanje prometnih tokova – promjenu voznog traka na kružnom kolniku. Promjenu voznog traka na kružnom kolniku iznimno je dozvoljena samo interventnim vozilima na interventnim vožnjama.

- **„Špica“**

je uređenje početka elementa za sprječavanje prometnog manevra preplitanja prometnih tokova u kružnom kolniku. Izvodi se kao koso presječeni element ili od granitnih kocaka koje su položene na betonsku podlogu.

- **Središnji otok turbo kružnog raskrižja**

je središnji otok nepravilnog oblika, lociran u sredini turbo kružnog raskrižja. Nepravilan oblik otoka proizlazi iz konstrukcije spiralnog kružnog kolnika.

- **Središnji razdjelni otok**

je uzdignuti otok između ulaznih i izlaznih traka na prilazu u turbo kružno raskrižje, koji poboljšava razinu prometne sigurnosti pješaka/biciklista prilikom prelaska kraka turbo kružnog raskrižja.

- **Razdjelni otoci na ulazu/izlazu iz turbo kružnog raskrižja**

su uzdignuti otoci između dva ulazna odnosno izlazna vozna traka na ulazu odnosno izlazu iz turbo kružnog raskrižja, koji pješacima i biciklistima omogućavaju sigurniji prelazak voznih trakova (odvojeno odnosno jedan po jedan).

- **Polumjeri turbo kružnog raskrižja**

za razliku od standardnog jednotračnog kružnog raskrižja, turbo kružno raskrižje ima (zbog spiralnog toka kružnog kolnika) više polumjera. Kod četverokrakog turbo kružnog raskrižja je 8 polumjera (4 za projektne tehničke elemente i 4 za tlocrtnu signalizaciju).

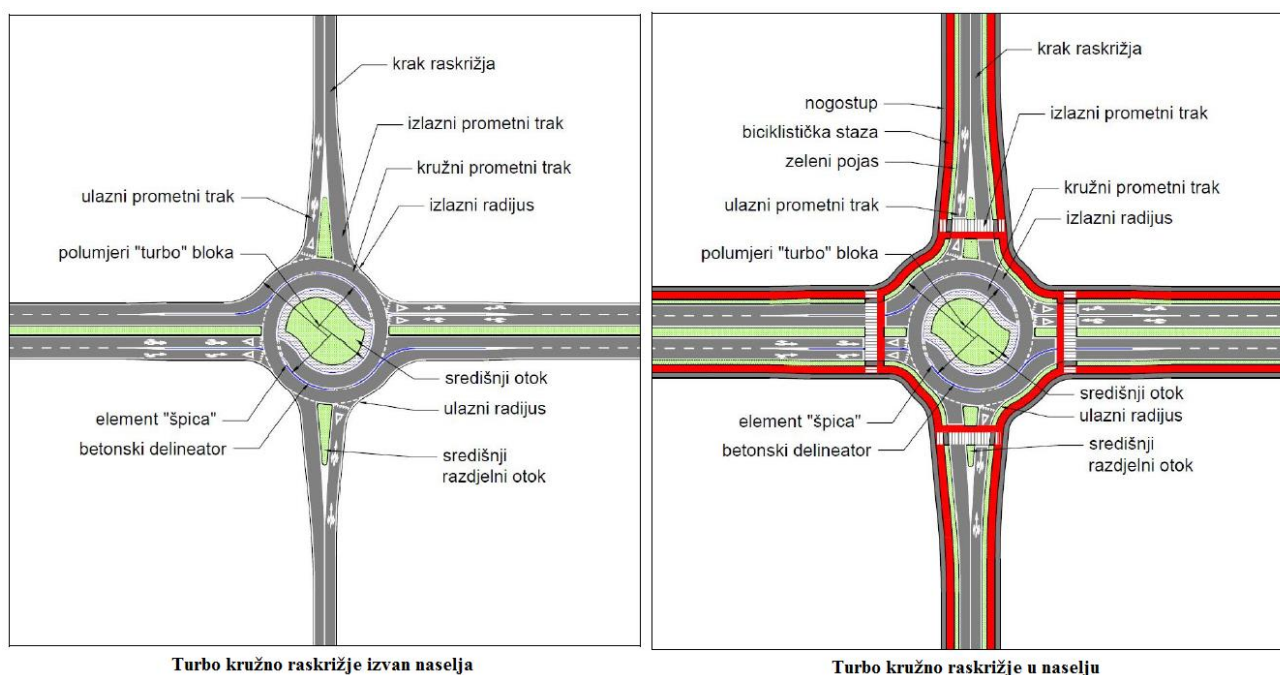
- **Turbo blok**

je blok ili skup svih potrebnih polumjera koje je potrebno na određeni način zarotirati i na taj način dobiti trajektorije kretanja, odnosno vozne trakove.

- **„Pokrivena površina“**

odnosno širina provoznosti je površina koju vozilo koristi („pokrije“) u kružnom raskrižju prilikom vožnje u određenom smjeru.

Slika 17. Oznake glavnih elemenata turbo kružnog raskrižja izvan naselja i u naselju



Izvor: Obrada autora prema Tollazzi et al., 2014., 6-7.

3.2. Počeci primjene turbo kružnog raskrižja

Turbo kružno raskrižje je kreirao dr. Bertus Fortuijn, viši predavač na Tehnološkom sveučilištu Delft, 1996. godine radi rješavanja loših sigurnosnih uvjeta višetračnih kružnih raskrižja u Nizozemskoj. (Murphy, 2015., 2.)

Slika 18. Dr. Bertus Fortuijn – kreator turbo kružnog raskrižja



Izvor: <https://www.rd.nl/vandaag/binnenland/goed-dat-anwb-gevaren-provinciale-wegen-aankaart-1.428097>, 2. 3. 2019.

Imao je dva glavna cilja (Bastos Silva, Santos, 2.):

- spriječiti prestrojavanje unutar kružnog toka, na ulazima i izlazima (upotrebom delineatora);
- smanjiti brzine pri ulasku i izlasku i u samom kružnom traku zbog odjeljivanja trakova delineatorima.

Neki od ključnih značajki dizajna turbo kružnog raskrižja uključuju (Murphy, 2015., 3.):

- najmanje jedan ulaz ima drugu traku smještenu u središnjem otoku;
- spiralne cestovne oznake usmjeruju promet iznutra prema van, izbjegavajući vijuganje vozila i reduciranje konflikata u raskrižju;
- montažno uzdignuti razdjelnici traka kontroliraju putanju vozila i brzinu, održavajući vozila u svojoj traci primjenom malog promjera kružnog raskrižja;
- prije ulaska u kružno raskrižje, vozila moraju odabrati odgovarajuću prometnu traku

Prvo turbo kružno raskrižje je napravljeno krajem 90-ih godina u Nizozemskoj, do kraja 2007. godine postojalo ih je 70, a krajem 2013. godine u Nizozemskoj je izgrađeno ih je više od 200. Vrlo brzo je ideja turbo kružnih raskrižja došla i u neke europske zemlje – najprije u Sloveniju, Njemačku, Dansku, Češku, Mađarsku, Austriju, Poljsku, Litvu, Rumunjsku, Makedoniju, te također i u Hrvatsku, ali i izvan Europe – Kanada, SAD, JAR i dr. (Tollazzi, Renčelj, 2014., 1-2.)

Zaključno sa 30. 12. 2018. u svijetu (Europa, Aruba, Kanada, SAD-u i Južnoj Africi) postoji 480 turbo kružnih raskrižja. Sljedeće tablice (Tablica 2. i Tablica 3.) prikazuju raspodjelu turbo kružnih raskrižja prema državama (unutar i izvan izgrađenog područja) te prema vrsti i godini izgrađenosti.

Tablica 2. Broj turbo kružnih raskrižja prema državama

Država	Unutar izgrađenog područja	Izvan izgrađenog područja	Ukupno
Aruba	/	5	5
Belgija	2	/	2
Njemačka	5	7	12
Estonija	/	4	4
Mađarska	1	6	7
Litva	/	2	2
Nizozemska	94	261	355
Austrija	/	2	2
Poljska	18	27	45
Rumunjska	/	3	3
Slovenija	10	2	12
Španjolska	2	/	2
USA	/	3	3
Južna Afrika	/	1	1
Kanada	/	2	2
Češka	5	7	12
Hrvatska ¹	/	4	4
Makedonija	1	/	1
Bosna i Hercegovina	1	/	1
Velika Britanija	1	/	1
Slovačka	1	2	3
Luksemburg	1	/	
Ukupno	142	338	480

Izvor: <http://www.dirkdebaan.nl/locaties.html>, 3. 3. 2019.

¹ Republika Hrvatska zaključno sa 1. 6. 2019. na svojem teritoriju ima 8 izvedenih turbo kružnih raskrižja. Tri su smještene u centru grada Osijeka, a jedno se nalazi izvan grada Osijeka (naselje Višnjevac), jedno se nalazi na području grada Slavonski Brod, dva se nalaze izvan grada Pule i jedno (poluturbo kružno raskrižje) je smješteno na spoju Jadranske magistrale, riječke obilaznice i dionice prema Krčkom mostu u blizini mjesta Šmrika.

Tablica 3. Broj turbo kružnih raskrižja prema vrsti i godini izgrađenosti

Vrsta turbo kružnog	'96	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	Ukupno
Jajolik			1	3	4	1	2	6	4	2	13	15	20	12	6	6	20	8	12	2		137
Koljenast			2					5	3	1	5	6	9	4	6	3	3	2	1	1	1	52
Izgleda kao turbo				1				4	3		6	3	8			1	1	1	1	1		29
Nepoznat																1		1				2
S turbo značajkama			1		1			1		1		1		1	1	3	1	1	2	1		15
Djelomično turbo				2	1	3		3	1	3	7	6	5	6	6	1	7	2	3	2	1	59
Turbina						1											2		2	1		6
Spiralni								1		1			3		2	2	1					10
Dvojni turbo		1					2				2	3	4		1	2	2		1	1		19
Standardni			2		2			8	7	5	6	19	19	15	10	9	9	8	4	6	6	137
Semaforizirano	1								1			1				1	1	2			1	8
Zvijezdasti				1												2	1					4
Suza tip (Teardrop)												1						1				2
Ukupno	1	1	6	7	8	5	4	28	19	13	39	55	68	38	32	30	49	25	26	15	9	480

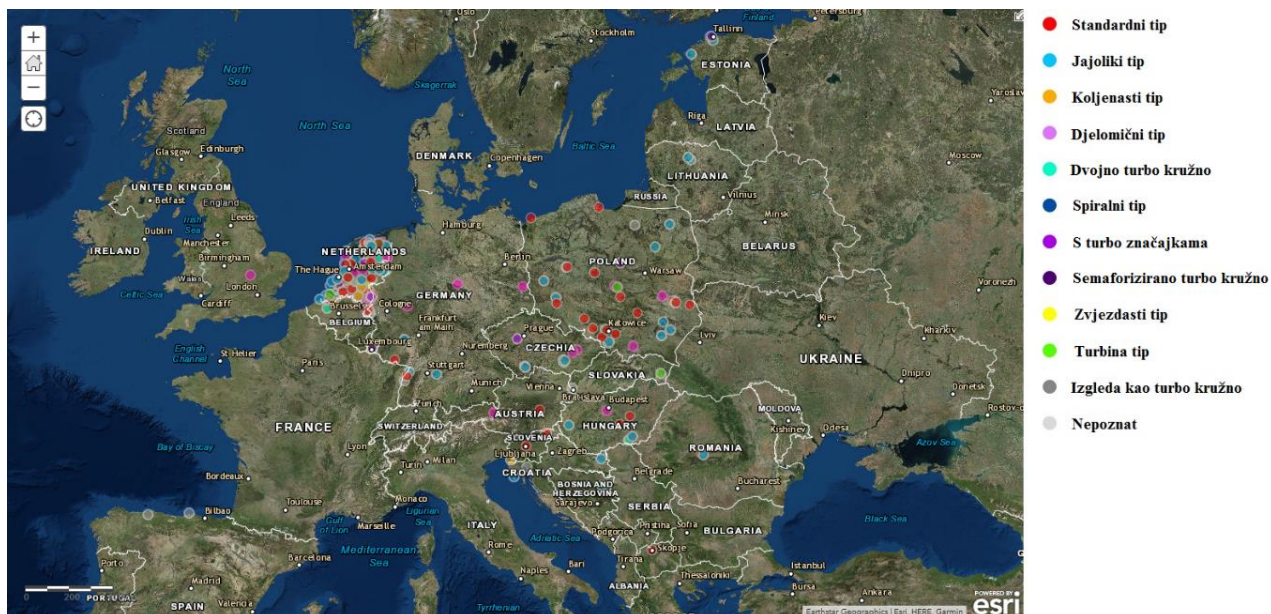
Izvor: <http://www.dirkdebaan.nl/locaties.html>, 3. 3. 2019.

Slika 19. Lokacije turbo kružnih raskrižja u svijetu



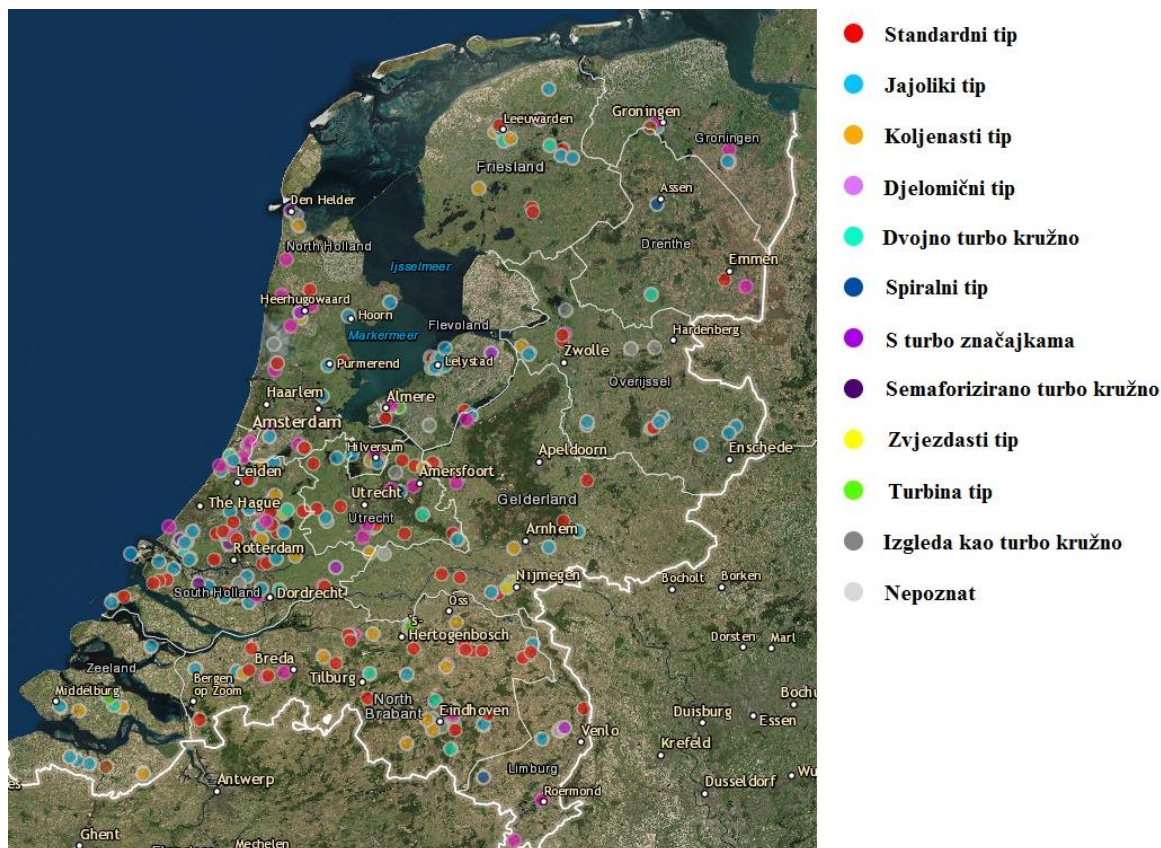
Izvor: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html>, 3. 3. 2019.

Slika 20. Lokacije turbo kružnih raskrižja u Europi



Izvor: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html>, 3. 3. 2019.

Slika 21. Lokacije turbo kružnih raskrižja u Nizozemskoj

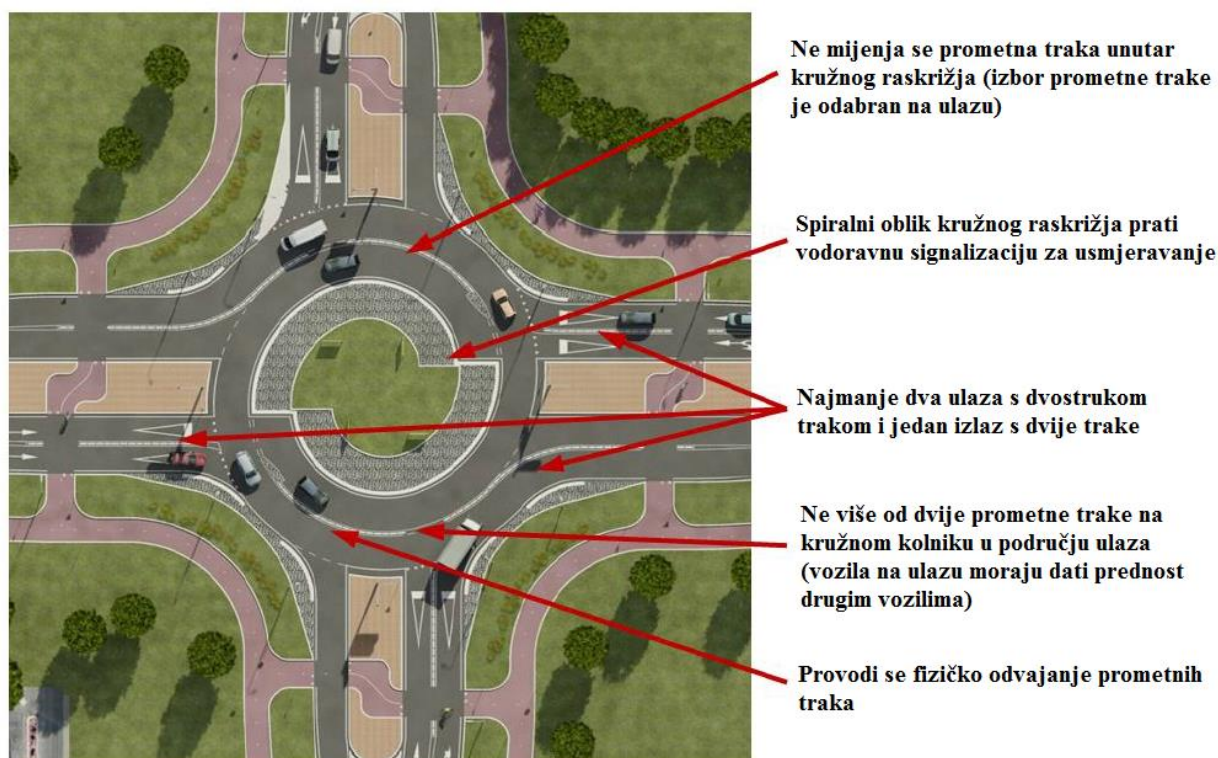


Izvor: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html>, 3. 3. 2019.

3.3. Karakteristike turbo kružnih raskrižja

Kod turbo kružnog raskrižja su eliminirani konflikti presijecanja na izlazima i preplitanja i time je ukupan broj konflikata znatno smanjen. Zbog toga su turbo kružna raskrižja sigurniji od dvotračnih kružnih raskrižja. Uz to turbo kružna raskrižja imaju i veći kapacitet. (Kenjić, 2009., 62.)

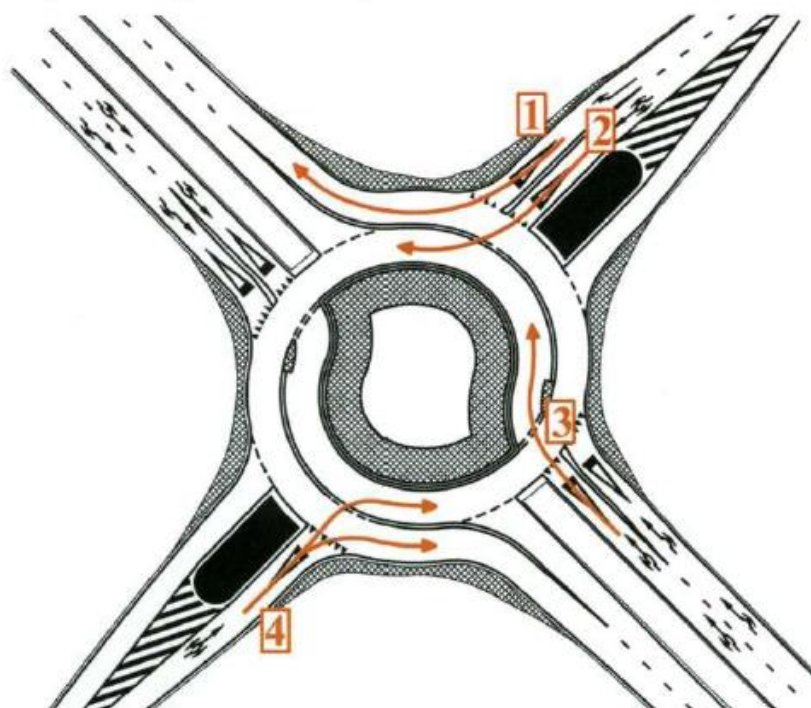
Slika 22. Karakteristične značajke standardnog turbo kružnog raskrižja



Izvor: Obrada autora prema Chodur, Bąk, 2016., 18.

Osnovno je obilježje turbo kružnog raskrižja da su vozni trakovi u kružnom traku odvojeni vodoravnom signalizacijom i fizički razdvojenim nadvišenjem te su prometni tokovi vođeni po odvojenim voznim trakovima još pred ulazom u kružno raskrižje i cijelo vrijeme vožnje kroz kružno raskrižje. Ukinute su prometne radnje razvrstavanja na kružnom kolniku i presijecanja prometnih tokova na ulazima i izlazima. (Barišić, 2014., 114-115.)

Slika 23. Načini ulaska u turbo kružno raskrižje



Izvor: (Kenjić, 2009., 62.)

Na prethodnoj slici može se vidjeti načini ulaska u turbo kružno raskrižje. Vozne trake u turbo kružnom raskrižju su u direktnoj vezi sa voznim trakovima na prilazima. Desna traka na ulazu se priključuje na vanjsku traku u kružnom raskrižju i vodi do prvog izlaza (1). Lijeva traka na ulazu se priključuje na unutrašnju traku u kružnom raskrižju i vodi do sljedeća dva izlaza (2 i 3). Jednotračni ulaz (4) omogućava obje opcije. (Kenjić, 2009., 62.)

Na ovaj način se promet u kružnom raskrižju kanalizira, čime promet na glavnom smjeru dobiva prioritet što pozitivno utječe na povećanje propusne moći. Kanaliziranje prometnih tokova podrazumijeva kontrolirano vođenje prometnih tokova između ili duž elemenata za kanaliziranje, koji mogu biti denivelirani ili koji su odgovarajućom horizontalnom signalizacijom označeni na kolniku. Kanaliziranjem se smanjuje broj konfliktnih točaka, veličina konfliktnog područja i postiže bolja orijentacije. Kanaliziranje mora biti izvršeno tako da je vozaču koji vozi preko položaja konfliktna točke omogućena vožnja kroz kružno raskrižje bez ikakvih iznenađenja tokom kretanja. (Kenjić, 2009., 62.)

Slika 24. Fizička odvojenost kružnog prometnog traka na turbo kružnom raskrižju



Izvor: Tollazzi, Turnšek, 2012., 4.

3.4. Uvjeti za primjenu turbo kružnog raskrižja

Da bi neko kružno raskrižje bilo turbo kružno raskrižje, moraju biti ispunjena četiri osnovna i dva dodatna uvjeta (Tollazzi, 2014., 8.)

Osnovni uvjeti su:

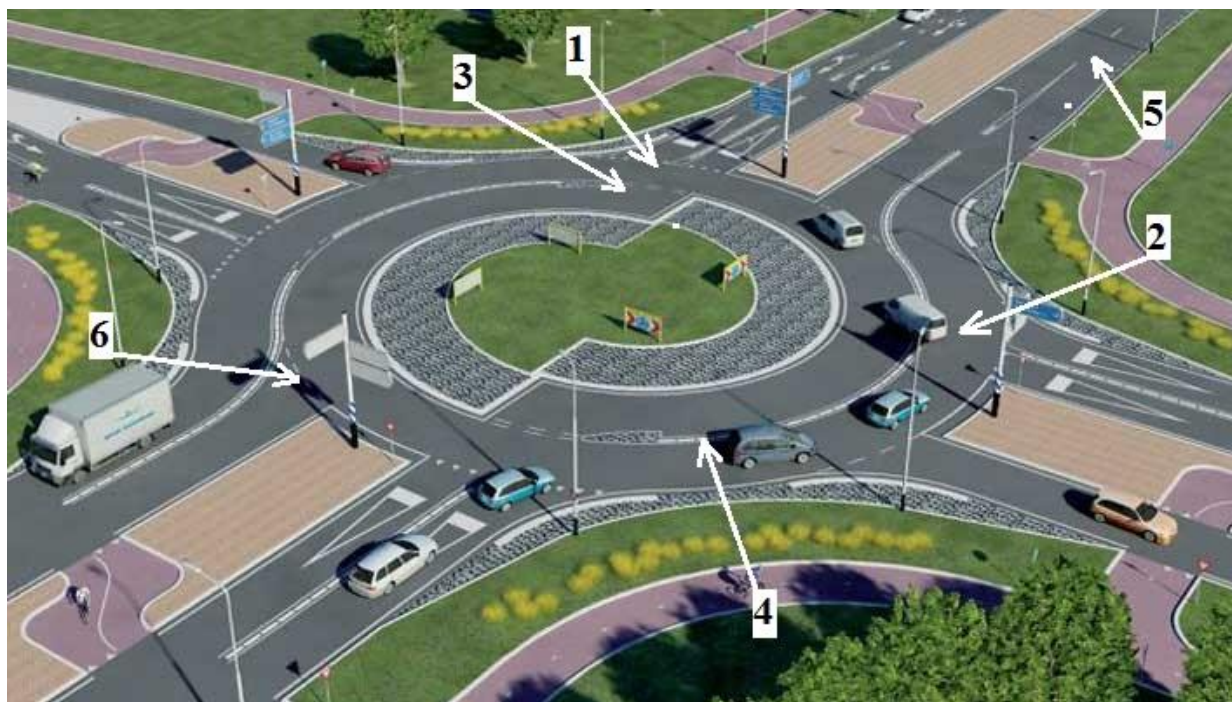
1. sa najmanje jedne prilazne ceste daje se prednost prometnim tokovima u dvjema kružnim voznim trakovima, koji na tom mjestu predstavljaju kružni kolnik (uvjet koji proizlazi iz propusne moći);
2. promet na najviše dva kružna vozna traka može imati prednost pred prometnim tokom na ulazu (uvjet koji proizlazi iz prometne sigurnosti);
3. na kružnom raskrižju se ne smije pojaviti konfliktne točke preplitanja na kružnom kolniku i konfliktne točke križanja na ulazima i izlazima iz kružnog raskrižja (uvjet koji proizlazi iz prometne sigurnosti);
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:

5. na glavnim prometnim smjerovima su izlazi izvedeni s po dva prometna traka, a na sporednim prometnim smjerovima izlazi mogu biti dvotračni ili jednotačni (uvjet koji proizlazi iz propusne moći);

6. 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 da li će kružno raskrižje napustiti ili nastaviti s vožnjom po kružnom kolniku (uvjet koji proizlazi iz prometne sigurnosti).

Slika 25. Projektno-tehnički uvjeti turbo kružnog raskrižja



Izvor: Obrada autora prema

<https://www.verkeersnet.nl/verkeersmanagement/16719/turborotonde-nog-niet-uitontwikkeld/attachment/turborotonde-5/>, 4. 3. 2019.

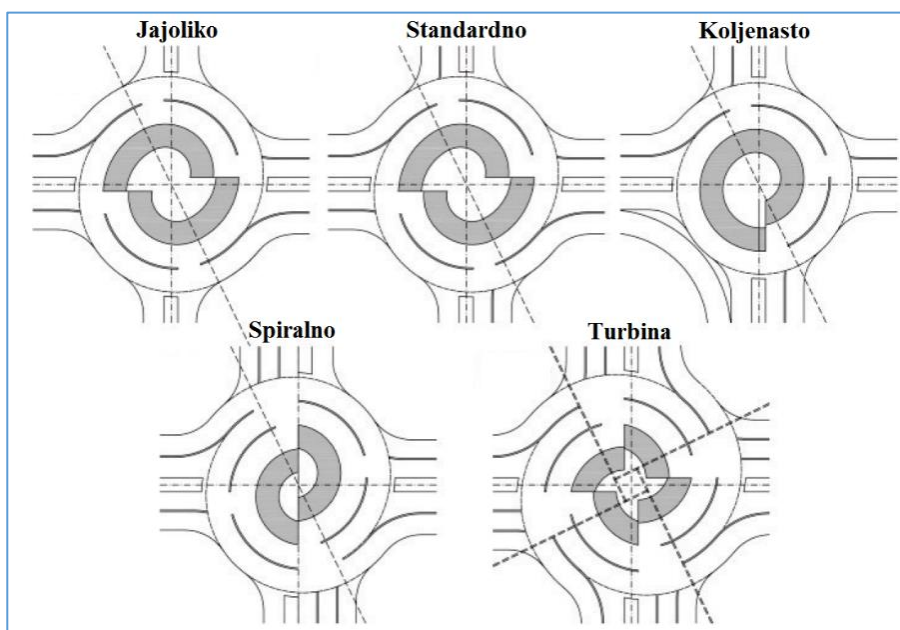
3.5. Tipovi turbo kružnih raskrižja

Postoje različite varijante turbo kružnog raskrižja koji se mogu konstruirati uzimajući u obzir na planirani volumen prometa i raspodjelu kapaciteta na ulazima u kružno raskrižje. Prema nizozemskim smjernicama osnovni oblici turbo kružnog raskrižja su (Džambas, Ahac, 2017., 310.):

- s četiri kraka koji se mogu primijeniti kao i s tri kraka: Standardno, Jajoliko, Koljenasto, Spiralno i Turbina turbo kružno raskrižje
- s tri kraka: Rastegnuto koljenasto i Zvijezda turbo kružno raskrižje

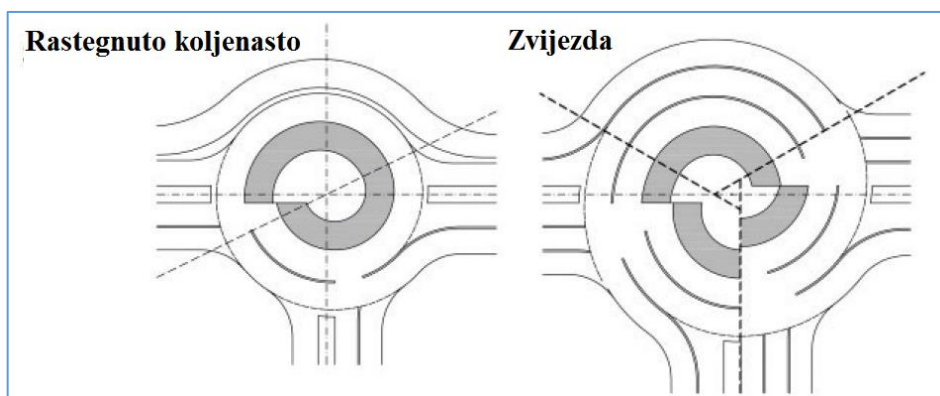
Standardno, Jajoliko, Koljenasto, Spiralno i Rastegnuto koljenasto se preporučuje ako je jedan od prometnih tokova dominantan. Oblici kružnog raskrižja Turbina ili Zvijezda se preporučuje u slučaju jednakog prometa na svim pristupima. Ostale modificirane varijante mogu se dalje oblikovati mijenjanjem broja ulaznih traka. To se događa na Jajolikom turbo kružnom raskrižju koji je modificirana verzija Standardnog turbo kružnog raskrižja. (Džambas, Ahac, 2017., 310.)

Slika 26. Varijante turbo kružnih raskrižja s četiri kraka



Izvor: Obrada autora prema Džambas, Ahac, 2017., 310.

Slika 27. Varijante turbo kružnih raskrižja s tri kraka

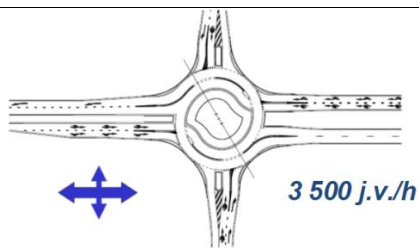
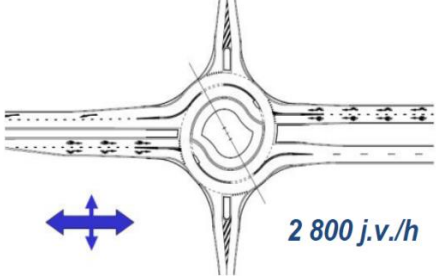
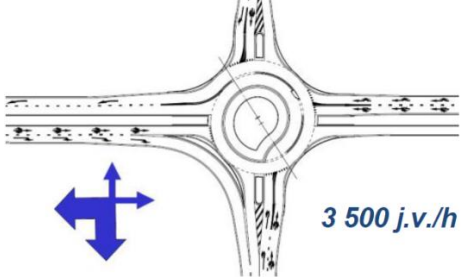
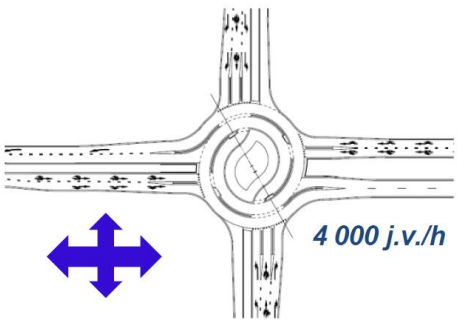
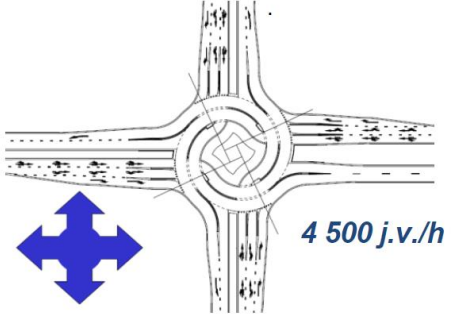


Izvor: Obrada autora prema Džambas, Ahac, 2017., 311.

Obilježje turbo kružnog raskrižja jest da se vozne trake ne prostiru koncentrično nego su smaknute tako da formiraju spiralni/zavojiti tok. Kod Standardnog, Jajastog i Spiralnog turbo kružno raskrižja smicanje vozničkih trakova je kod kuta od 180°, kod koljenastog od 360°, a kod Turbina turbo kružnog raskrižja smicanje je svakih 90°. (Kenjić, 2009., 63.)

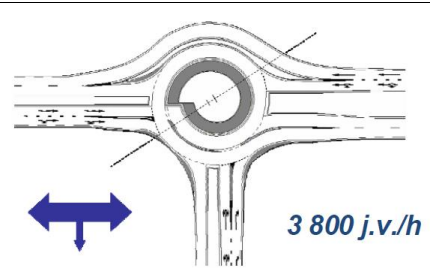
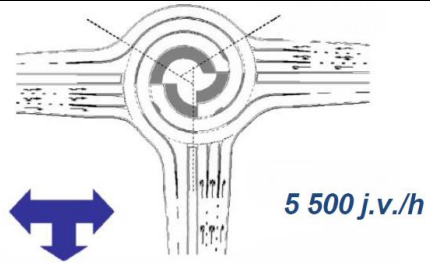
- **Standardno turbo kružno raskrižje** ima uvijek na glavnom smjeru dvije ulazne i dvije izlazne vozne trake, dok sporedni smjer ima dvije ulazne i jednu izlaznu traku. Primjenjuje se kada je jak prometni tok na glavnom smjeru.
- **Jajasto turbo kružno raskrižje** ima uvijek na glavnom smjeru dvije ulazne i dvije izlazne vozne trake, dok sporedni smjer ima po jednu traku i na ulazu i na izlazu. Primjenjuje se kada je jak prometni tok na glavnom smjeru.
- **Koljenasto turbo kružno raskrižje** primjenjuje se u slučaju kada glavni prometni tok skreće pod pravim kutom između dva susjedna prilaza. Prometni tok koji skreće lijevo ima dvije vozne trake kao i suprotni tok koji skreće desno. Ostali prilazi mogu biti jednotračni ili dvotračni, ovisno o uvjetima na terenu.
- **Spiralno turbo kružno raskrižje** primjenjuje se u slučaju kada je sporedni smjer jako opterećen te su potrebne tri trake na ulazima. Izlazi mogu biti jednotračni ili dvotračni ovisno o uvjetima na terenu.
- **Turbina turbo kružno raskrižje** primjenjuje se u slučaju kada su oba smjera podjednako opterećena velikom količinom prometa te svi imaju po tri trake. Prolazni promet u svim smjerovima ima na raspolaganju po dvije trake.

Tablica 4. Turbo kružna raskrižja s četiri kraka uz predviđeni kapacitet

Tip turbo kružno raskrižja	Shema/indikativni maksimalni kapacitet
Standardni (s dva traka)	
Jajasti (s dva traka)	
Koljenasti (s dva traka)	
Spiralni (s tri traka)	
Turbina (s tri traka)	

Izvor: Kociánová, Bartović, 2015., 14.

Tablica 5. Turbo kružna raskrižja s tri kraka uz predviđeni kapacitet

Tip turbo kružno raskrižja	Shema/indikativni maksimalni kapacitet
Rastegnuti koljenasti	
Zvijezda	

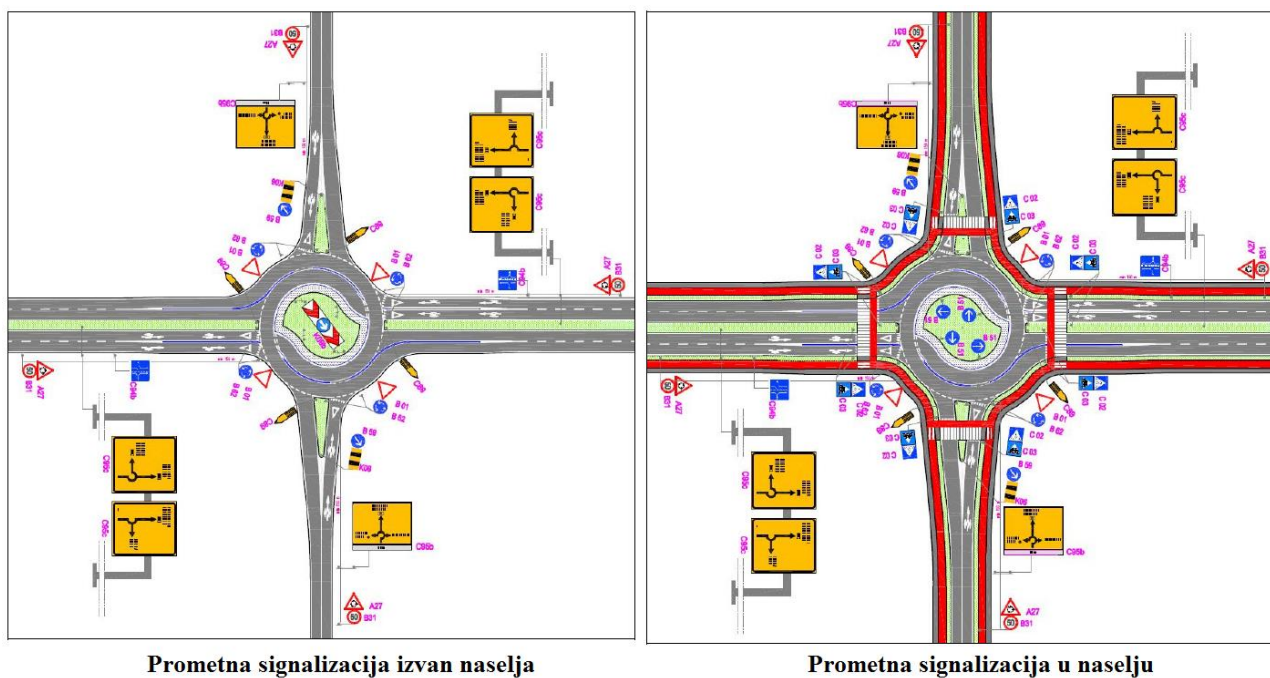
Izvor: Kociánová, Bartovic, 2015., 15.

3.6. Prometna signalizacija i oprema turbo kružnih raskrižja

Prometni režim u turbo kružnom raskrižju je posljedica odredbi prometnih propisa i primijenjenih prometnih znakova te horizontalne prometne signalizacije. Uz prije navedeno, u turbo kružnom raskrižju vozni trakovi su fizički odvojeni, što znači da na kružnom kolniku promjena voznih trakova nije moguća, to znači da vozač mora već prije ulaska u turbo kružno raskrižje odabrati odgovarajući prometni trak kako bi se kretao u željenom smjeru. Kada ovome dodamo i činjenicu da vanjski kružni vozni trak u turbo kružnom raskrižju ne omogućava polukružno okretanje, onda je jasno da je prometna signalizacija u turbo kružnom raskrižju izuzetno značajna. (Tollazzi et al, 2014., 32.)

Turbo kružna raskrižja opremljena su, ovisnosti o lokaciji turbo kružnog raskrižja, prometnim znakovima, oznakama na kolniku i prometnom opremom definiranim važećim *Pravilnikom o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama (trenutno u tijeku izmjena i dopuna)*. (Tollazzi et al, 2014., 32-33.)

Slika 28. Prometna signalizacija turbo kružnog raskrižja



Izvor: Obrada autora prema Tollazzi et al, 2014., 33-34.

U Nizozemskoj na primjer kod turbo kružnih raskrižja se mora obavezno prometnim znakovima dodatno upozoriti sve vozače na razdjelni trak kako bi se dodatno potaknulo motocikliste da prilagode brzinu vožnje i pravilnom trajektorijom prođu raskrižjem. (Bošnjak, Šimenić, 2014., 5-6.)

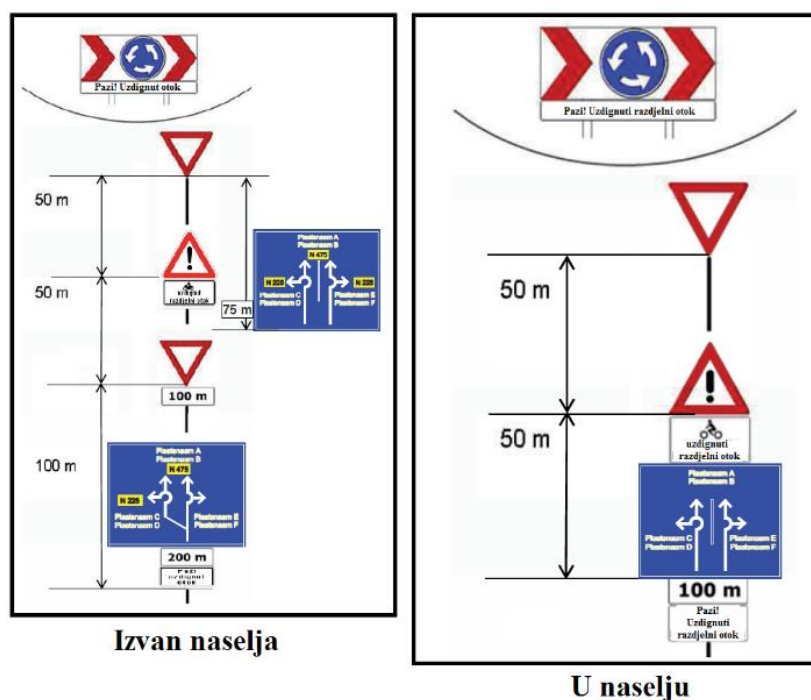
Slika 29. Obavezna vertikalna prometna signalizacija turbo kružnih raskrižja u Nizozemskoj



Izvor: Bošnjak, Šimenić, 2014., 6

Prometni znak A27 (Raskrižje s kružnim tokom) s dopunskom pločom E01 (na udaljenosti od znaka; 100.00 m) i E07 (tekst: Pazi uzdignut otok) postavlja se na udaljenosti ~100.00 m od raskrižja, a znak A01 (Opasnost na cesti) i dopunska ploča E15 (motociklist s tekstom; uzdignuti razdjelni otok) postavlja se na udaljenosti ~50.00 m od raskrižja u naselju. (Bošnjak, Šimenić, 2014., 6.)

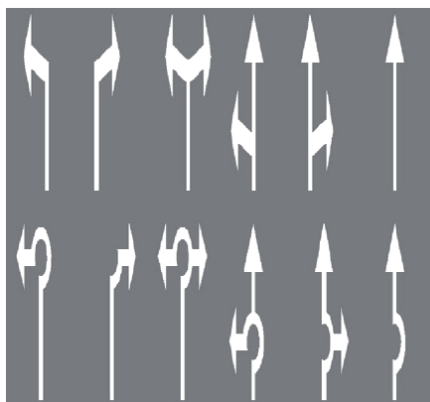
Slika 30. Postavljanje vertikalnih prometnih znakova na prilazu turbo kružnom raskrižju u Nizozemskoj



Izvor: Obrada autora prema Fortuijn, 2013., 58.

Za optimalno funkcioniranje turbo kružnog raskrižja neophodno je da korisnik, uz pomoć oznaka za preostrojanje, pravovremeno bude obaviješten o tome koju traku treba da koristi. Za pravovremeno i pravilno obavješćavanje vozača konstruirane su specijalne vrste strelica koje slikovito prikazuju smjerove kretanja. Ove specijalne strelice za turbo kružna raskrižja primjenjuju se na prilazima turbo kružnom raskrižju kako na kolniku tako i na putokaznim pločama. (Kenjić, 2009., 83.)

Slika 31. Horizontalna prometna signalizacija; postojeća i prijedlog nove (primijenjena u Europskoj uniji)



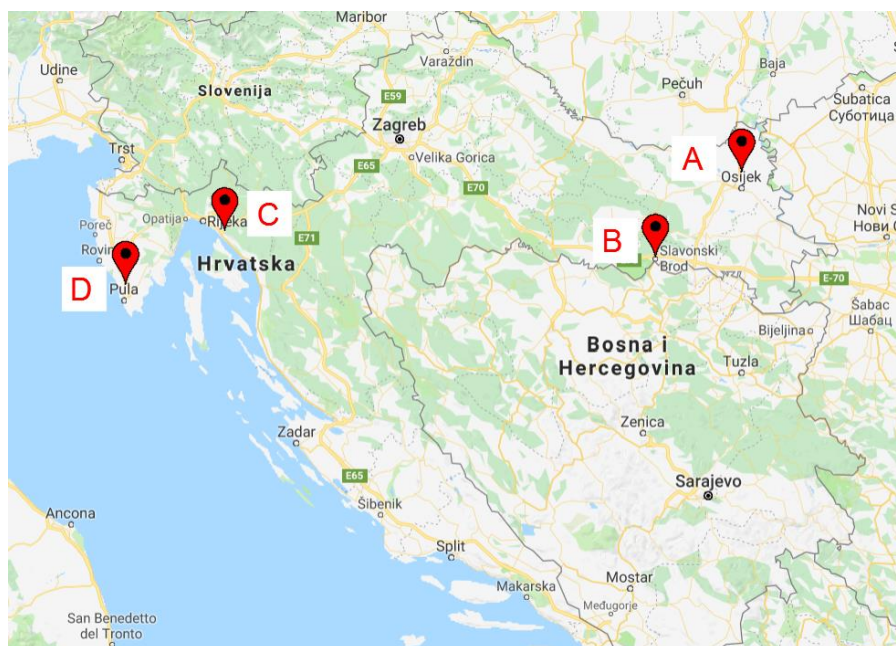
Izvor: Bošnjak, Šimenić, 2014., 6.

Postojećom horizontalnom prometnom signalizacijom sukladno Pravilnikom nije moguće na pravilan, nedvosmislen i jednoznačan način voditi prometne tokove prema uvjetima za turbo kružno raskrižje. Istu je potrebno nadopuniti na način da oblik strelica odgovara položaju prometnih trakova na terenu ili geometriji raskrižja. Posebno je nemoguće bez navedene dopune na pravilan način označiti prometnu traku koja na kružnom raskrižju vodi u smjeru za lijevo. (Bošnjak, Šimenić, 2014., 6.)

3.7. Turbo kružna raskrižja u Hrvatskoj

Hrvatska je relativno nova zemlja koja je počela sa izgradnjom turbo kružnih raskrižja. Do danas je izgrađeno osam turbo kružnih raskrižja, od čega su četiri na području grada Osijeka.

Slika 32. Položaj izgrađenih turbo kružnih raskrižja u Hrvatskoj



Izvor: Obrada autora prema <https://www.google.hr/maps/>, 6. 3. 2019.

A. Osijek – Višnjevac

Osječki turbo kružni tok, otvoren 5. 9. 2014., jedinstven u Hrvatskoj, koji se nalazi na ulazu u Višnjevac, otvoren je nakon dva mjeseca gradnje. Riječ je o investiciji vrijednoj 2,8 milijuna kuna, koju su u promet pustili predstavnici suinvestitora - Grada Osijeka i Hrvatskih cesta. Osnovni smjer prometovanja je istok - zapad, a tu su i dva priključka, prvi iz smjera Đakova, drugi iz Baranje. Kada se ulazi u Višnjevac iz smjera Osijeka (i obrnuto), vozači lijevom trakom ulaze u kružni tok i najkraćom putanjom izlaze iz kružnog toka. Odnosno ulazeći desnom trakom, odmah imaju odvajanje, iz Osijeka za Baranju, odnosno iz Višnjevca u smjeru Đakova. Jednako je tako ako se iz Baranje ulazi u Višnjevac odnosno iz Đakova prema centru grada. (<http://sib.rtl.hr/vijesti/osijek/14134-otvoren-prviturbo-kruzni-tok-u-osijeku.html>, 10. 5. 2019.)

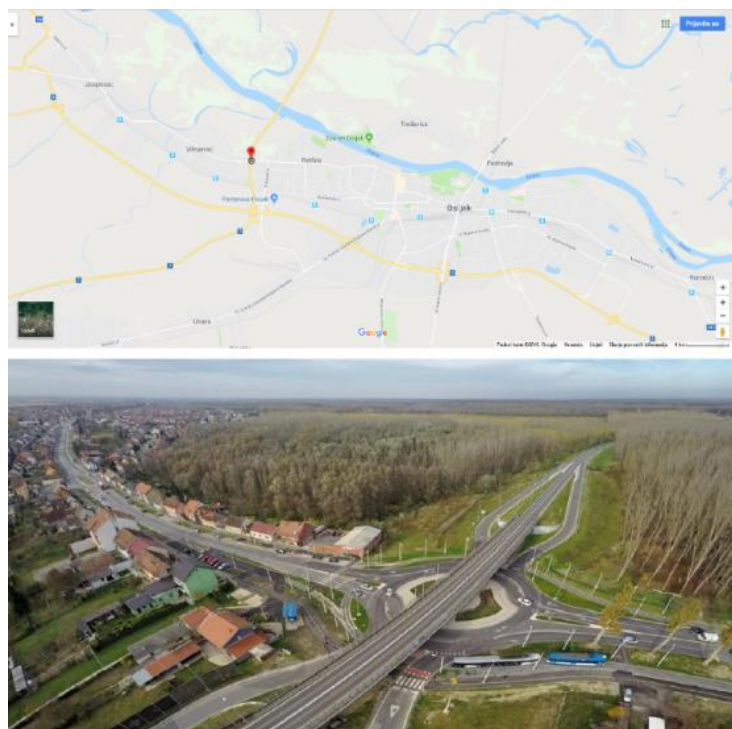
Tablica 6. Detalji izgradnje turbo kružnog raskrižja Višnjevac

Troškovi izgradnje	2.856.537,03 kn s PDV-om
Investitor	Grad Osijek
Izvođač radova	Gradnja d.o.o. Osijek
Trajanje radova	4,5 mjeseca

Izvor: Rencon d.o.o. Osijek – Road Engineering and Consulting

Projektom je obuhvaćena rekonstrukcija postojećeg raskrižja, pripadajuće oborinske odvodnje prometnih površina, te rasvjete prometnih površina. Projektirani kružni tok je prema tipu jajasti turbo rotor – na glavnom smjeru ima dva ulazna i dva izlazna vozna traka, a za sporedni smjer i na ulazu i na izlazu ima jedan vozni trak. Vozni trakovi su razdvojeni spiralnom horizontalnom signalizacijom i fizički elementima za razgraničenje što vozaču omogućuje da samo jednom bira voznu traku i to prije ulaska u rotor, čime se smanjuje broj konfliktnih točaka. (<http://gradnja.hr/features-mainmenu-47/aktualni-projekti/1131-turbo-kruzni-tok-visnjevac>, 6. 3. 2019.)

Slika 33. Turbo kružno raskrižje Višnjevac – lokacija i pogled iz zraka



Izvor: Obrada autora prema <https://www.google.hr/maps/>,
<https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1789901>, 6. 3. 2019.

Slika 36. Turbo kružna raskrižja u Gradu Osijeku – grafički prikaz



Izvor: <https://www.osijek.hr/radovi-na-rekonstrukciji-trpimirove-ulice-na-raskrizju-s-drinskom-ulicom/>, 16. 4. 2019.

Tablica 7. Detalji izvedbe turbo kružnih raskrižja u Gradu Osijeku

	Turbo – 1	Turbo – 2	Turbo – 3
Troškovi izgradnje	6.078.080,90 kn bez PDV-a	5.769.997,82 bez PDV-a	3.859.823, 53 kn bez PDV-a
Investitor	Hrvatske ceste d.o.o. Zagreb	Hrvatske ceste d.o.o. Zagreb, Grad Osijek	Grad Osijek
Izvođač radova	Osijek – Koteks d.d. Osijek	Poduzeće za ceste d.o.o. Slavonski Brod	Osijek – Koteks d.d. Osijek
Trajanje radova	3 mjeseca	4 mjeseca	Ugovor o izvođenju radova potpisan 29. rujna 2017. godine, a rok dovršetka radova je bio 23. srpnja 2018. godine

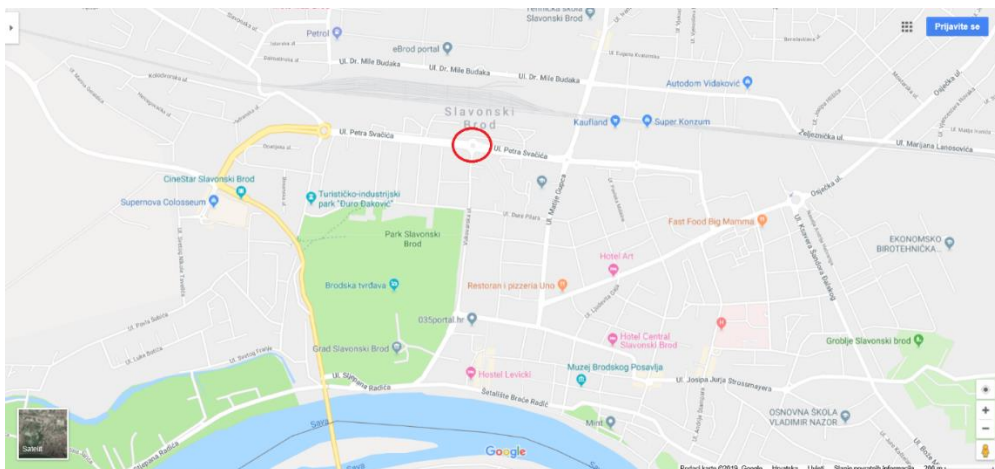
Izvor: Rencon d.o.o. Osijek – Road Engineering and Consulting, Upravni odjel za graditeljstvo, energetska učinkovitost i zaštitu okoliša Grada Osijeka

U cilju smirivanja prometa na ulasku u Grad Osijek, raskrižja s pristupnim ulicama su rekonstruirane u kružna raskrižja. Budući da Ulica kneza Trpimira, odnosno DC 518 ima četverotračni kolnik, projektirani su dvotračni kružni tokovi. U proteklom razdoblju se pokazalo da klasični dvotračni kružni tokovi predstavljaju opasnost u korištenju i kao takvi su zabranjeni u većini zapadnih europskih zemalja. Turbo kružna raskrižja nova su vrsta dvotračnih kružnih tokova sa spiralnim tokom prometa u kojima su prometne trake odvojene signalizacijom i fizički razdvojene malim, ali vidljivim nadvišenima. Ovakvim rješenjima eliminirani su konflikti križanja prometnih traka na izlazima i preplitanjima, te je broj tzv. „konfliktnih točaka“ znatno smanjen. (Upravni odjel za graditeljstvo, energetska učinkovitost i zaštitu okoliša Grada Osijeka)

B. Slavonski Brod

U Slavonskom Brodu, turbo kružno raskrižje je izgrađeno u sklopu proširenja i rekonstrukcije Svačićeve ulice. Ukupna procijenjena vrijednost investicije izgradnje sjevernog kolnika i rekonstrukcije južnog kolnika ulice Petra Svačića (D72) je iznosilo 17.360.000, 00 kuna (bez PDV-a) što uključuje iznose projektiranja i građenja. Izvođač radova je bila zajednica ponuditelja PODUZEĆE ZA CESTE d.o.o. Slavonski Brod, PZC BROD d.o.o. Slavonski Brod i FELIKS REGULACIJA d.o.o. Slavonski Brod. Investitor su Hrvatske ceste. (<http://www.brodportal.hr/clanak/ceka-se-odabir-izvodaca-za-prosirenje-svaciceve-16929>, 10. 4. 2019.)

Slika 37. Lokacija turbo kružnog raskrižja u Slavonskom Brodu



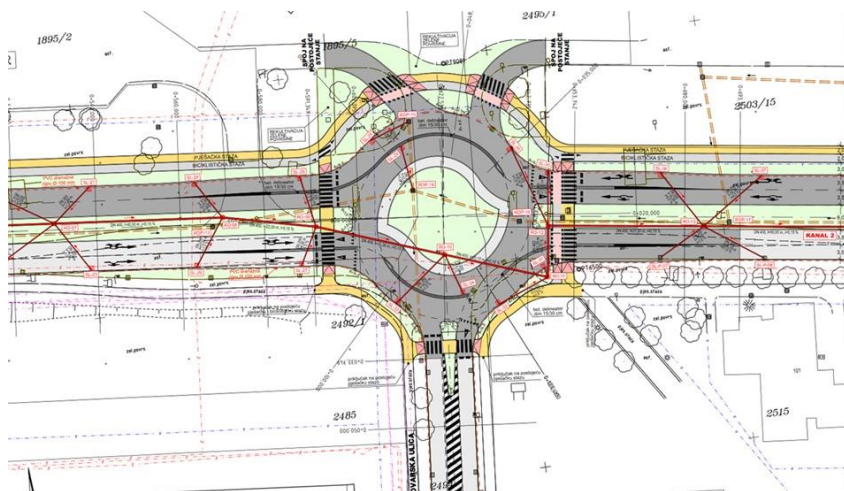
Izvor: Obrada autora prema <https://www.google.hr/maps/>, 16. 4. 2019.

Tablica 8. Detalji izgradnje turbo kružnog raskrižja Slavonski Brod

Troškovi izgradnje	4.800.000,00 kn
Investitor	Hrvatske ceste
Izvođač radova	Poduzeće za ceste d.o.o., Slavonski Brod
Trajanje radova	4 mjeseca

Izvor: Rencon d.o.o. Osijek – Road Engineering and Consulting

Slika 38. Turbo kružno raskrižje u Slavonskom Brodu – grafički prikaz



Izvor:

http://www.sbplus.hr/slavonski_brod/gospodarstvo/gradevinarstvo/na_ovom_mjestu_gradit_c_e_prvi_kruzni_tok_s_dvije_vozne_trake.aspx#.XLUScI9Okhc, 16. 4. 2019.

Slika 39. Turbo kružno raskrižje Slavonski Brod

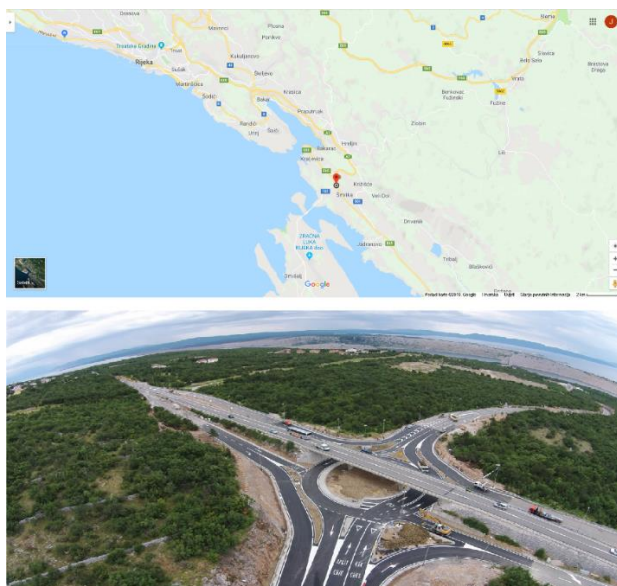


Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=AtZzyMj5hjE>, 29. 3. 2019.

C. Šmrika

Kružno raskrižje Šmrika izgrađeno je u 7-om mjesecu 2014. godine na spoju Jadranske magistrale, riječke obilaznice i dionice prema Krčkom mostu. Navedeno raskrižje predstavlja kombinaciju kružnog raskrižja koji ima izdvojenu prometnu traku za desne skretače iz smjera Otoka Krka za Split te iz smjera Crikvenice za riječku obilaznicu i u samom raskrižju je odvojena prometna traka za smjerove Crikvenica i Otok Krk što bi predstavljalo poluturbo kružno raskrižje.

Slika 40. Turbo kružno raskrižje Šmrika - lokacija i postojeće stanje

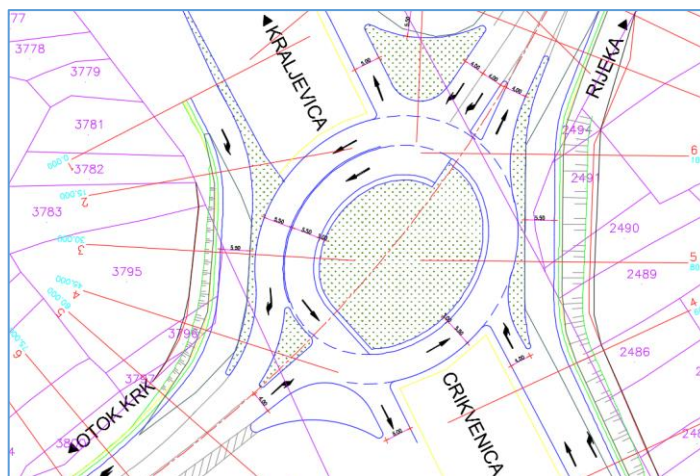


Izvor: <https://www.google.hr/maps/>,

<https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1646095&page=137>, 6. 3. 2019.

Specifičnost navedenog raskrižja što nije u potpunosti turbo kružno raskrižje jer su prometne trake u kružnom prometnom traku fizičke razdvojene samo za smjerove prema Otoku Krku i Crikvenici te stoga vozila koja prilaze iz smjera riječke obilaznice prema raskrižju moraju na vrijeme odabrati odgovarajući prometni trak za navedene smjerove. Iz smjera Otoka Krka i Crikvenice vozila ne moraju odabrati odgovarajući prometni trak zašto što je na prilazu samo jedan kružni prometni trak. Također, vozila koja dolaze iz smjera Kraljevice ne ulaze u kružno raskrižje zato što imaju odvojenu prometnu traku od vozila koja su u kružnom raskrižju.

Slika 41. Grafički prikaz turbo kružnog raskrižja Šmrika



Izvor: Hrvatske ceste – Tehnička ispostava Rijeka

D. Turbo kružna raskrižja kod Grada Pule

Na dionici Šijana – Stanacija Peličeti na samom ulasku u grad Pulu izgrađena su dva nova turbo kružna raskrižja u neposrednoj blizini jedan od drugog. Rađeni su u sustavu rekonstrukcije državne ceste D66 te predstavljaju moderan ulaz u grad Pulu dug kilometar i pol. Pušteni su u promet u veljači 2015. godine i predstavljaju poboljšanje protočnosti i sigurnosti. (Kolak, 2015., 23.)

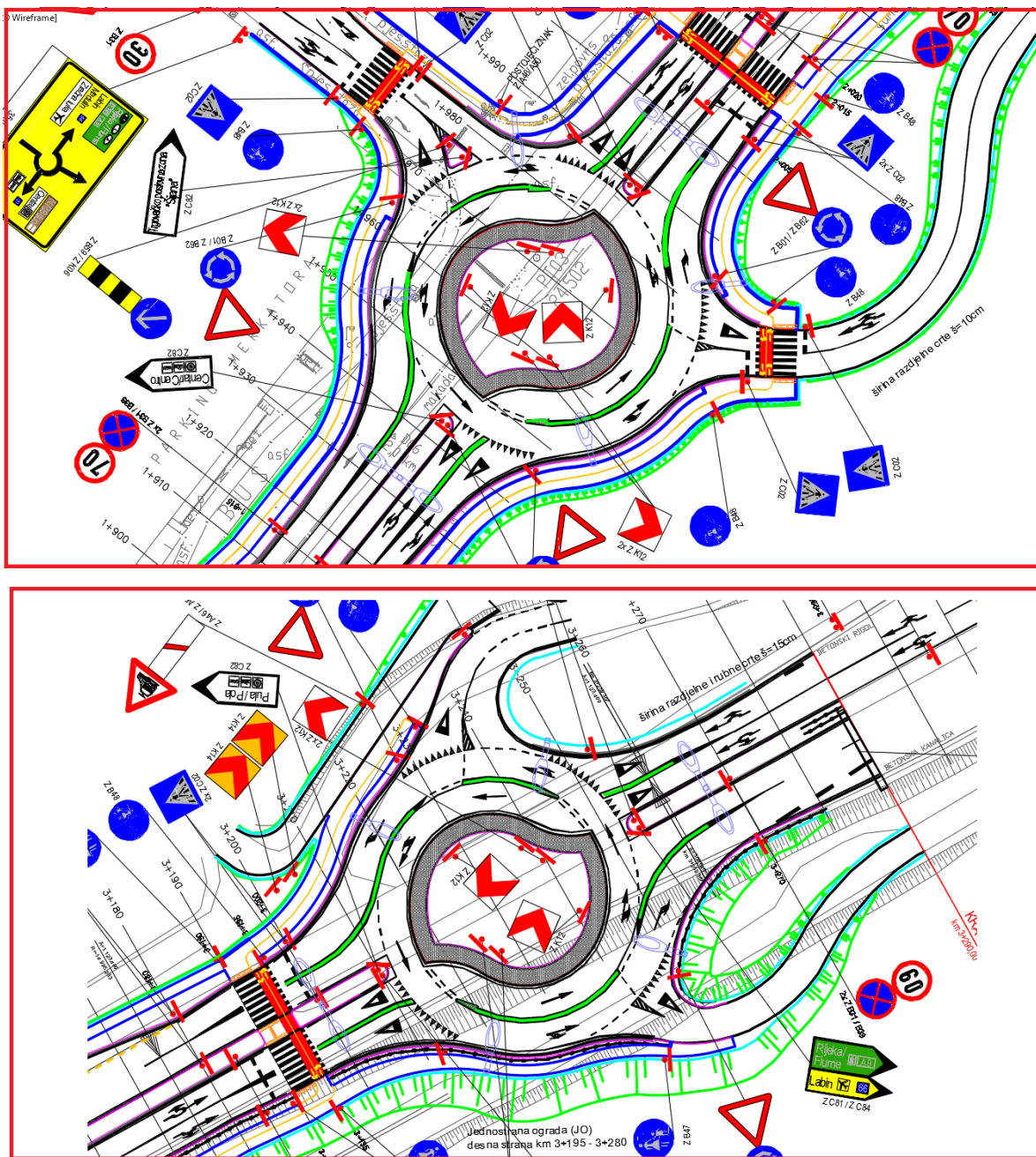
Slika 42. Turbo kružna raskrižja u gradu Puli – lokacija i pogled iz zraka



Izvor: Obrada autora prema <https://www.google.hr/maps/>,
<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html>, 6. 3. 2019.

Predmetna raskrižja su izvedena kao „turbo“ rotori zbog povećanja sigurnosti prometovanja (manji broj konfliktnih točaka u odnosu na klasična kružna raskrižja). Troškovi izgradnje cijele dionice u duljini 1,6 km iznosili su 26.700.000,00 kn (bez PDV-a). Izvođač je bio GP Krk d.d., Krk, nadzor je vršio Učka konzalting d.o.o., Pazin. Radovi su izvođeni od svibnja 2014. do veljače 2015. godine. (Hrvatske ceste – Tehnička ispostava Pula).

Slika 43. Turbo kružna raskrižja u gradu Puli – grafički prikaz



Izvor: Hrvatske ceste – Tehnička ispostava Pula

4. REGULATIVA ZA KRUŽNA RASKRIŽJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Postupci planiranja i projektiranja kružnih raskrižja u Republici Hrvatskoj temelje se na važećoj domaćoj te primijenjenoj inozemnoj regulativi i smjernicama, posebno njemačkim, austrijskoj i švicarskoj, pozitivnim primjerima iz svjetske prakse, te iskustvenoj praksi projektanta. (Pilko, Barišić, 2015., 4.)

Prvi sustavan pristup primjeni kružnih raskrižja započeo je 2002. godine izdavanjem hrvatskih smjernica, *Smjernice za projektiranje i opremanje raskrižja kružnog oblika – rotora*, za Ministarstvo pomorstva, prometa i veza i Hrvatske ceste d.o.o. kao naručitelje, te Institut prometa i veza Zagreb kao izrađivača. (Barišić et al, 2014, 2.)

Osnovni cilj ovih smjernica bili su usmjereni ka postizanju istovjetnosti u projektiranju i izvedbi kružnih raskrižja na javnim cestama u Republici Hrvatskoj. Tada, u nedostatku domaće regulative, prilikom projektiranja kružnih raskrižja primjenjivala se spomenuta inozemna regulativa i inženjerska praksa, što je rezultiralo velikim brojem oblikovano neusklađenih kružnih raskrižja. (Pilko, Barišić, 2015., 4.)

Odgovor na pitanje je li postupak uvođenja prometnih rješenja s kružnim raskrižjem uspješan u praksi može glasiti: djelomično. Veliki je nedostatak da u Hrvatskoj predmetne smjernice nisu obvezujuće za projektante. Međutim, da bi se to postiglo potrebno je uvesti obveznu primjenu smjernica, kao što je praksa u svim razvijenim zemljama. Iako u Hrvatskoj ima primjera kvalitetno projektiranih i izvedenih rješenja kružnih raskrižja, uočeni su nedostaci u postupku planiranja i uvođenja kružnih raskrižja u Hrvatskoj koji bi se mogli sažeti u sljedećem: (Barišić et al, 2014., 3.):

- izvođenje prometnih rješenja s kružnim raskrižjem bez prethodno provedenih analiza opravdanosti izvedbe i izračuna kapaciteta rješenja;
- neadekvatni projektno-tehnički elementi koji omogućuju ulazaka u raskrižje velikim brzinama (tangencijalni spoj);
- neujednačenost projektnih rješenja što može utjecati na smanjenje sigurnosti, što je nepoželjno po principu prepoznatljivosti;
- projekt krajobraznog uređenja središnjeg otoka ne radi se s projektnom dokumentacijom ni uz suradnju s urbanistom ili krajobraznim arhitektom, već se to pitanje ostavlja „za kasnije“.

Međutim, ima primjera koji pokazuju suprotno i daju kvalitetna rješenja, kako u projektno-tehničkim elementima, tako i u uređenju središnjeg otoka i njegova uklapanja u okoliš. Može se zaključiti da je danas, unatoč navedenim izazovima, sve veći broj kvalitetnih prometnih rješenja s kružnim raskrižjem, što je zasigurno rezultat većeg iskustva u primjeni te je vjerojatno da će se takav pravac nastaviti i dalje. Provedena istraživanja među hrvatskim projektantima ukazuju na to da unatoč tomu što smjernice nisu obvezujuće za upotrebu projektanti ih uglavnom koriste. (Barišić et al, 2014., 3.)

Budući da je prošlo dosta vremena od izrade postojećih smjernica, a u međuvremenu su se pojavile nove spoznaje vezane za područje primjene kružnih raskrižja (mini kružna raskrižja, montažna kružna raskrižja te turbo kružna raskrižja), potrebno je smjernice izmijeniti i nadopuniti, kako bi daljnje uvođenje kružnih raskrižja u praksi bilo što kvalitetnije i uspješnije. (Barišić et al, 2014., 3.)

Zbog prethodno navedenih razloga Hrvatske ceste su nakon 12 godina upotrebe postojećih smjernica pokrenule izradu novih smjernica za kružna raskrižja, odnosno izmjenu i dopunu postojećih. Nova regulativa za kružna raskrižja podijeljena je u dvije smjernice (Barišić et al, 20??., 3.):

- *Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama;*
- *Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama.*

Nove smjernice se prvenstveno odnose na kružna raskrižja na državnim cestama, a za očekivati je da bi u skoroj budućnosti ove smjernice trebale postati podloga za izradu smjernica ili pravilnika koji bi vrijedio za sve ceste u Republici Hrvatskoj. Izrada smjernica povjerena je Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, gdje je formirana međunarodna radna grupa za izradu Smjernica. (Barišić et al, 2014., 3.)

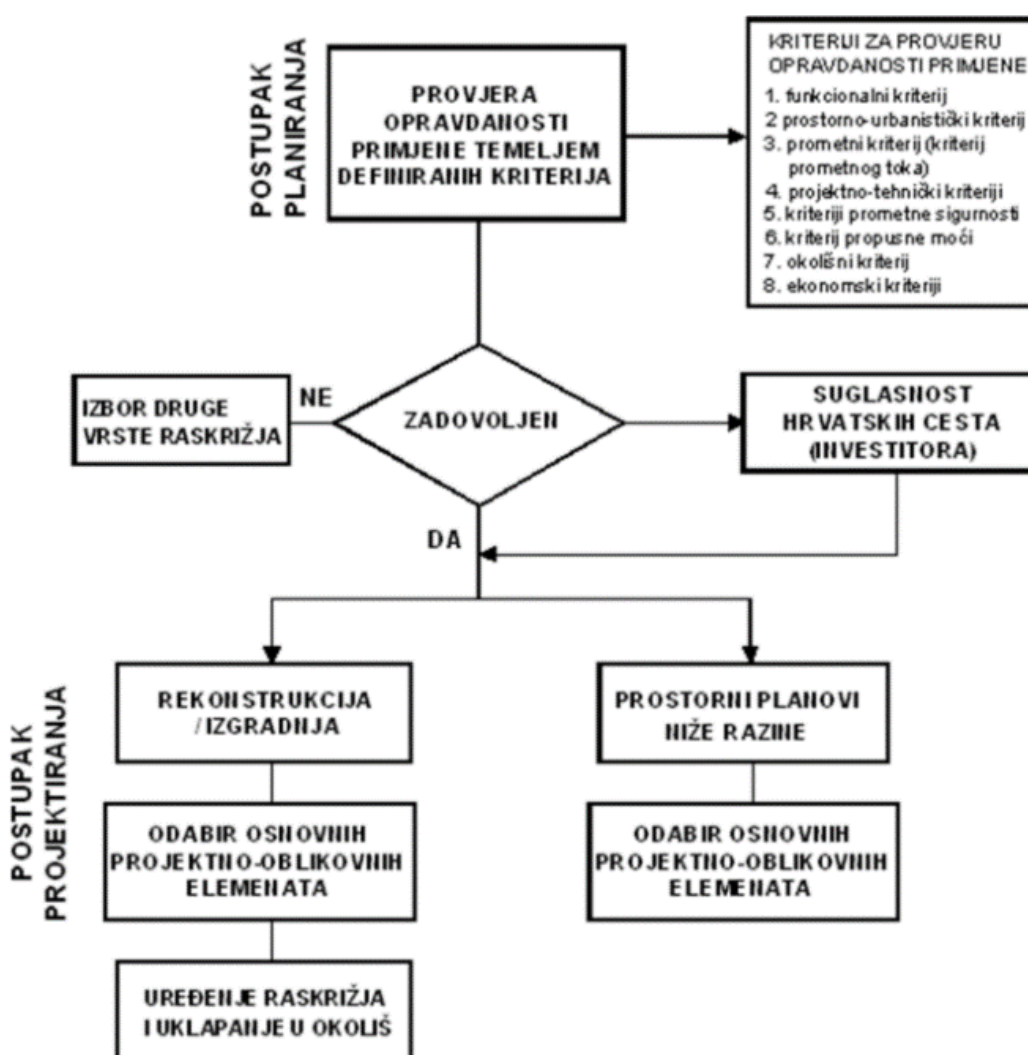
4.1. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama

Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama (dalje u tekstu Smjernice) predstavljaju izmjene i dopune Smjernica za projektiranje i opremanje raskrižja kružnog oblika – rotora iz 2002. godine, a temelje se na smjernicama drugih država

(prvenstveno Slovenije i Nizozemske) kao i iskustvima dosadašnje primjene kružnih raskrižja na području Hrvatske. (Barišić et al, 2014., 3.)

Obvezatni dio postupka planiranja i projektiranja kružnih raskrižja, temeljem ovih Smjernica, je analiza opravdanosti primjene kružnog raskrižja, što je novina u odnosu na postojeće smjernice. Analiza opravdanosti primjene kružnih raskrižja se vrši prema kriterijima i metodologiji koja je detaljno opisana i kojom je propisan i obvezni sadržaj analize. (Barišić et al, 2014., 3.)

Slika 44. Postupak primjene Smjernica



Izvor: (Deluka-Tibljaš et al., 2014.. 6.)

Suglasnost na analizu opravdanosti izvedbe kružnog raskrižja izdaju Hrvatske ceste, a suglasnost je potrebno tražiti za sve ranije navedene slučajeve planiranja ili projektiranja kružnog raskrižja na državnim cestama (rekonstrukcija, novo raskrižje, detaljni plan uređenja). Suglasnost na analizu opravdanosti primjene kružnog raskrižja je preduvjet za daljnju razradu projekta raskrižja ili pak predlaganje rješenja kada radi o planskoj dokumentaciji. (Barišić et al, 2014., 4.)

Uz Smjernice dolaze i dodaci s kojima se provjerava opravdanost predloženog rješenja kružnog raskrižja:

- DODATAK A: Provjera opravdanosti primjene prometnog rješenja s kružnim raskrižjem;
- DODATAK B: Proračun propusne moći kružnih raskrižja;
- DODATAK C: Provjera provozne brzine kroz kružno raskrižje;
- DODATAK D: Provjera provoznosti mjerodavnog vozila kroz kružno raskrižje;
- DODATAK E: Provjera preglednosti u kružnim raskrižjima;
- DODATAK F: Prometne signalizacija na kružnim raskrižjima – primjeri i specifikacije

4.2. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama

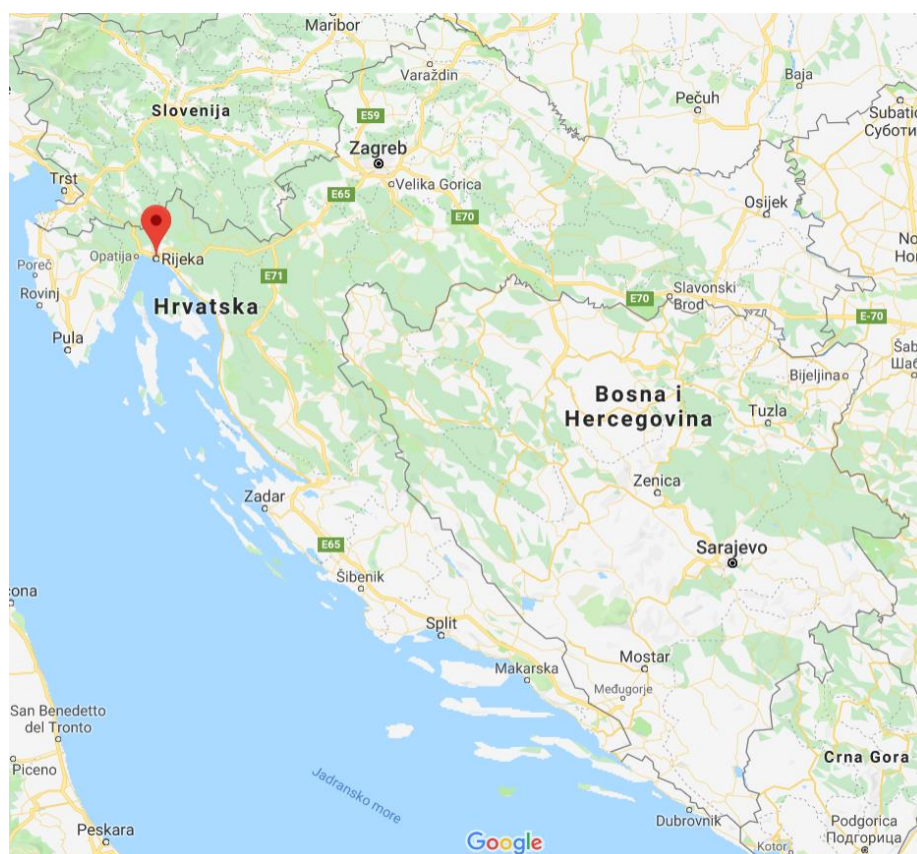
S obzirom da su prva kružna raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika (u nastavku: turbo kružna raskrižja) u Hrvatskoj već izvedena, ili su u fazi projektiranja, za vjerovati je da će ove smjernice pomoći u oblikovanju navedenih raskrižja. Ove smjernice određuju osnove za prometno-tehničko, projektno-tehničko i prometno-sigurnosno oblikovanje turbo kružnih raskrižja na državnim cestama u Republici Hrvatskoj. Smjernice sadrže područja primjene turbo kružnih raskrižja, objašnjenja pojmova, značajke turbo kružnih raskrižja, kriterije za opravdanost njihove primjene, tipizaciju turbo kružnih raskrižja, metodologiju proračuna kapaciteta, metodologiju odabira odgovarajućih projektno-tehničkih elemenata, prometnu signalizaciju i opremu i posebne detalje pojedinih elemenata turbo kružnih raskrižja. (Barišić et al, 2014., 5-6.)

5. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA DVOTRAČNOG KRUŽNOG RASKRIŽJA RUJEVICA

Dvotračno kružno raskrižje Rujevica nalazi se u Gradu Rijeci koje je ujedno i središte Primorsko-goranske županije. Grad Rijeka nalazi se na 14°26' istočne geografske dužine i 45°21' sjeverne geografske širine. Smješten uz Kvarnerski zaljev, Grad Rijeka ima iznimno dobar geografski položaj, što je njegova najveća komparativna prednost i preduvjet za razvoj pomorskog gospodarstva, kao i svih djelatnosti veznih uz more. (Strategija, 2013., 15-16.)

Grad Rijeka zauzima površinu od 13.600 ha, a od toga na kopneni dio otpada 4.355 ha. Taj prostor nije dovoljno velik za razvojne potencijale grada, a na njemu žive 128.624 stanovnika (prema popisu stanovništva iz 2011.), što daje jednu od najvećih gustoća naseljenosti u ovom dijelu Europe, od 2.923 stanovnika po km². (Strategija, 2013., 12.)

Slika 45. Položaj Grada Rijeke



Izvor: <https://www.google.hr/maps/>, 20. 3. 2019.

Sukladno odredbama važećeg Zakona o cestama (NN 84/11, NN 22/13, NN 54/13, NN 148/13, NN 92/14), prometnice u Gradu Rijeci razvrstane su u tri kategorije: autoceste, državne ceste i nerazvrstane ceste.

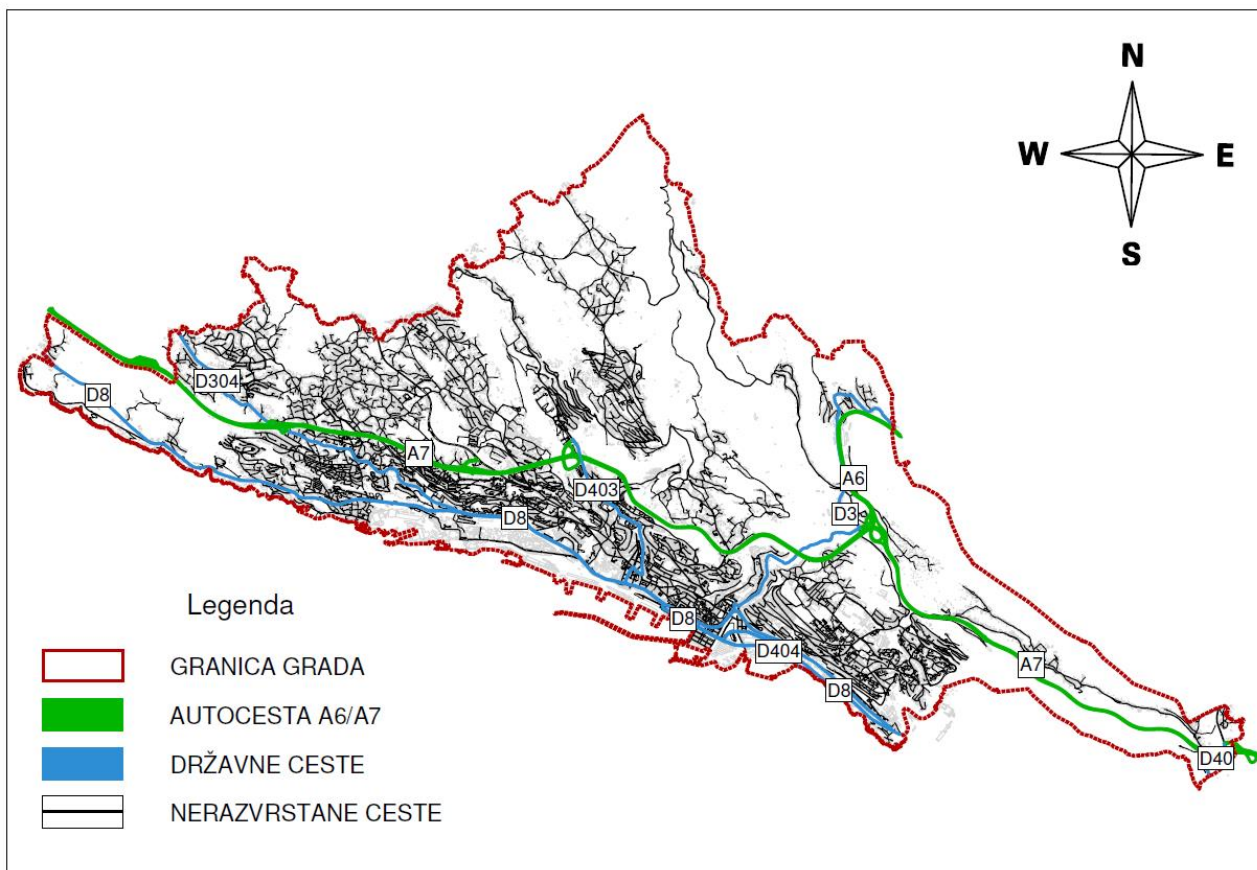
(http://www.rijekapromet.hr/hr/kategorizacija_cesta/433/69, 20. 3. 2019.)

Autoceste na području Rijeke obuhvaćaju dva glavna cestovna pravca: A6 (od čvora Orehovica prema čvoru Čavle) i A7 (između čvorova Sv. Kuzam i Diračje) koji je na širem riječkom području ustrojen kao zona van sustava naplate pod nazivom Riječka obilaznica. Upravljanje i održavanje autocesta na području Rijeke u nadležnosti je tvrtke HAC d.o.o.

Državne ceste obuhvaćaju najvažnije i najprometnije cestovne pravce unutar gradskog područja, a kategoriziraju se oznaka (u gradu Rijeci postoje četiri pravca državnih cesta: D3, D8, D304, D403 i D404). Upravljanje i održavanje državnih cesta u gradu Rijeci u nadležnosti je Hrvatskih cesta d.o.o. – Ispostava Rijeka (Nikole Tesle 9/IX).

Nerazvrstane ceste obuhvaćaju sve preostale gradske prometnice namijenjene javnom prometu vozila, a njihova kategorizacija vrši se prema ulicama. Nerazvrstanim cestama upravlja Grad Rijeka, a njihovo održavanje Odlukom o prometu Grada Rijeke povjereno je Rijeka Prometu d.d. Sukladno odredbama Zakona o cestama („Narodne novine“, broj 84/11) i Odluke o cestama na području velikih gradova koje prestaju biti razvrstane u javne ceste („Narodne novine“ broj 44/12) početkom 2013. godine Grad Rijeka preuzeo je od Županijske uprave za ceste Primorsko-goranske županije na upravljanje i održavanje sve županijske i lokalne ceste na području grada Rijeke (ukupno 64,18 km).

Slika 46. Kategorizacija cesta – grafički prikaz



Izvor:

http://www.rijekapromet.hr/upload/2016%20godina/kategorizacija_cesta_grad_rijeka%202010.2016.pdf, 20. 3. 2019.

5.1. Lokacija raskrižja

Dvotračno kružno raskrižje Rujevica nalazi se na sjeverozapadnom dijelu Grada Rijeke, u neposrednoj blizini spoja na riječku obilaznicu (autocesta A7 – od graničnog prijelaza Rupa do čvorišta Križišće – most Krk). Riječka obilaznica ima u prvom redu ulogu brze ceste, a čak je upitan i sam naziv *obilaznica*, jer ta cesta ne obilazi grad već prolazi rubom gradskog središta te vrši ulogu autoceste. Riječka obilaznica se koristi kao gradska prometnica, jer ima dovoljno uključenja/isključenja, te je praktična da se brzo stigne iz jednog dijela grada u drugi. (Čop, 2013., 23.)

Slika 47. Makrolokacija kružnog raskrižja Rujevica



Izvor: Obrada autora prema <https://www.openstreetmap.org/#map=14/45.3410/14.4123>, 28. 4. 2019.

Predmetno raskrižje povezuje riječku obilaznicu sa gravitacijskim područjima gradskih stambenih naselja: Rujevica, Podmurvice, Pehlin, Turnić i Krnjevo te naselja Marinići, Hosti, Gornji Zamet, i dr. i gravitacijskim područjem cjelokupne općine Viškovo. Na samom raskrižju nalazi se trgovački centar Interspar koji je izdvojio novčana sredstva za izgradnju predmetnog kružnog raskrižja.

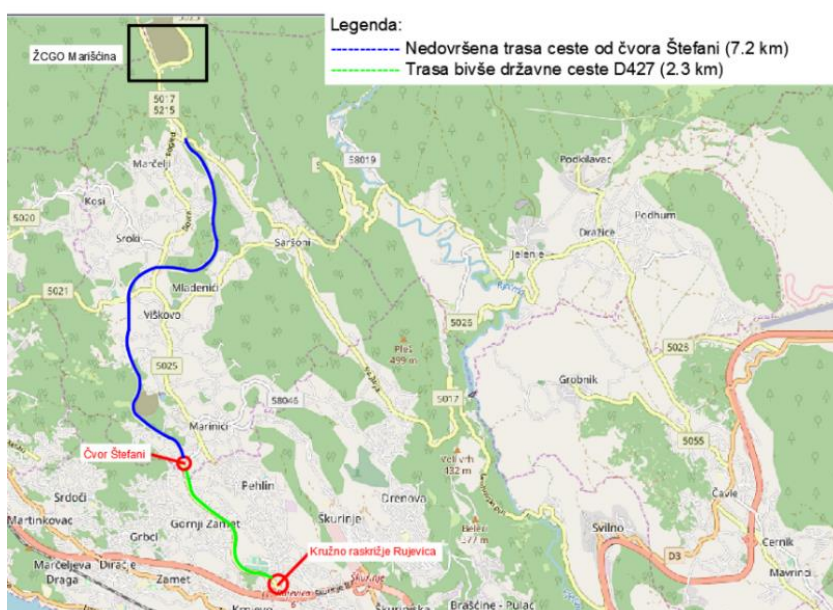
Slika 48. Mikrolokacija kružnog raskrižja Rujevica



Izvor: Obrada autora prema <http://hac.hr/interaktivna-karta-autocesta->, 30. 5. 2019.

Kružno raskrižje Rujevica je smješteno na trasi bivše državne ceste D427 koja je posljednjim razvrstavanjem javnih cesta prešla u nadležnosti Grada Rijeke na području administrativnih granica Grada Rijeke i danas je nerazvrstana cesta. Ostale prometnice koje vode prema kružnom raskrižju su također nerazvrstane ceste u nadležnosti Grada Rijeke, odnosno poduzeća Rijeka Promet d.d. Kružno raskrižje predstavljat će poveznicu između riječke obilaznice i centra za gospodarenjem otpadom Marišćina gdje je potrebno izgraditi dionicu Marinići – Viškovo i dionicu Viškovo – Marčelji.

Slika 49. Dionica Kružno raskrižje Rujevica – Viškovo – Marčelji



Izvor: Obrada autora prema <https://www.openstreetmap.org/#map=14/45.3410/14.4123>, 28. 4. 2019.

5.2. Opis raskrižja

Raskrižje je u razini, sastoji se od četiri privoza, svaki privoz ima ulaz u kružno raskrižje s dvije prometne trake, osim privoza iz Interspara koji ima jednu prometnu traku. Na svakom privozu postavljen je pješački prijelaz za ukošenim rubnjacima i taktilnom površinom čepaste strukture za slijepo i slabovidne osobe. Biciklistička infrastruktura (biciklistička staza/traka) nije postavljena na privozima raskrižju. Na svim privozima su postavljeni i fizičko odvojeni nogostupi za pješake. Raskrižje je osigurano prometnim znakovima (horizontalna i vertikalna signalizacija) te prometnom opremom. Ograničenje brzine u zoni raskrižja je 40 km/h.

U **Prilogu 1** prikazano je postojeće stanje raskrižja sa aspekta prometne signalizacije i opreme.

Slika 50. Orto foto postojeće stanja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica



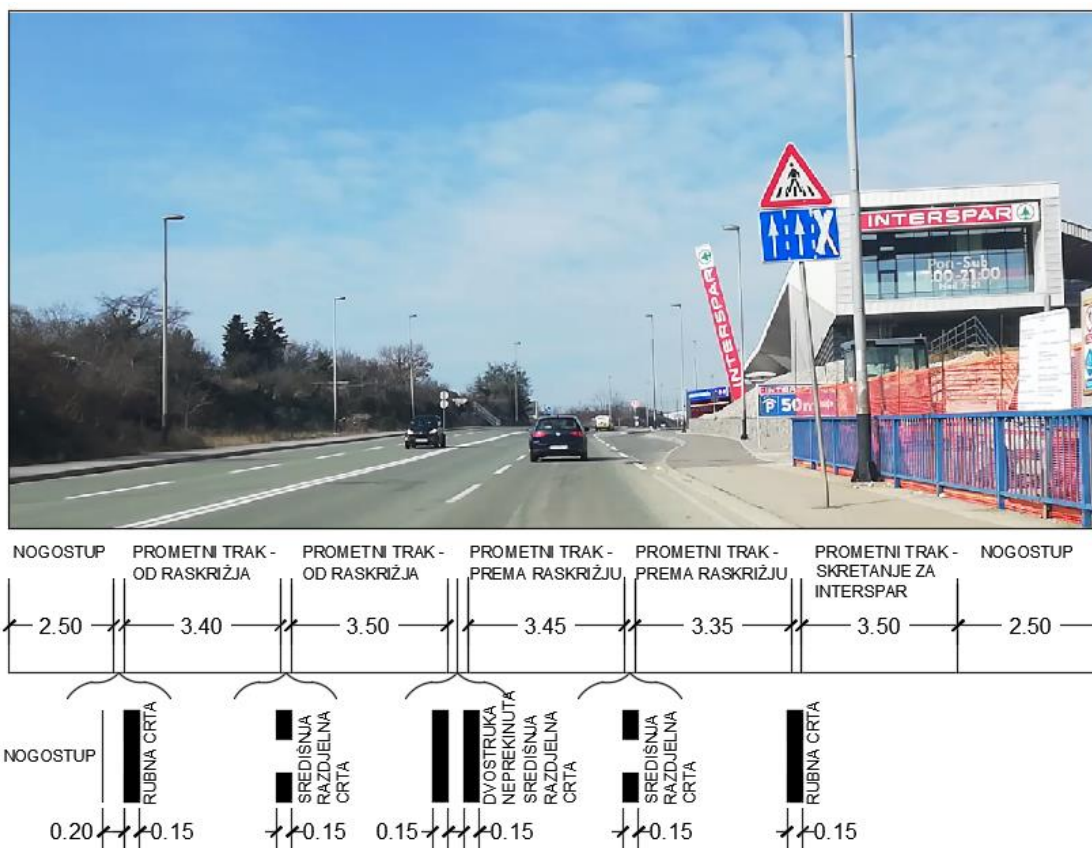
Izvor: Obrada autora prema <http://gis.rijeka.hr/gis/>, 9. 5. 2019.

U **Prilogu 2** prikazane su dimenzije kružnog raskrižja Rujevica.

5.2.1. Privoz 1 – Ulica Antuna Kosića Rika

Privoz broj 1 označava privoz iz smjera jugoistoka odnosno Ulice Antuna Kosića Rika. Ulica je dvosmjerna gdje se prilazi raskrižju pomoću dviju prometnih traka odnosno izlazi iz raskrižja također pomoću dviju prometnih traka. Prometne trake su od suprotnog smjera razdvojene dvostrukom središnjom razdjelnom crtom. Dodatno je postavljena treća prometna traka za skretanje desno koja služi za skretanje u garažu trgovačkog centra Interspar. S obje strane kolnika osiguran je nogostup širine cca 2,5 m.

Slika 51. Ulica Antuna Kosića Rika – dimenzije privoza

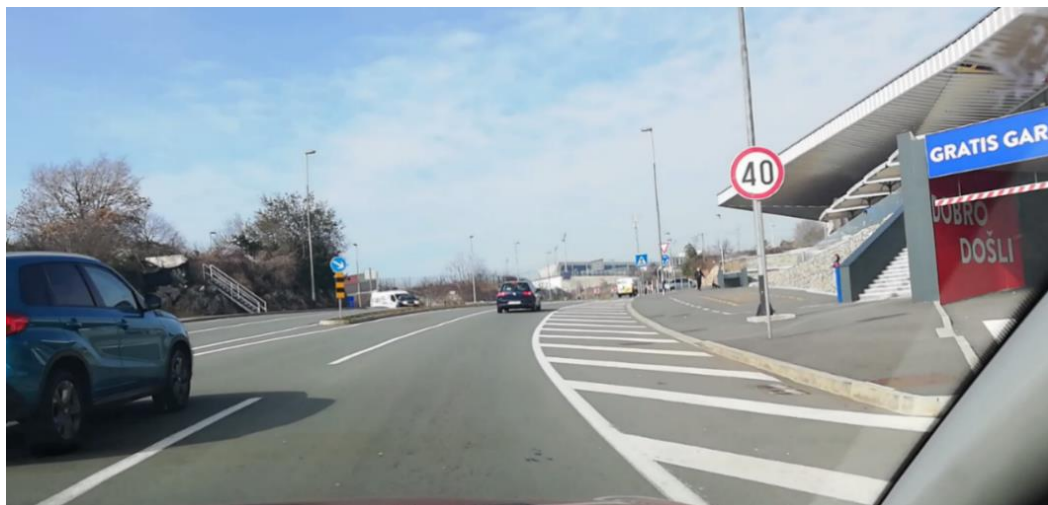


Izvor: Obrada autora, 22. 2. 2019.

Na prilazu raskrižju, razdjelni otok razdvaja vozila iz suprotnog smjera. Razdjelni otok je na najširem dijelu širine 5,45 m, a na najužem širine 1,35 m. Pješački prijelaz je smješten na udaljenosti 10,45 m od kružnog kolnika i širine je 4,10 m. Vertikalni prometni znakovi postavljeni na prilazu raskrižju su znakovi opasnosti (A27, A33), znakovi izričitih naredbi (B01, B31, B59, B62), znakovi obavijesti (C02, C86 – prilagođeni znak, C82), znakovi obavijesti za vođenje prometa (D05) i dopunska ploča (E01).

Horizontalni prometni znakovi su oznake na kolniku (H01, H02, H05, H18, H50), a prometna oprema je K06 (za označavanje prometnog otoka) i K12.

Slika 52. Privoz 1 – Ulica Antuna Kosića Rika



Izvor: Obrada autora, 22. 2. 2019.

5.2.2. Privoz 2 – Interspar

Privoz broj 2 označava privoz iz smjera sjevera odnosno trgovačkog centra Interspar koji vodi prema vanjskom parkiralištu i garaži trgovačkog centra, a sastoji se od prometne trake širine 5,40 m neposredno ispred kružnog raskrižja, a 4,00 m ispred pješačkog prijelaza. Prometni trak iz kružnog raskrižja prema privozu je širine cca 4,50 m. Razdjelni otok razdvaja vozila iz suprotnog smjera i širina na najužem dijelu iznosi 3,25 m, a na najširem dijelu 8,65 m.

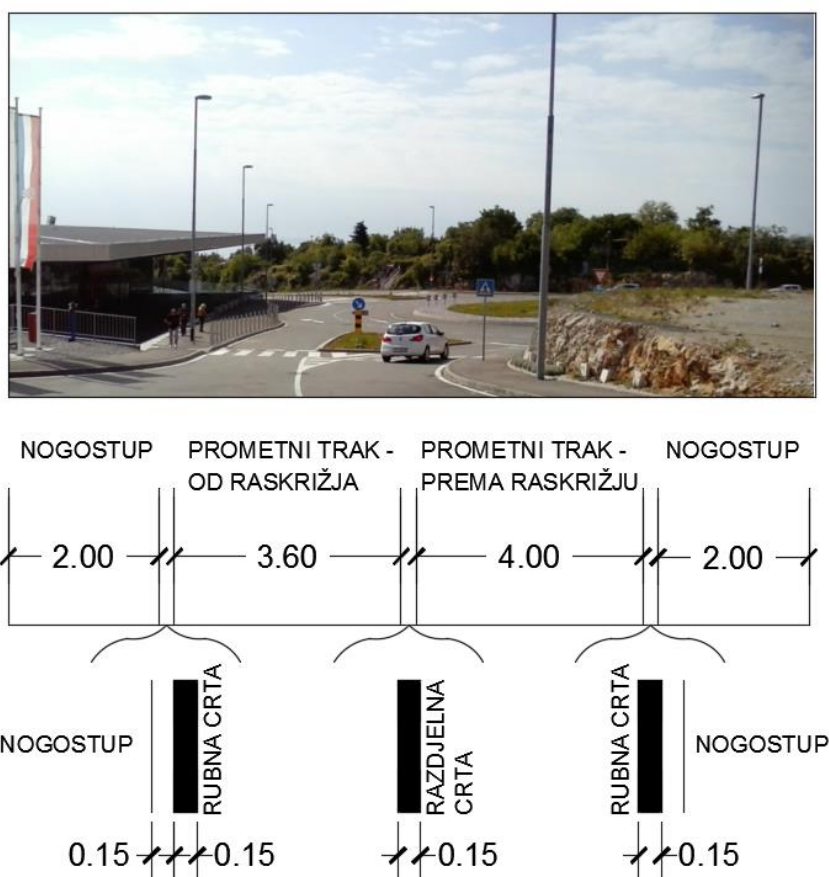
Slika 53. Privoz 2 – Interspar



Izvor: Obrada autora, 18. 7. 2018.

Pješački prijelaz je postavljen na udaljenosti 10,65 m od kružnog kolnika i širine je 3,75 m. Prometni znakovi (vertikalni) postavljeni na prilazu raskrižju su znakovi izričitih naredbi (B01, B59, B62), znakovi obavijesti (C02, C82). Prometni znakovi (horizontalni) su oznake na kolniku (H01, H18, H50), a prometna oprema je K06 (označavanje prometnog otoka) i K12.

Slika 54. Smjer iz Interspara – dimenzije privoza



Izvor: Obrada autora, 24. 3. 2019.

5.2.3. Privoz 3 – Viškovo

Privoz 3 označava privoz smjera sjeverozapad odnosno Viškova te se promet odvija dvosmjerno gdje za oba smjera su osigurane dvije prometne trake odvojene sa po dvije središnje razdjelne crtom. S obje strane kolnika osiguran je nogostup širine cca 2,3 m. Razdjelni otok na prilazu raskrižju razdvaja vozila iz suprotnog smjera i širina na najužem dijelu iznosi 0,95 m, a na najširem dijelu 6,78 m.

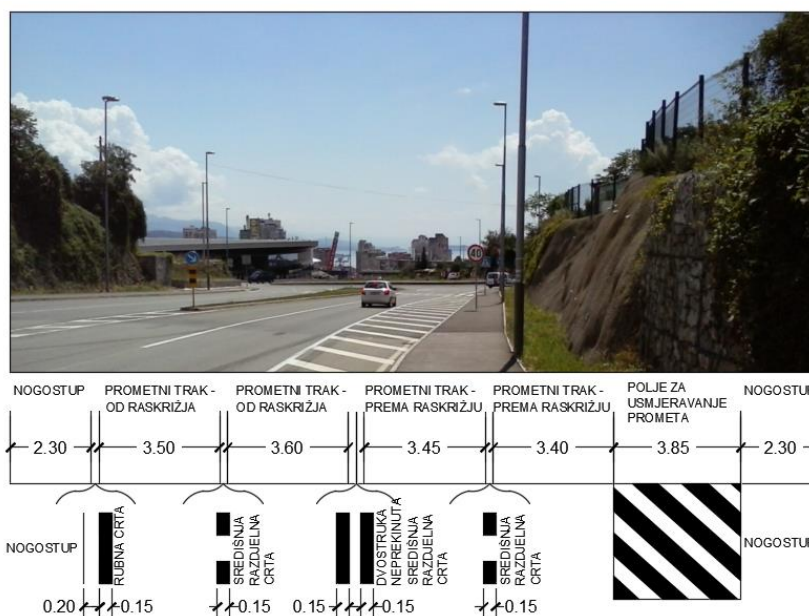
Slika 55. Privoz 3 – Viškovo



Izvor: Obrada autora, 6. 7. 2018.

Pješački prijelaz je postavljen na udaljenosti 10,90 m od kružnog kolnika i širine je 4,1 m. Prometni znakovi (vertikalni) postavljeni na prilazu raskrižju su znakovi opasnosti (A27, A33), znakovi izričitih naredbi (B01, B31, B59, B62), znakovi obavijesti (C02, C86 – prilagođeni znak, C82), znakovi obavijesti za vođenje prometa (D05) i dopunska ploča (E01). Prometni znakovi (horizontalni) su oznake na kolniku (H01, H02, H05, H18, H50), a prometna oprema je K06 (označavanje prometnog otoka) i K12.

Slika 56. Smjera iz Viškova – dimenzije privoza



Izvor: Obrada autora, 6. 7. 2018.

5.2.4. Privoz 4 – Obilaznica

Privoz 4 je privoz iz smjera zapada odnosno smjera koji vodi prema i od obilaznice, se sastoji od dvije prometne trake za smjer prema raskrižju odnosno dvije prometne trake koje vode od kružnog raskrižja. S obje strane kolnika osiguran je nogostup do pješačkog prijelaza širine cca 2,4 m. Razdjelni otok razdvaja vozila iz suprotnog smjera i širine je cca 2,60 m.

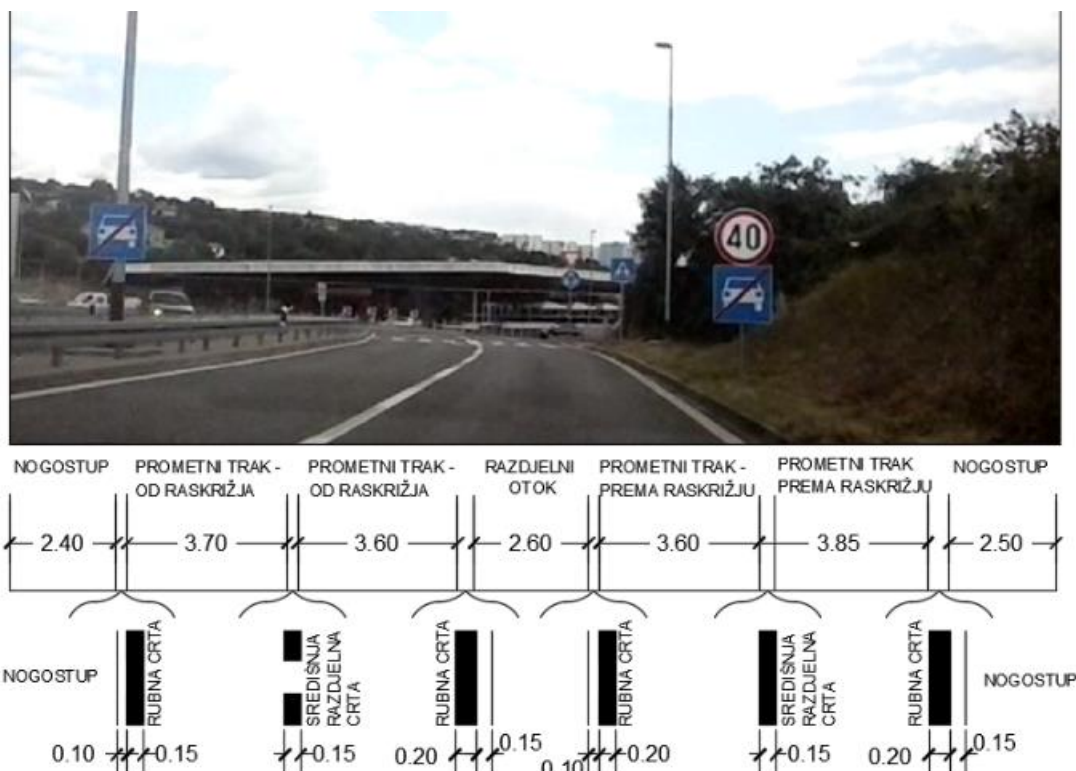
Slika 57. Privoz 4 – Obilaznica



Izvor: Obrada autora, 24. 3. 2019.

Pješački prijelaz je postavljen na udaljenosti od 9,45 m od kružnog kolnika i širine je 3,93 m. Prometni znakovi (vertikalni) postavljeni na prilazu raskrižju su znakovi izričitih naredbi (B01, B31, B62), znakovi obavijesti (C02, C69, C82), znakovi obavijesti za vođenje prometa (D05). Prometni znakovi (horizontalni) su oznake na kolniku (H01, H02, H05, H18, H50). Prometna oprema je K12.

Slika 58. Smjera sa Obilaznice – dimenzije privoza



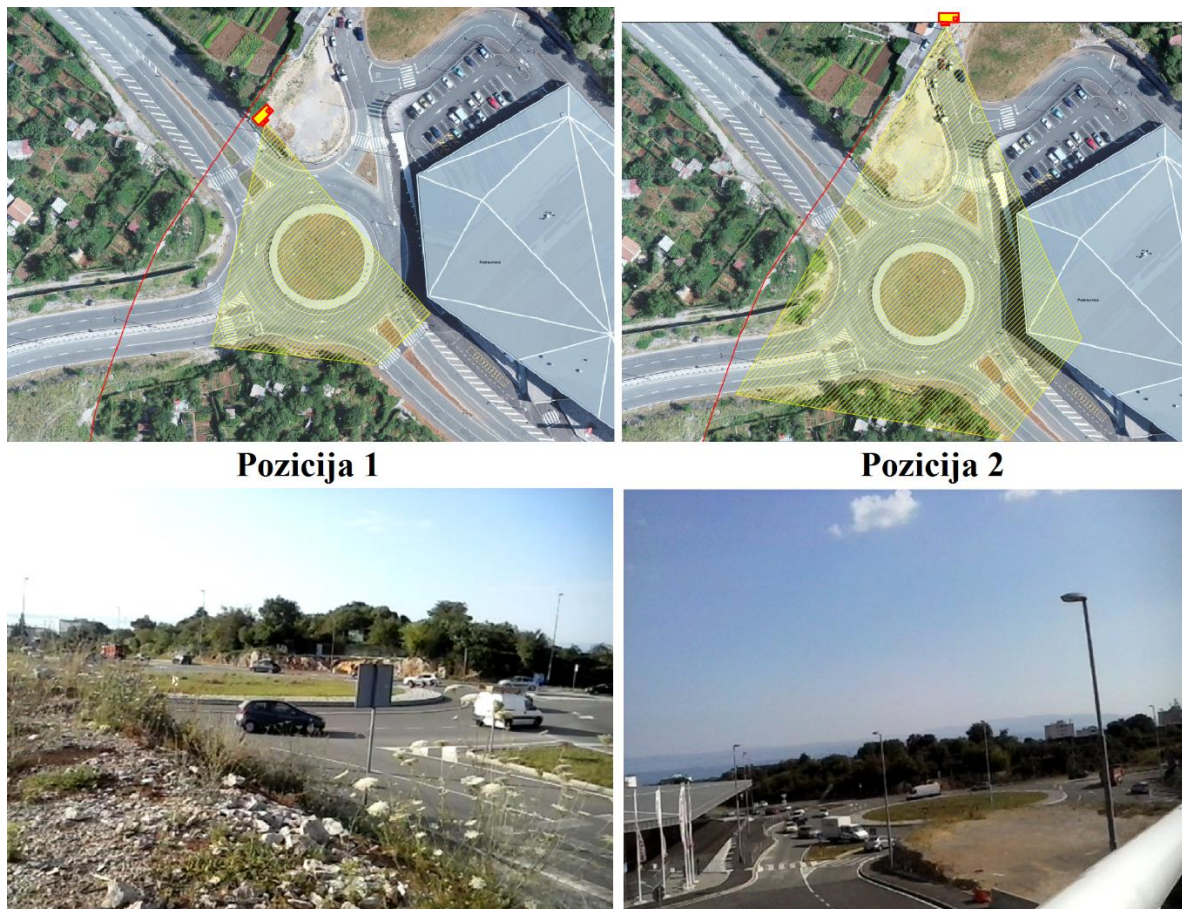
Izvor: Obrada autora, 9. 7. 2018.

5.3. Analiza prometnog opterećenja

Brojanje prometa je provedeno u karakterističnom danu u srijedu (18. srpnja 2018. godine) u vremenskom periodu jutarnjeg vršnog sata od 07:00 do 08:00 i popodnevnog vršnog sata od 16:00 do 17:00. Brojanje prometa je izvršeno snimanjem uređajem LG Optimus L4 II E440. Snimano je u rezoluciji 640*480 piksela što je dovoljna rezolucija za naknadnu obradu video snimke.

Pozicija postavljanja kamere odabrane su tako da se na prvoj poziciji vide privozi 2 i 3, a na drugoj poziciji privozi 1 i 4.

Slika 59. Pozicije i obuhvat snimanja prometa



Izvor: Obrada autora, 18. 7. 2019.

Dobivena video snimka se prebacila na računalo kako bi se analizom snimke utvrdilo broj vozila koja prolaze navedenim raskrižjem. Svaka kategorija vozila množena je određenim koeficijentom i tako svedena na jedinstvenu mjeru: putničko automobilsku jedinicu – PAJ.

Brojena vozila su svrstana u četiri kategorije:

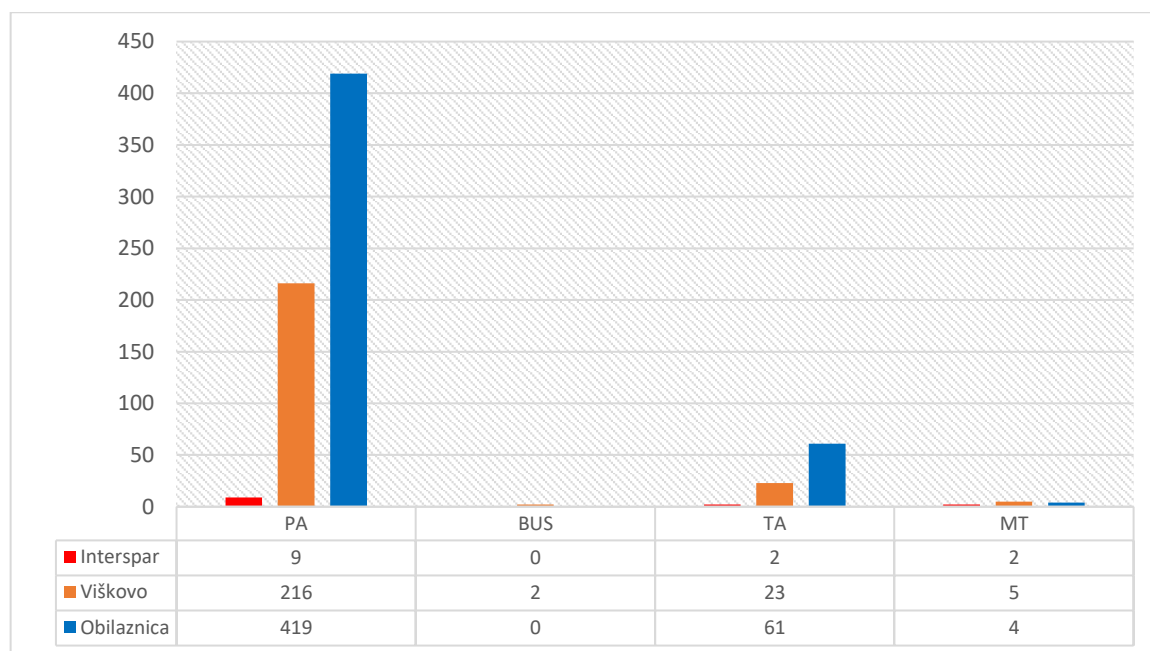
- Osobna vozila = 1,0 PAJ
- Autobusi = 2,0 PAJ
- Teretna vozila = 2,0 PAJ
- Motocikli = 0,5 PAJ

Tablica 9. Broj vozila sa privoza 1 (Ulica Antuna Kosića Rika)

			VRSTA VOZILA				UKUPNO	
	PRIVOZ	SMJER	PA	BUS	TA	MT	Br. vozila	Br. PAJ
JVS (07:00-08:00)	Antuna Kosića Rika	Interspar	9	/	2	2	13	16
		Viškovo	216	2	23	5	246	292
		Obilaznica	419	/	61	4	484	604
PVS (16:00-17:00)	Antuna Kosića Rika	Interspar	15	/	1	3	19	19,5
		Viškovo	238	2	25	14	277	318
		Obilaznica	418	/	27	3	448	501
	UKUPNO (JVS)		644	2	86	11	743	912
	UKUPNO (PVS)		671	2	53	20	744	838,5

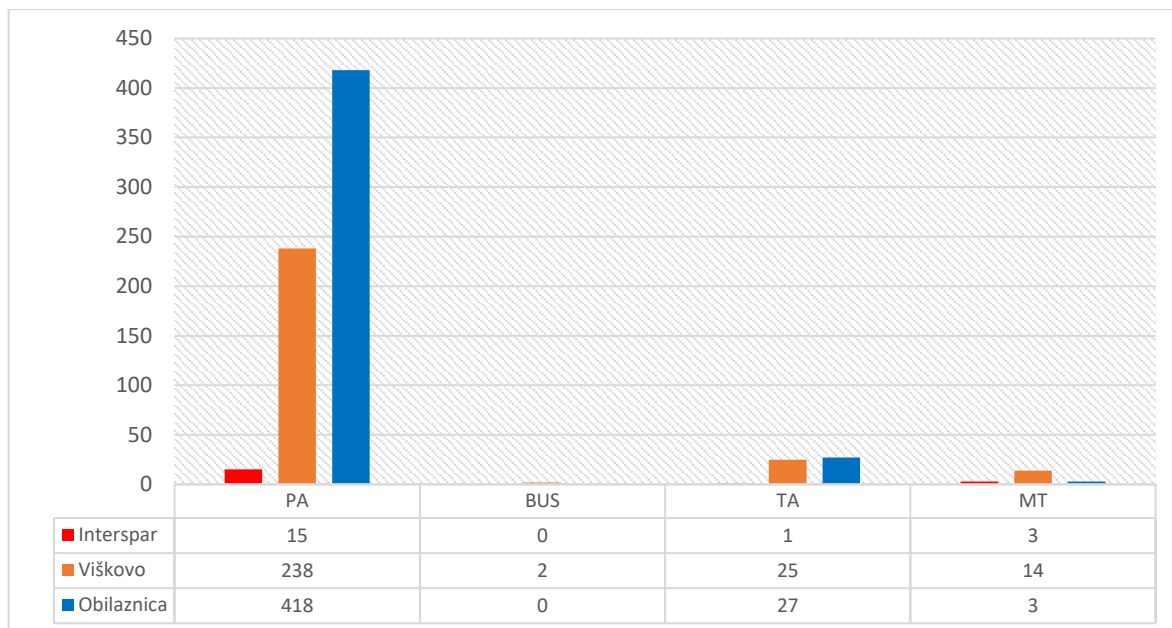
Izvor: Obrada autora

Grafikon 1. Prometno opterećenje privoza 1 u JVS (Ulica Antuna Kosića Rika)



Izvor: Obrada autora

Grafikon 2. Prometno opterećenje privoza 1 u PVS (Ulica Antuna Kosića Rika)



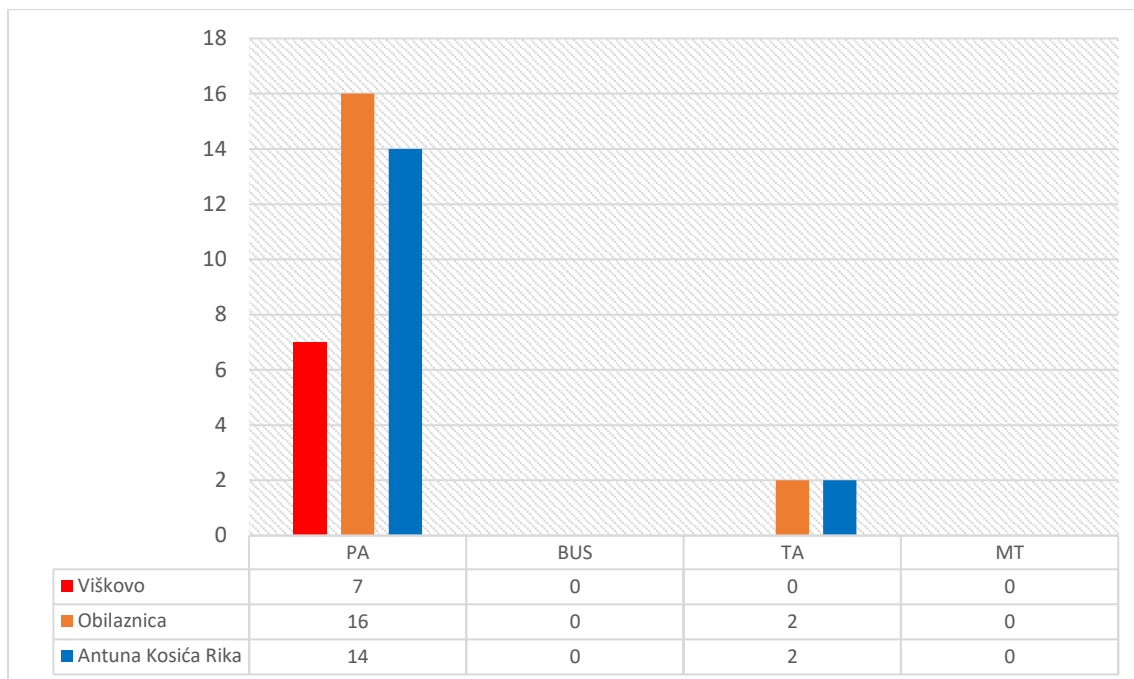
Izvor: Obrada autora

Tablica 10. Broj vozila sa privoza 2 (Interspar)

			VRSTA VOZILA				UKUPNO	
	PRIVOZ	SMJER	PA	BUS	TA	MT	Br. vozila	Br. PAJ
JVS (07:00-08:00)	Interspar	Viškovo	7	/	/	/	7	7
		Obilaznica	16	/	2	/	18	22
		Antuna Kosića Rika	14	/	2	/	16	20
PVS (16:00-17:00)	Interspar	Viškovo	57	/	3	/	60	66
		Obilaznica	63	/	1	2	66	67
		Antuna Kosića Rika	41	/	2	/	43	47
	UKUPNO (JVS)		37	/	4	/	41	49
	UKUPNO (PVS)		161	/	6	2	169	180

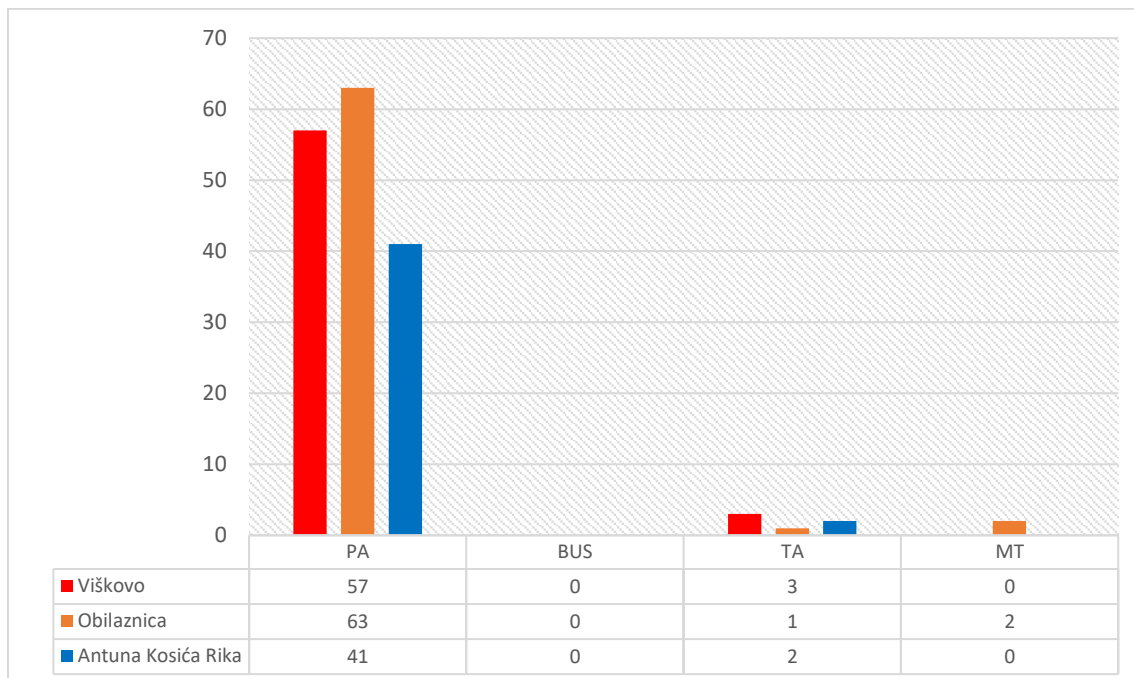
Izvor: Obrada autora

Grafikon 3. Prometno opterećenje privoza 2 u JVS (Interspar)



Izvor: Obrada autora

Grafikon 4. Prometno opterećenje privoza 2 u PVS (Interspar)



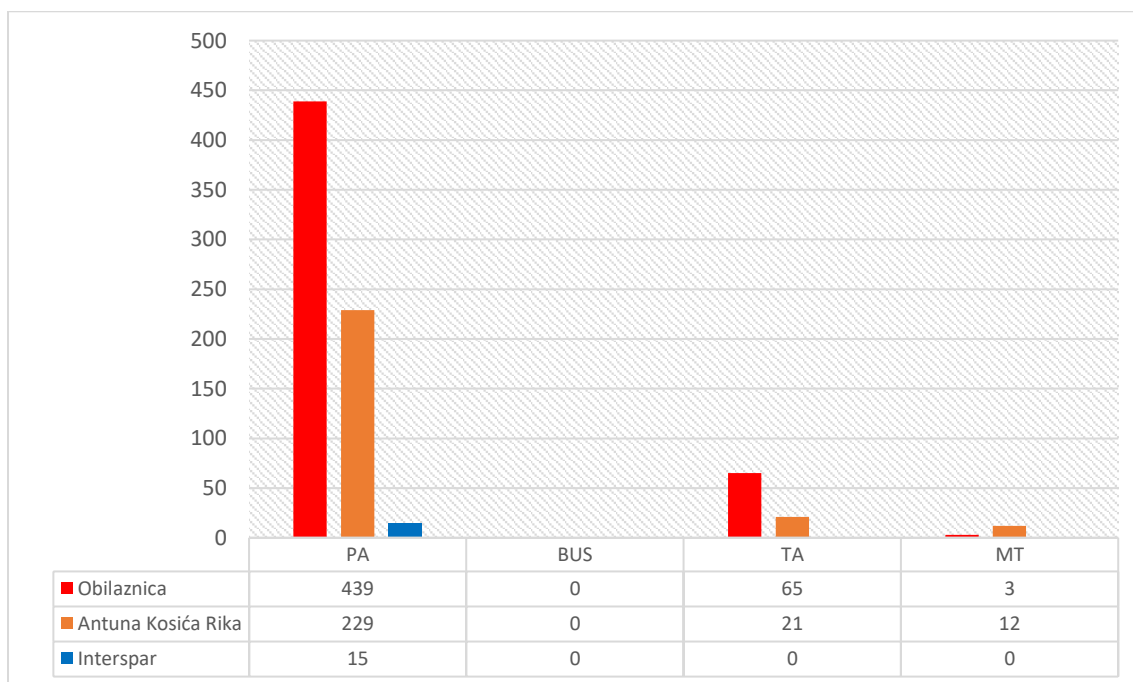
Izvor: Obrada autora

Tablica 11. Broj vozila sa privoza 3 (Viškovo)

			VRSTA VOZILA				UKUPNO	
	PRIVOZ	SMJER	PA	BUS	TA	MT	Br. vozila	Br. PAJ
JVS (07:00-08:00)	Viškovo	Obilaznica	439	/	65	3	507	636
		Antuna Kosića Rika	229	/	21	12	262	298
		Interspar	15	/	/	/	15	15
PVS (16:00-17:00)	Viškovo	Obilaznica	243	/	17	6	266	297
		Antuna Kosića Rika	196	/	6	3	205	216
		Interspar	33	/	1	1	35	36,5
	UKUPNO (JVS)		683	/	86	15	784	949
	UKUPNO (PVS)		472	/	24	10	506	549,5

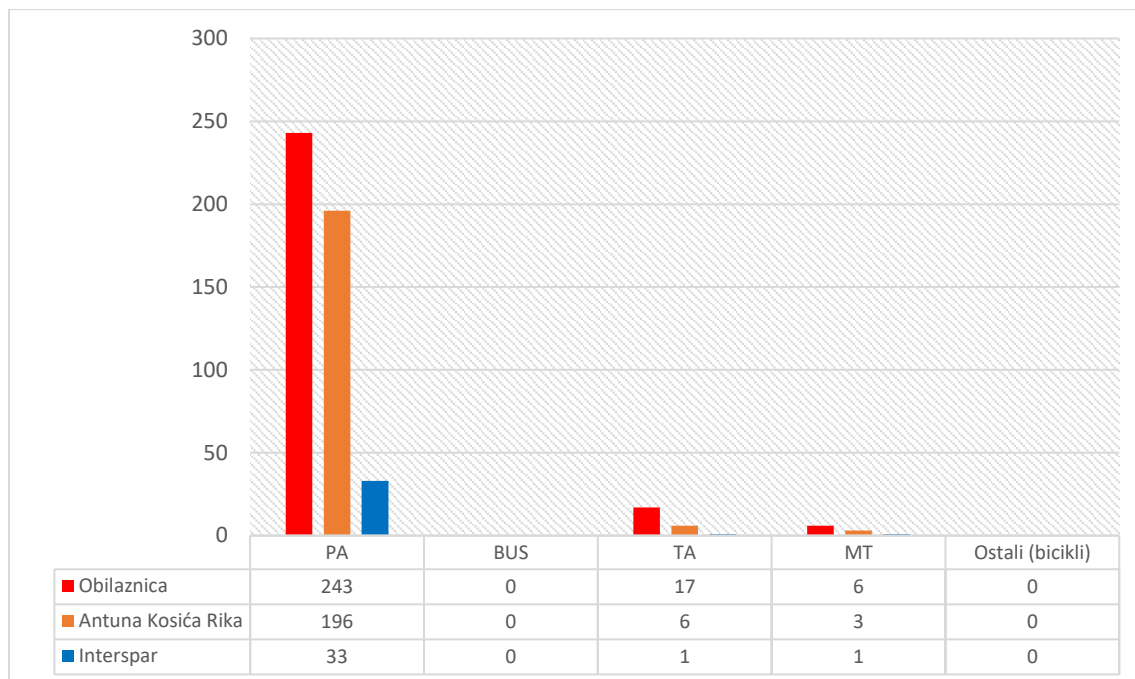
Izvor: Obrada autora

Grafikon 5. Prometno opterećenje privoza 3 u JVS (Viškovo)



Izvor: Obrada autora

Grafikon 6. Prometno opterećenje privoza 3 u PVS (Viškovo)



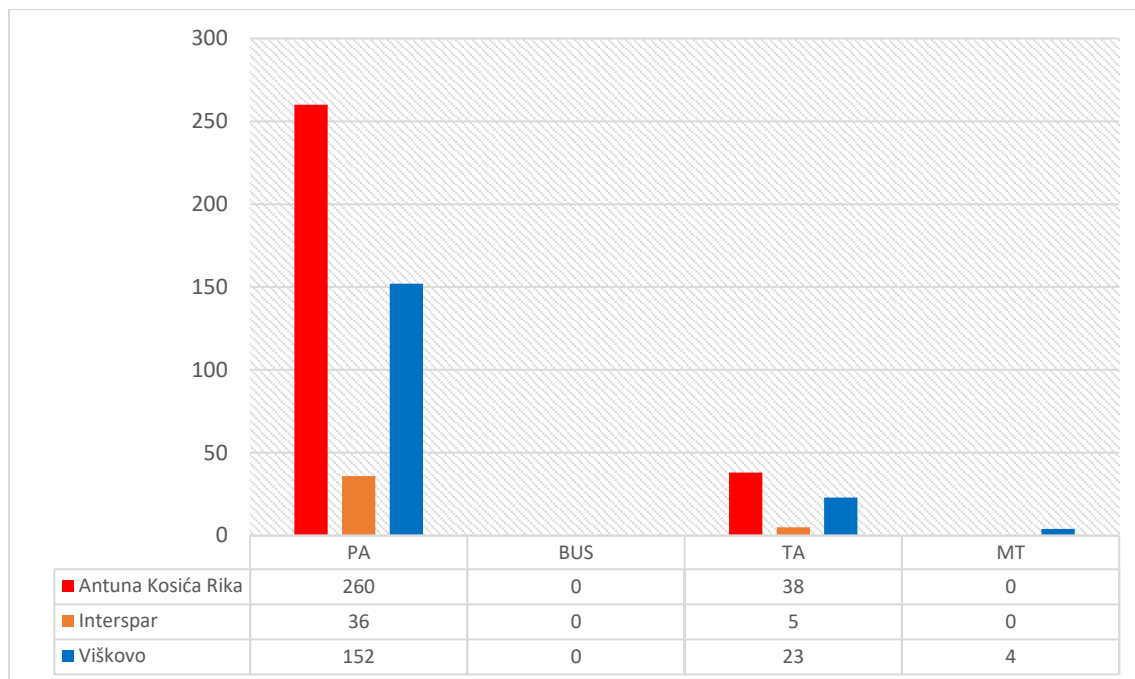
Izvor: Obrada autora

Tablica 12. Broj vozila sa privoza 4 (Obilaznica)

			VRSTA VOZILA				UKUPNO	
	PRIVOZ	SMJER	PA	BUS	TA	MT	Br. vozila	Br. PAJ
JVS (07:00-08:00)	Obilaznica	Antuna Kosića Rika	260	/	38	/	298	374
		Interspar	36	/	5	/	41	51
		Viškovo	152	/	23	4	179	223
PVS (16:00-17:00)	Obilaznica	Antuna Kosića Rika	518	/	37	8	563	633
		Interspar	64	/	3	/	67	73
		Viškovo	357	/	48	1	406	502
	UKUPNO (JVS)		448	/	66	4	518	648
	UKUPNO (PVS)		939	/	88	9	1036	1208

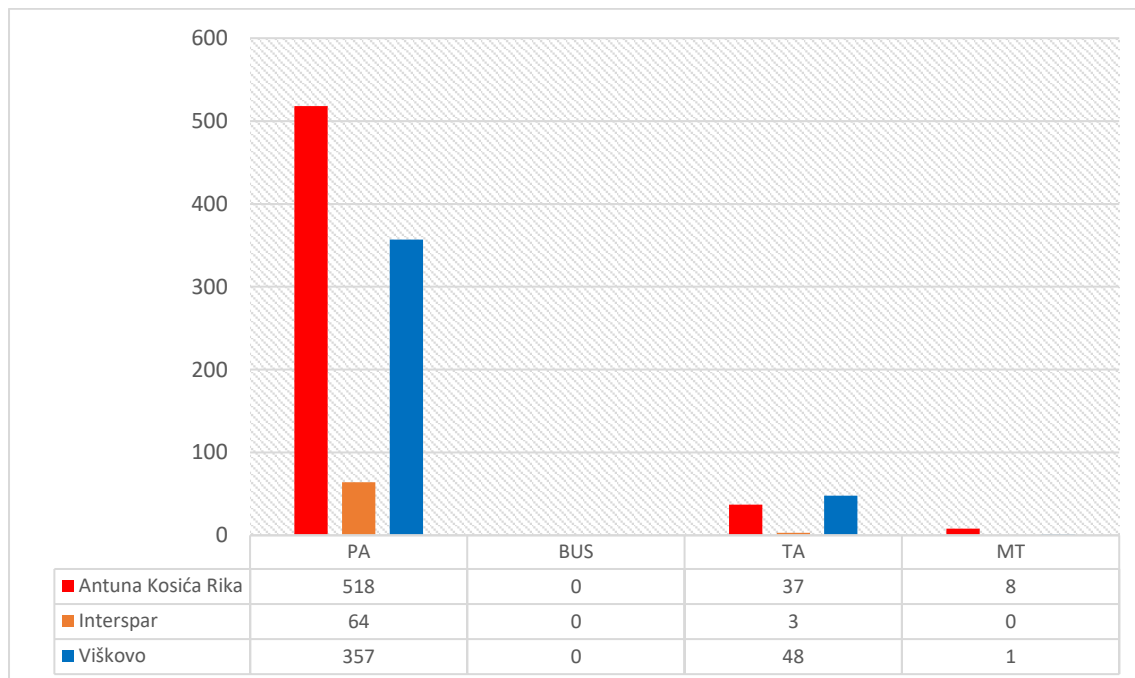
Izvor: Obrada autora

Grafikon 7. Prometno opterećenje privoza 4 u JVS (Obilaznica)



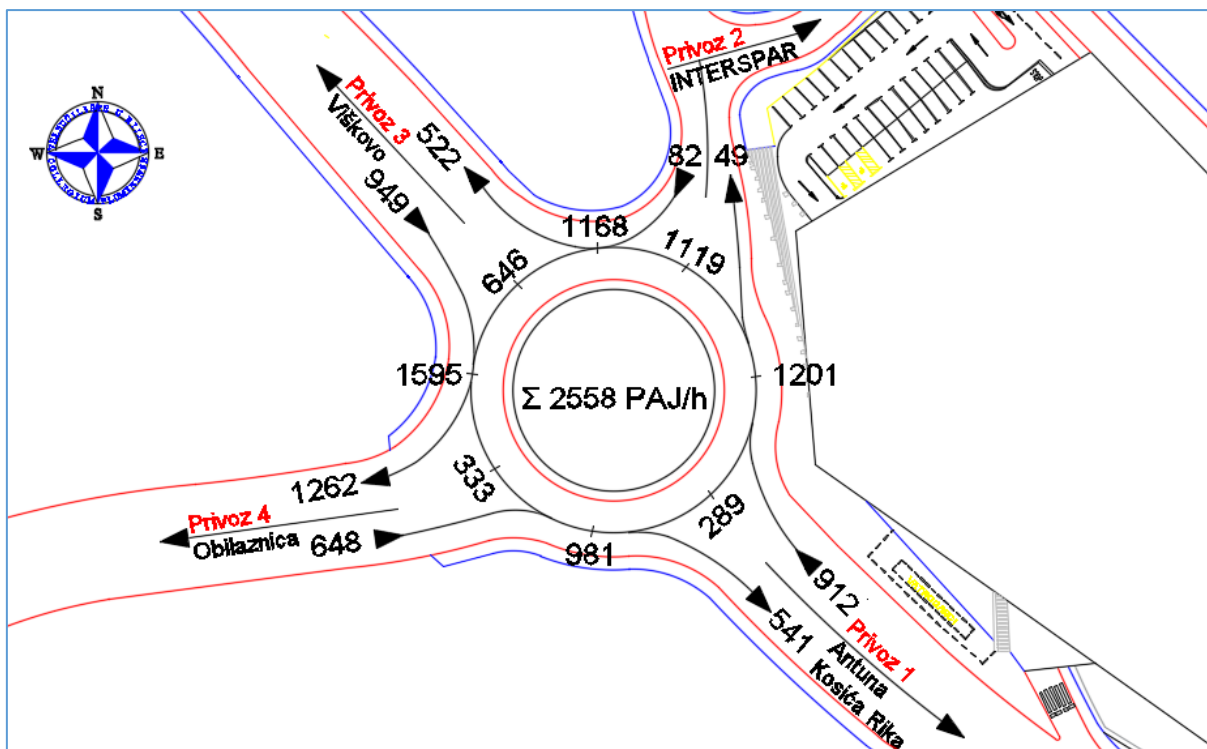
Izvor: Obrada autora

Grafikon 8. Prometno opterećenje privoza 4 u PVS (Obilaznica)



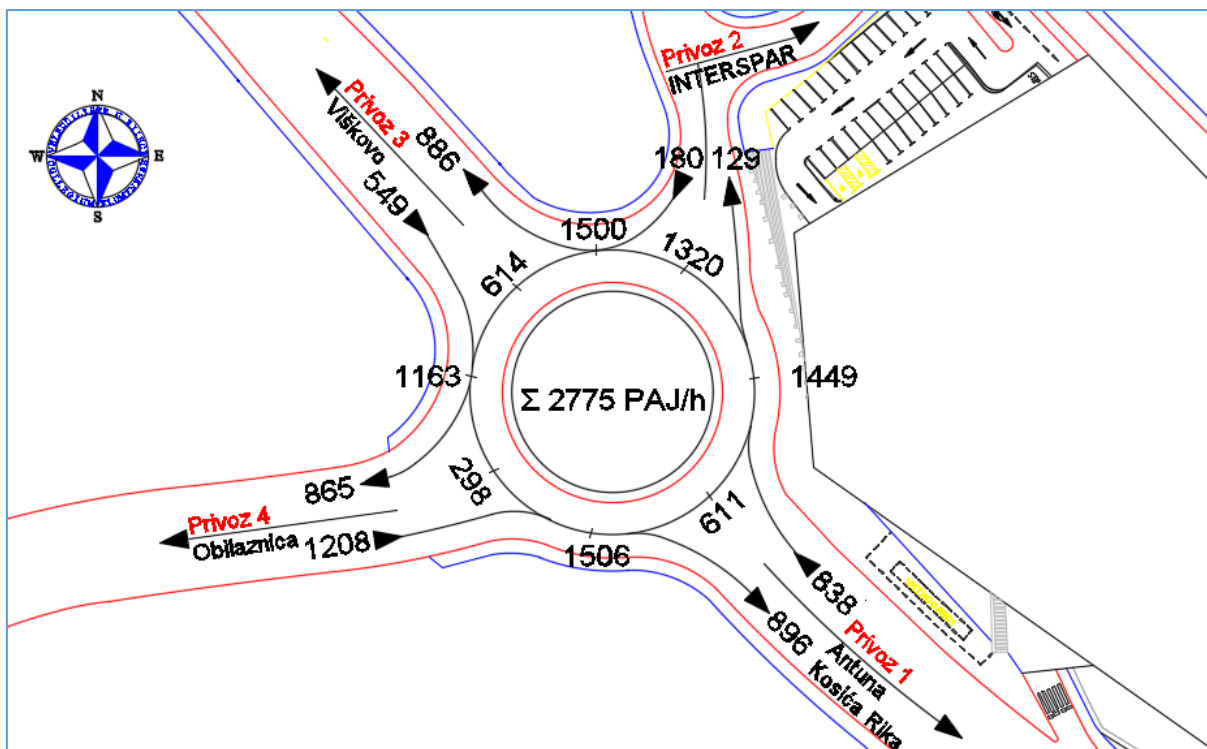
Izvor: Obrada autora

Slika 60. Kretanje prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu



Izvor: Obrada autora

Slika 61. Kretanje prometnih tokova u popodnevnom vršnom satu



Izvor: Obrada autora

5.4. Analiza sigurnosti odvijanja prometa na raskrižju Rujevica

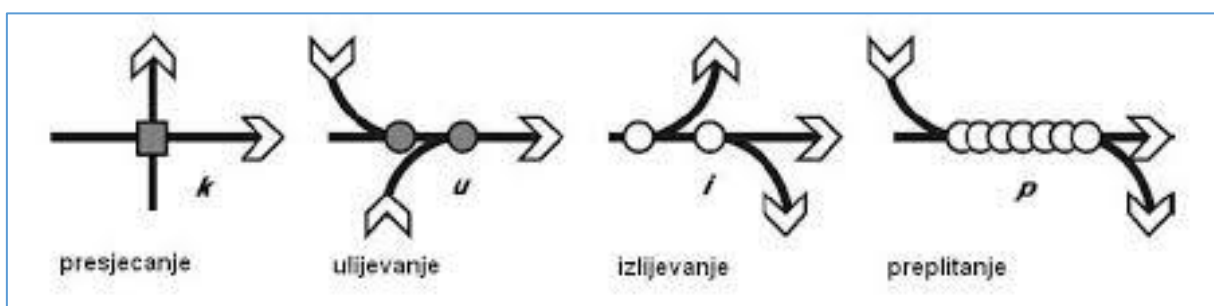
Za analizirano područje napravljena je analiza konfliktnih točaka gdje se želi utvrditi koliko na raskrižju ima točaka ulijevanja, izlijevanja i presijecanja. Od strane Postaje prometne policije, Odjel za sigurnost cestovnog prometa, MUP PU Primorsko-goranska, dobiveni su podaci o prometnim nesrećama u razdoblju od kada je predmetno kružno raskrižje izgrađeno.

5.4.1. Analiza konfliktnih točaka na raskrižju Rujevica

U odvijanju prometa na raskrižju stvaraju se mjesta ugrožene sigurnosti i smanjene protočnosti. To su prije svega, mjesta presijecanja prometnih tokova na kojima postoji mogućnost sudara vozila s velikom konfliktnom energijom (konfliktne točke). (Mihailo, 2009., 202.)

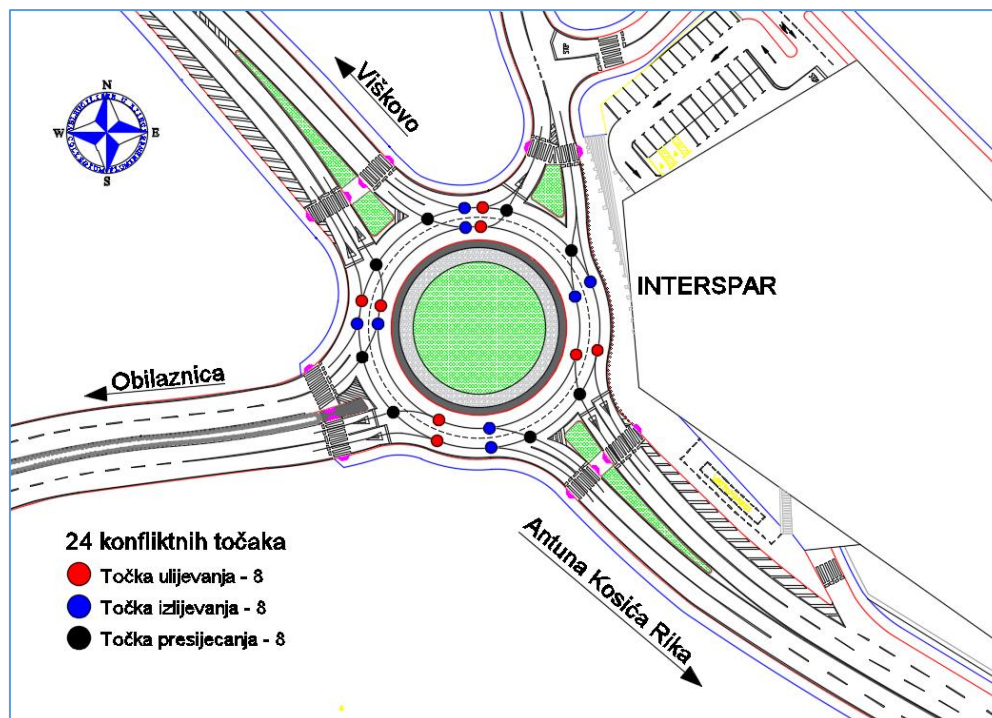
Konfliktne točke ili mjesta presijecanja između prometnih tokova su posljedica odvijanja prometa u razini. Točke presijecanja između prometnih tokova uvijek su posljedica same biti odvijanja prometa u mreži i na raskrižjima. Spajanje i razdvajanje, odnosno ulijevanje i izlijevanje u prometni tok moguće je samo na istoj razini. Presijecanja se mogu denivelirati. (Dadić et al., 2014. 61.)

Slika 62. Vrste konfliktnih točaka



Izvor: Mihailo, 2009., 202.

Slika 63. Konfliktne točke na dvotračnom kružnom raskrižju Rujevica



Izvor: Obrada autora

Za usporednu ocjenu složenosti i potencijalne opasnosti prometnih čvorova primjenjuju se razni sustavi uvjetnih pokazatelja (poeni). Jedan od njih predlaže za ocjenu po pokazatelju složenosti prometnog čvora, polazeći od toga da se isključivanje iz toka ocjenjuje brojem poena 1, uključivanjem brojem poena 3 i presijecanje brojem poena 5. Formula glasi (Barišić, 2018., 65.):

$$m = n_i + 3n_u + 5n_p$$

gdje je:

n_i – broj točaka isključivanja iz prometnog toka

n_u – broj točaka uključivanja u prometni tok

n_p – broj točaka presijecanja prometnog toka

U navedenim analizama prometni čvor se smatra jednostavnim ako je $m < 40$; srednje složenim ako je $m = 40-80$; složenim za $m = 80 - 150$; i veoma složenim za $m > 150$. Dvotračno kružno raskrižje Rujevica ima 24 konfliktne točke te se po ovom sustavu karakterizira sa $m = 72$ i označava kao srednje složenim.

5.4.2. Analiza prometnih nesreća na raskrižju Rujevica

Kako je kružno raskrižje na Rujevici pušteno u promet u ožujku 2017. godine (8. ožujka), podaci o prometnim nesrećama biti će prikazani za 2017. i 2018. godinu. Podaci su dobiveni od strane Postaje prometne policije, Odjel za sigurnost cestovnog prometa, MUP PU Primorsko-goranska.

Tijekom 2017. godine na kružnom raskrižju Rujevica evidentirano je ukupno 19 prometnih nesreća od kojih 1 prometna nesreća sa poginulim osobama u kojoj je 1 osoba smrtno stradala i 18 prometnih nesreća sa materijalnom štetom.

Prometna nesreća sa smrtno stradalom osobom 2017. godine se dogodila 30. prosinca. Očevidom koji su obavili djelatnici riječke Prometne policije utvrđeno je kako se u trenutku nesreće, vozač BMW X1, riječkih registarskih oznaka kretao se iz smjera Viškova u smjeru centra grada. Vozač pri dolasku na kružno raskrižje Rujevica nije prilagodio brzinu kretanja. Upravo je zbog neprilagođene brzine došlo do zanošenja automobila kroz kružno raskrižje te gubitka kontrole nad njime.

(http://www.novilist.hr/novilist_public/layout/set/print/Vijesti/Crna-kronika/TRAGEDIJA-NA-RUJEVICI-Vozac-izgubio-zivot-udarivsi-BMW-om-u-kameni-usjek, 25. 3. 2019.)

Slika 64. Prometna nesreća na kružnom raskrižju Rujevica sa smrtnim posljedicama



Izvor: http://www.novilist.hr/novilist_public/layout/set/print/Vijesti/Crna-kronika/TRAGEDIJA-NA-RUJEVICI-Vozac-izgubio-zivot-udarivsi-BMW-om-u-kameni-usjek, 25. 3. 2019.

Najveći broj prometnih nesreća dogodio se petkom, 5 prometnih nesreća ili 26,32% i u vremenu od 16:00 do 20:00 sati, 9 prometnih nesreća ili 47,37%. Najveći broj prometnih nesreća dogodio se zbog nepropisnog prestrojavanja, 10 prometnih nesreća ili 52,63%. Po vrsti prometnih nesreća, najveći broj prometnih nesreća evidentiran je kao međusobni sudar vozila u pokretu – bočni sudar, 10 prometnih nesreća ili 52,63%.

Tijekom 2018. godine na kružnom raskrižju Rujevica evidentirano je ukupno 19 prometnih nesreća sa materijalnom štetom. Najveći broj prometnih nesreća dogodio se srijedom i petkom, po 5 prometnih nesreća ili 26,32% i u vremenu od 12:00 do 16:00 sati, 7 prometnih nesreća ili 36,84%. Najveći broj prometnih nesreća dogodio se zbog nepropisnog prestrojavanja, 16 prometnih nesreća ili 84,21%. Po vrsti prometnih nesreća, najveći broj prometnih nesreća evidentiran je kao međusobni sudar vozila u pokretu – bočni sudar, 10 prometnih nesreća ili 52,63%.

Slika 65. Višestruki sudar na kružnom raskrižju Rujevica



Izvor: <http://rijecanin.rtl.hr/foto-u-prometnoj-nesreci-na-rotoru-rujevica-slupano-vise-vozila>,
25. 3. 2019.

Slika 66. Sudar na kružnom raskrižju Rujevica zbog nepropisnog prestrojavanja



Izvor: <https://www.rijekadanas.com/prometna-nesreca-na-kruznom-toku-rujevica/>, 25. 3. 2019.

6. PRIJEDLOG REKONSTRUKCIJE DVOTRAČNOG KRUŽNOG RASKRIŽJA RUJEVICA U TURBO KRUŽNO RASKRIŽJE

6.1. Projektno – tehnički elementi turbo kružnog raskrižja

Oblikovanje raskrižja sa spiralnim razvojem kružnog kolnika počinje od tzv. „turbobloka“, sa skupom potrebnih polumjera koje treba na određeni zarotirati te dobiti vozne linije odnosno prometne trakove. (Božićević, Legac, 2001., 163.)

U nastavku su prikazani po poglavljima osnovni elementi s kojima se mora voditi računa prilikom projektiranja turbo kružnog raskrižja.

6.1.1. Polumjeri turbo kružnog raskrižja

Turbo kružno raskrižje ima više polumjera. Veličina polumjera turbo kružnog raskrižja i širinu kružnog voznog traka potrebno je izabrati tako da brzina vožnje kroz raskrižje bude između 35 km/h i 37 km/h. Izabrani geometrijski oblik potrebno je obavezno provjeriti sa stanovišta brzine vožnje i linije kretanja, a dokumentirana provjera sastavni je dio projekte dokumentacije o ovom tipu raskrižja. (Tollazzi et al, 2014., 18.)

Tablica 13. Preporučene dimenzije turbo kružnog raskrižja u ovisnosti o njegovoj veličini

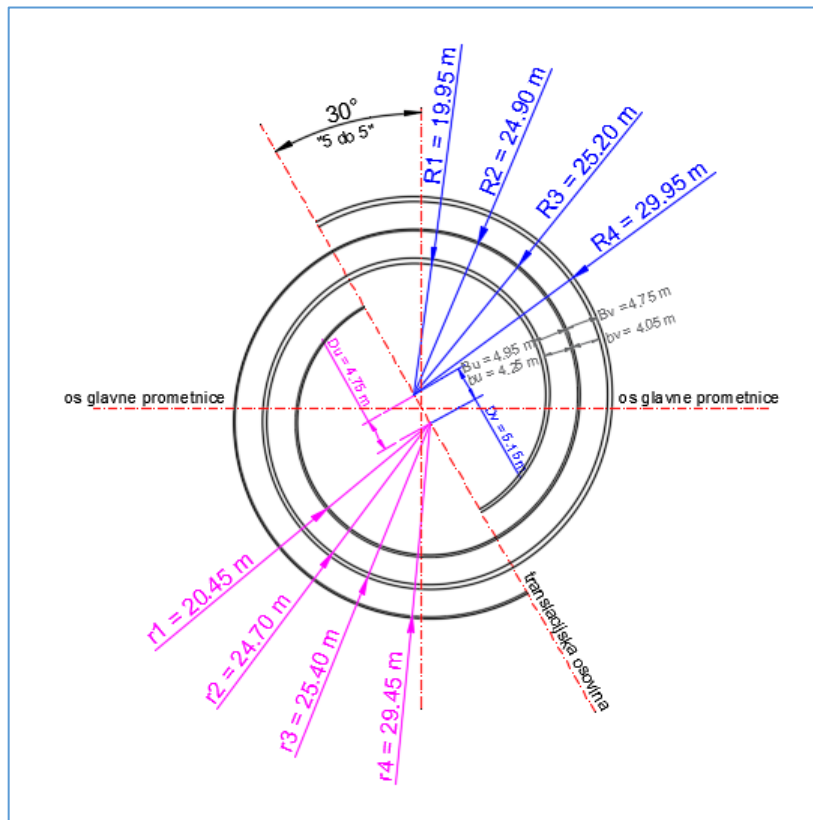
ELEMENTI TURBO KRUŽNOG RASKRIŽJA				
Element	Mini	Standardno	Srednje veliko	Veliko
R_1	10.45	12.00	14.95	19.95 (21.70)
R_2	15.85	17.15	20.00	24.90 (27.10)
R_3	16.15	17.45	20.30	25.20 (27.40)
R_4	21.20	22.45	25.25	29.95 (32.80)
r_1	10.95	12.50	15.45	20.45
r_2	15.65	16.95	19.80	24.70
r_3	16.35	17.65	20.50	25.40
r_4	20.70	21.95	24.75	29.45

B_v	5.05	5.00	4.95	4.75 (5.40)
B_u	5.40	5.15	5.05	4.95 (5.40)
b_v	4.35	4.30	4.25	4.05
b_u	4.70	4.45	4.35	4.25
D_v	5.75	5.30	5.15	5.15 (5.50)
D_u	5.05	5.00	4.95	4.75 (5.50)

Izvor: Tollazzi et al, 2014., 19.

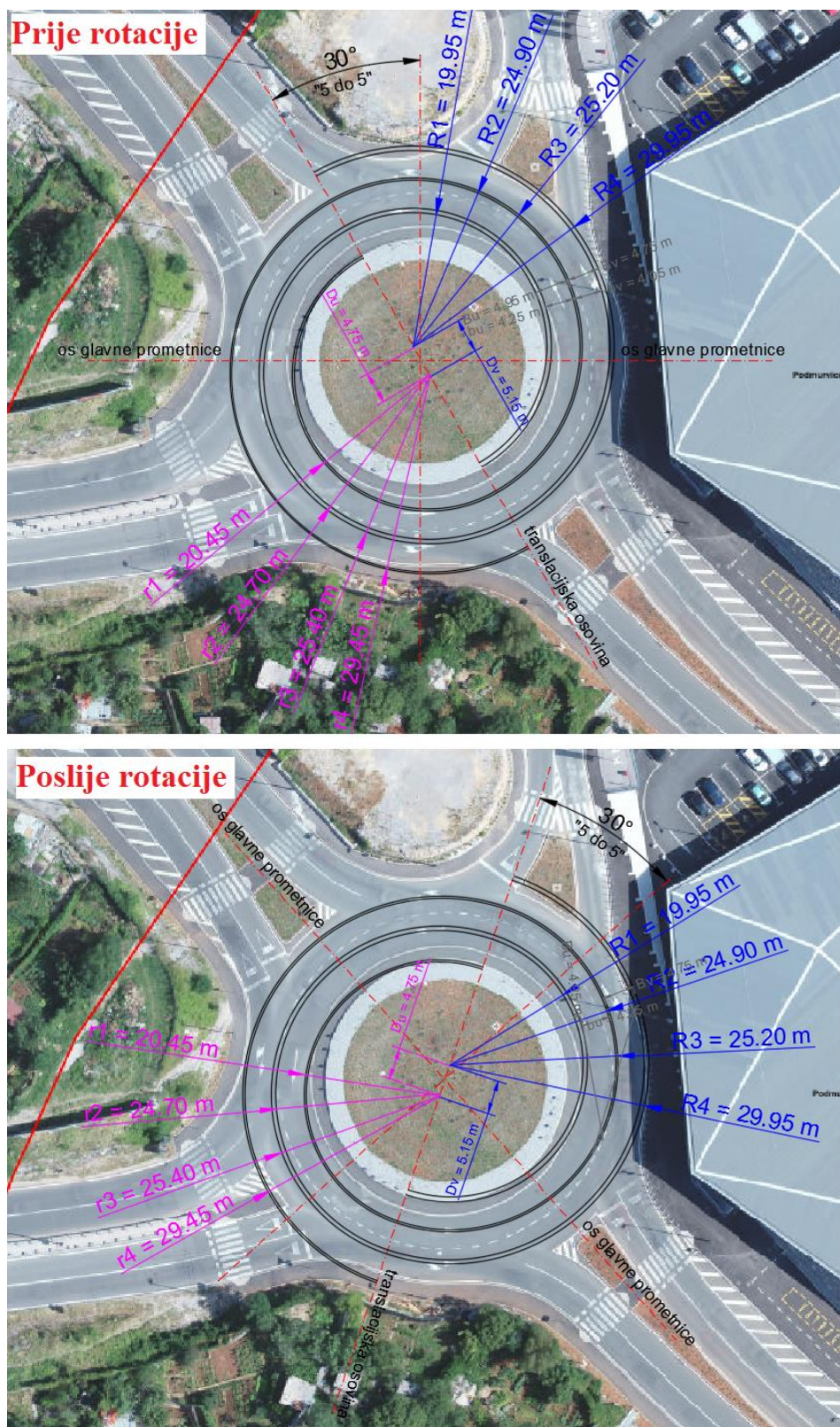
Elementi korišteni u izradi turbo kružnog raskrižja na Rujevici uzeti su za projektiranje velikog turbo kružnog raskrižja. S obzirom da navedeni elementi prelaze gabarite postojećeg stanja prostora, označeni elementi su prilagođeni (smanjeni) uzimajući u obzir raspoloživi prostor.

Slika 67. Glavni projektni elementi turbo kružnog raskrižja – elementi za veliko turbo kružno raskrižje



Izvor: Obrada autora

Slika 68. Uklapanje turbo kružnog raskrižja na dvotračnom kružnom raskrižju Rujevica

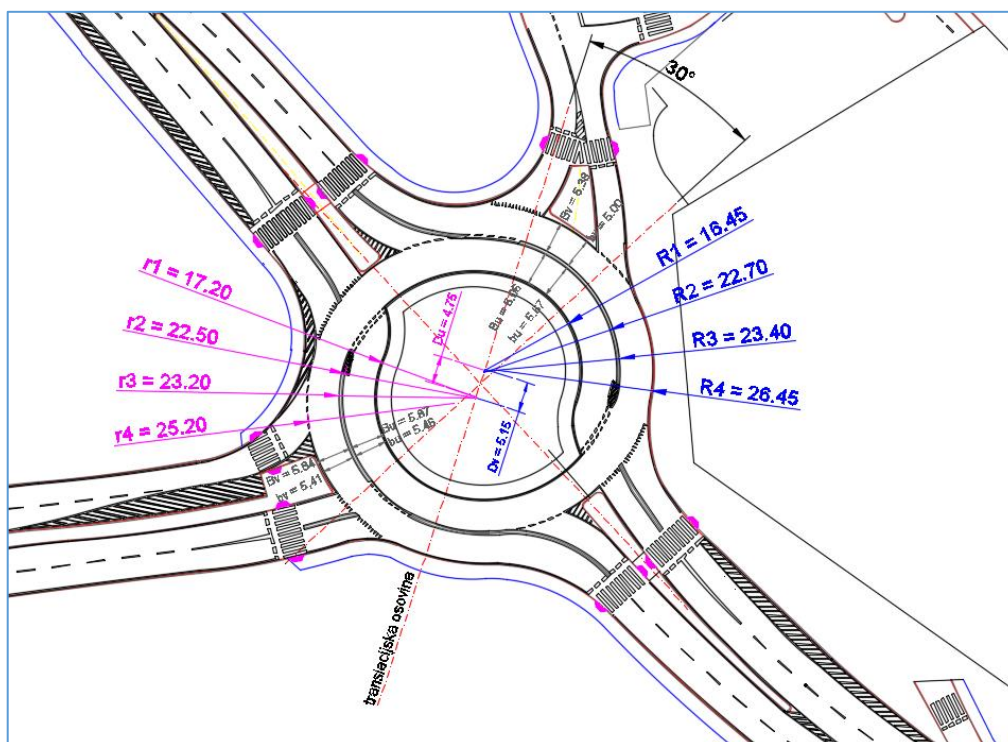


Izvor: Obrada autora

Na prethodnoj slici može se vidjeti postupak uklapanja turbo kružnog raskrižja na postojećem kružnom raskrižju. Kada se odredi translacijska osovina u položaju koji predstavlja kazaljku sata na vrijeme od „pet minuta do pet“ ili 30° s obzirom na pravac x koji je vertikalan u odnosu na os prometnice, tada se os glavne prometnice prilagodi prema geometriji postojećeg stanja raskrižja.

Problem koji se javlja u primjeni elemenata za veliko turbo kružno raskrižje su polumjeri R2 i r2 odnosno R4 i r4. Polumjeri R2 i r2 svojom putanjom ne dotiču vrhove razdjelnih otoka na privozima 1 i 3 te je stoga potrebno razdjelne otoke na privozima 1 i 3 približiti navedenim polumjerima kako bi se ostvario kružni prometni trak. Polumjer R4 prelazi preko rubnjaka vanjskog polumjera postojećeg kružnog raskrižja i razdjelnog otoka na privozu 2. Polumjer r4 prelazi preko nogostupa sa privoza 4 u privoz 1. Kako bi se postiglo uklapanje turbo kružnog raskrižja unutar postojećeg stanja raskrižja, polumjeri turbo kružnog raskrižja su smanjeni tako da vrijednosti odgovaraju postojećem stanju raskrižja. Usporedno sa smanjenjem polumjera u svrhu što lakšeg prolaska teretnih vozila, dimenzije prometnih trakova unutar turbo kružnog raskrižja su se prilagodile (povećale) mjerodavnom vozilu kamionu s prikolicom dužine 18.75 m i širine 2.55 m.

Slika 69. Prilagođene dimenzije velikog turbo kružnog raskrižja



Izvor: Obrada autora

Tablica 14. Dimenzije turbo kružnog raskrižja Rujevica

$R_0 = 13.95 \text{ m}$	Polumjer unutrašnjeg ruba provoznog dijela središnjeg otoka (preporučena širina provozne površine (uvjetno provozni dio središnjeg otoka) 2.50 m)
$R_1 = 16.80 \text{ m}$	Polumjer unutrašnjeg ruba kolnika (unutrašnjeg traka)
$R_2 = 22.95 \text{ m}$	Polumjer vanjskog ruba kolnika (unutrašnjeg traka), ujedno rub 30 cm širokog razdjelnog otoka (delineatora)
$R_3 = 23.25 \text{ m}$	Polumjer unutrašnjeg ruba kolnika (vanjskog traka), ujedno rub 30 cm širokog razdjelnog otoka
$R_4 = 28.70 \text{ m}$	Polumjer vanjskog ruba kolnika (vanjskog traka)

Izvor: Obrada autora prema Tollazzi et al, 2014., 19.

Tablica 15. Dimenzije polumjera tlocrtnih oznaka – crta oznaka na turbo kružnom raskrižju Rujevica

$r_1 = 17.30 \text{ m}$	Polumjer unutrašnjeg ruba (na voznoj strani) rubne crte širine 0.20 m (ukupna širina rubnog traka 0.35 m)
$r_2 = 22.50 \text{ m}$	Polumjer unutrašnjeg ruba (na voznoj strani) rubne crte uz 30 cm širok razdjelni otok (ukupna širina rubnog traka 0.20)
$r_3 = 23.20 \text{ m}$	Polumjer unutrašnjeg ruba (na voznoj strani) rubne crte uz 30 cm širok razdjelni otok širine (ukupna širina rubnog traka 0.20 m)
$r_4 = 28.20 \text{ m}$	Polumjer unutrašnjeg ruba (na voznoj strani) rubne crte širine 0.20

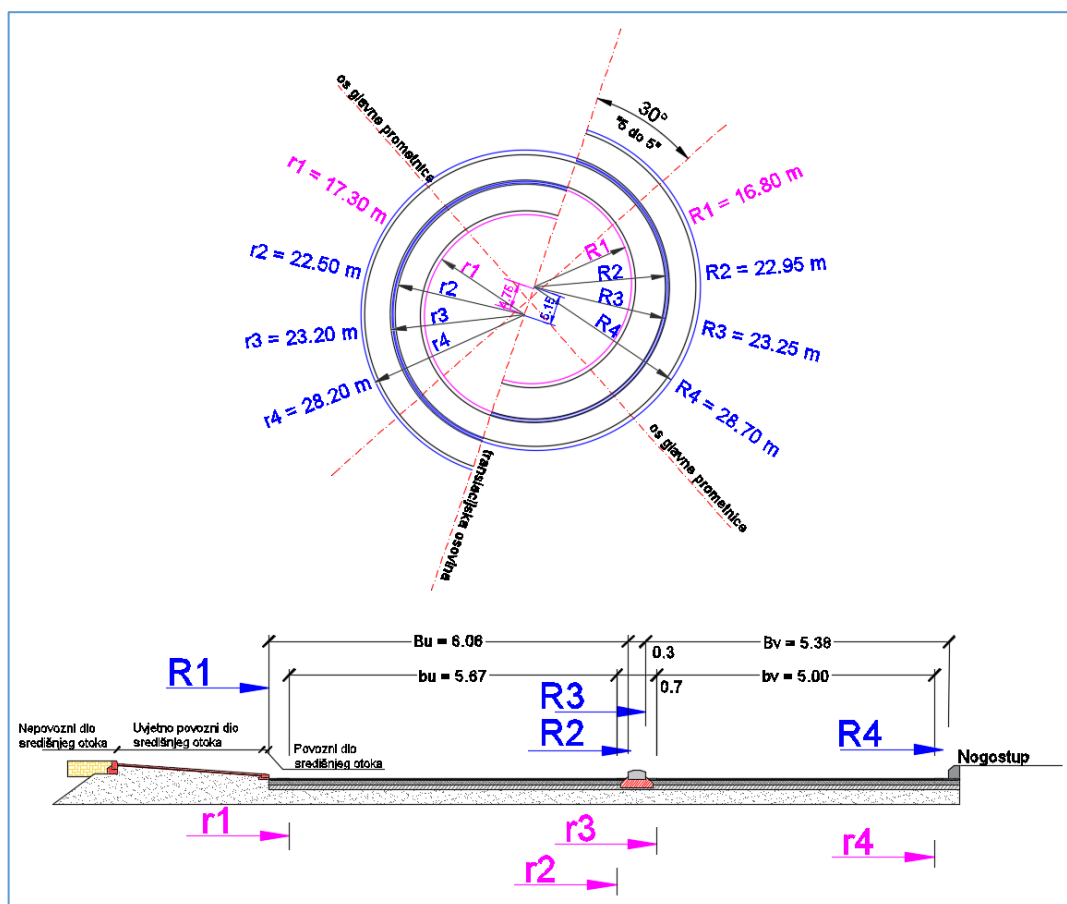
Izvor: Obrada autora prema Tollazzi et al, 2014., 20.

Širina asfaltne površine u unutrašnjem kružnog voznog traka iz privoza 1 u 3 je $B_u = 6.06 \text{ m}$, a vanjskog $B_v = 5.38 \text{ m}$, a iz privoza 3 u 1 je $B_u = 5.87 \text{ m}$, a vanjskog $B_v = 5.84 \text{ m}$. Širina između rubnih crta iz privoza 1 u 3 su $b_u = 5.67 \text{ m}$ i $b_v = 5.00 \text{ m}$, a iz privoza 3 u 1 $b_u = 5.67 \text{ m}$ i $b_v = 5.00 \text{ m}$. Udaljenost između vanjskih točaka translacijske osovine je $D_v = 5.15 \text{ m}$, a između unutrašnjih točaka $D_u = 4.75 \text{ m}$. Polumjeri su izabrani tako da se rubne crte priključuju jedna na drugu. U slučaju da je turbo kružno trotračno (a ne dvotračno), po analogiji se izračunaju još i R_5 i R_6 .

Što su polumjeri turbo kružnog raskrižja manji, veće su širine kružnih voznih trakova. Širina kružnog voznog traka je dakle u funkciji polumjera i mjerodavnog vozila. Širina kružnog voznog traka mora omogućiti kritičan prometni manevar (u pravilu je to skretanje za

270°) mjerodavnog vozila. Prilikom izvedbe kritičnog prometnog manevra, mjerodavno vozilo ne smije koristiti uvjetno povozni dio središnjeg otoka, niti 30 cm široki razdjelni trak (delineator), koji je izveden između kružnih voznih trakova, a smije koristiti njegov početni dio („špicu“). (Tollazzi et al, 2014., 20.)

Slika 70. Elementi i dimenzije turbo kružnog raskrižja Rujevica

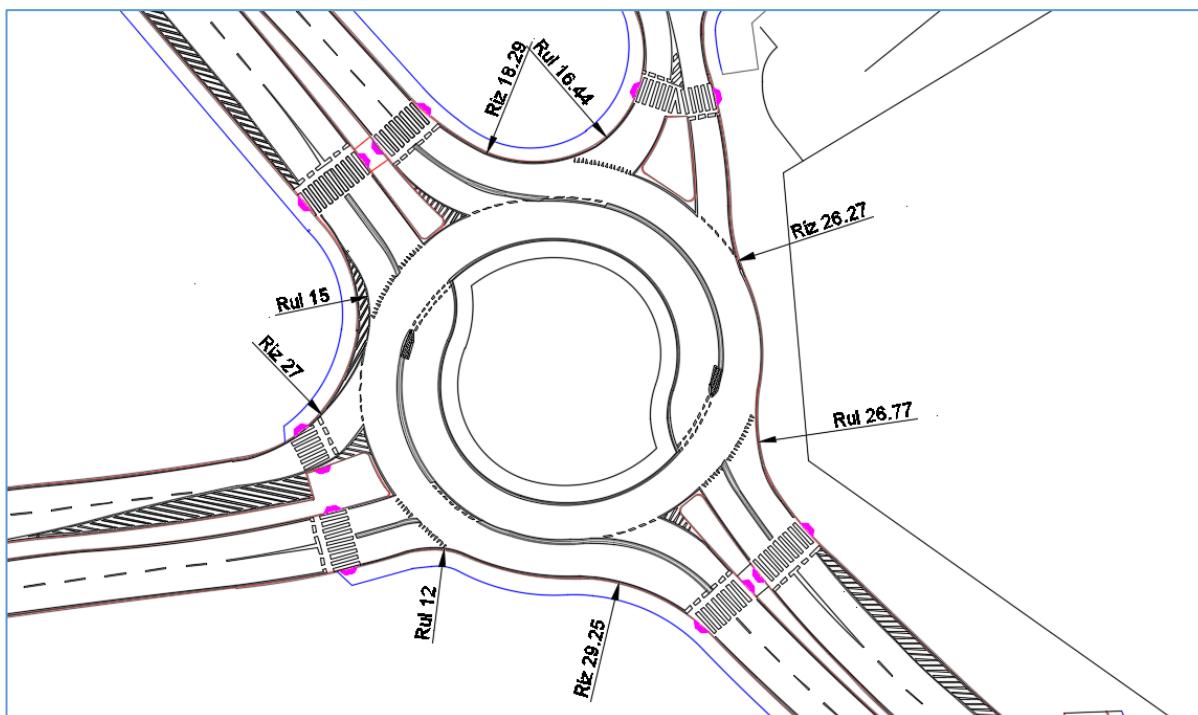


Izvor: Obrada autora

Polumjeri ulaznih i izlaznih krivina se izabiru u ovisnosti o veličini turbo kružnog raskrižja, mjerodavnog vozila i željene brzine vožnje kroz turbo kružno raskrižje. Provjera primjernosti odabranih geometrijskih elemenata izvodi se i provjerava pomoću nekog od grafičkih računalnih alata za iscrtavanje trajektorije kretanja (*Autopath* ili *Vehicle Tracking*) i širine provoznosti za kritičan manevar. Ova provjera sastavni je dio projektne dokumentacije za turbo kružna raskrižja. (Tollazzi et al, 2014., 21.)

U **Prilogu 3** prikazane su dimenzije turbo kružnog raskrižja Rujevica.

Slika 71. Polumjeri ulaznih i izlaznih krivina turbo kružnog raskrižja Rujevica



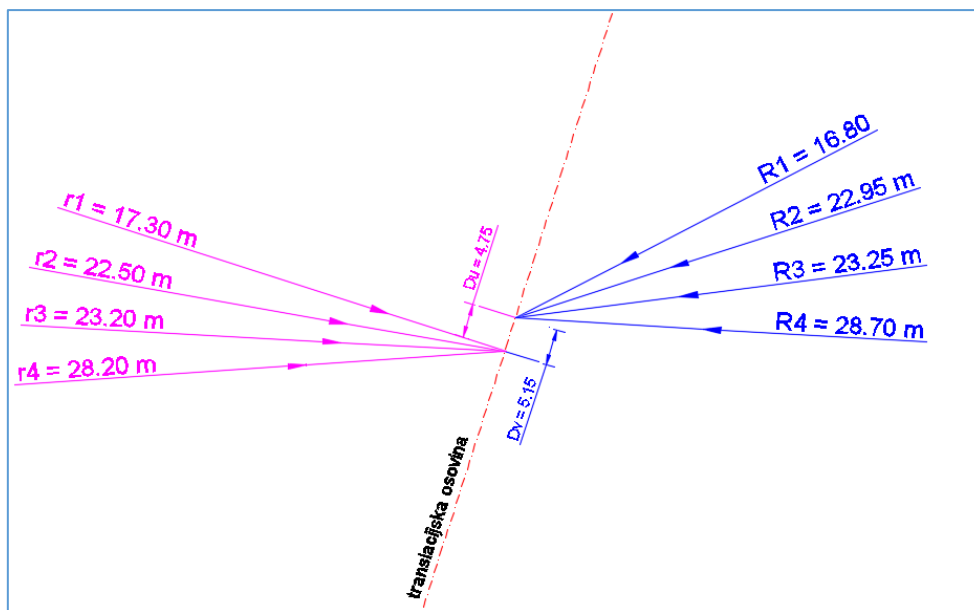
Izvor: Obrada autora

S obzirom da se u Smjernicama za projektiranje turbo kružnih raskrižja navodi da ulazni polumjer mora biti 12 m, a izlazni 15 m, navedeno se nije postiglo jer za postizanje istog, potrebno je raditi ponovnu rekonstrukciju prilaza raskrižju te su prilazi raskrižju i izlazi minimalno preuređeni za prolaz kamiona s prikolicom.

6.1.2. „Turbo blok“

Geometrijski oblik turbo kružnog raskrižja formira se pomoću tkz. „turbo bloka“. To je blok ili skup svih potrebnih polumjera koje je potrebno na određeni način zarotirati i na taj način dobiti potencijalne trajektorije kretanja, odnosno formirati vozne trakove. „Turbo blok“ sadrži (osim svih polumjera) i tkz. translacijsku osovinu. Translacijska osovina je osovina kojom se izvodi pomicanje, odnosno, rotiranje polumjera. Pomicanje, odnosno, rotiranje polumjera ovisi o broju priključnih cesta (tri ili četiri), širini kružnog voznog traka i lokaciji rubova. (Tollazzi et al, 2014., 21.)

Slika 72. Detalji „Turbo bloka“



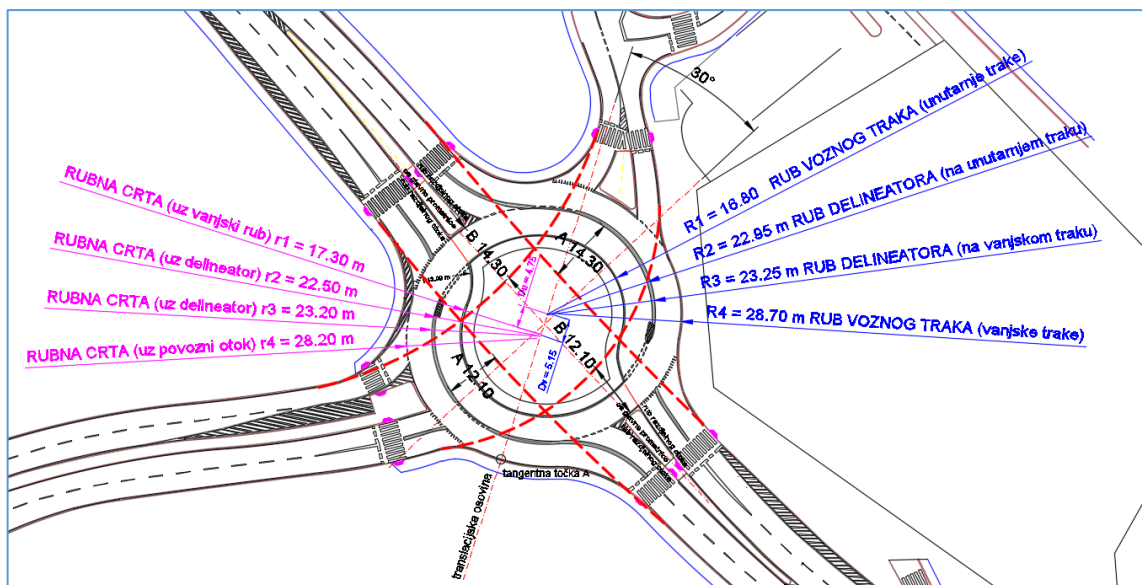
Izvor: Obrada autora

Polumjeri moraju biti izabrani tako da se prilikom formiranja spiralnog toka rubne crte priključuju jedna na drugu. Prilikom konstrukcije „turbo bloka“, polumjer R_1 formira se iz točaka udaljenosti D_v , a polumjeri R_2 , R_3 , R_4 iz točaka na udaljenosti D_u . Takva konstrukcija omogućava da kružnica polumjera R_1 na jednoj strani translacijske osovine prelazi u kružnicu polumjera r_2 . Isto tako i kružnica polumjera R_3 na jednoj strani translacijske osovine prelazi u kružnicu polumjera r_4 na drugoj strani translacijske osovine. Središte „turbo bloka“ potrebno je locirati tako da se omogući radijalni priključak svih ulaza u turbo kružno raskrižje. (Tollazzi et al, 2014., 22.)

6.1.3. Položaj translacijske osovine i provjera položaja „turbo bloka“

Za pravilan položaj translacijske osovine mjerodavan je položaj tangenčnih točaka polumjera ulazne krivine. Tangentne točke na oba kraja moraju ležati na translacijskoj osovini ili malo iza nje. Ako ovaj uvjet nije zadovoljen, potrebno je turbo blok zarotirati tako da se taj uvjet ispuni. Najbolji početni položaj „turbo bloka“ je u situaciji kada su osovine priključnih cesta pod pravim kutom i jednoliko raspoređene na četiri kvadranta. (Tollazzi et al, 2014., 23.)

Slika 73. Položaj translacijskih točaka



Izvor: Obrada autora

Opis provjere položaja „turbo bloka“ (Tollazzi et al, 2014., 24.):

1. Za provjeru položaja „turbo bloka“ potrebno je formirati dvije pomoćne crte u produžetku vanjskih rubova ulaznog – izlaznog horizontalnog i vertikalnog smjera i nakon toga izmjeriti udaljenost od pomoćnih crta do polumjera koji određuje položaj 30 cm širokog razdjelnog otoka na kružnom kolniku (delineatora). Ukoliko su te udaljenosti jednake, položaj translacijske osi je ispravan.

U ovom slučaju privoz 2 (Interspar) i privoz 3 (Viškovo) imaju jednaku udaljenost pomoćnih crta do polumjera razdjelnog otoka (delineatora) koji iznosi 14.30 m. Također isto vrijedi i za privoz 4 (Obilaznica) i privoz 1 (Ulica Antuna Kosića Rika) čije udaljenost pomoćnih crta od polumjera razdjelnog otoka (delineatora) iznosi 12.10 m.

Najbolji položaj translacijske osovine je u položaju kao da kazaljke sata pokazuju vrijeme „pet minuta do pet“ kod četverokrakih, odnosno „osam i deset minuta“ kod trokrakih koljenastih turbo kružnih raskrižja. Pravilna položaj translacijske osovine je veoma značajan sa stajališta najveće brzine vožnje kroz turbo kružno raskrižje i stanovišta vozne dinamike (udobnost, osjećaj uslijed djelovanja bočne sile). Nepravilna položaj translacijske osovine u praksi će za posljedicu imati prevelike brzine na dvjema prilaznim cestama i premale brzine na preostale dvije prilazne ceste. (Tollazzi et al, 2014., 23.)

6.1.4. Središnji razdjelni otok na priključnoj cesti

Središnji razdjelni otok na priključnoj cesti ima funkciju usmjeravanja (vođenja) vozila na ulazu u turbo kružno raskrižje, a ujedno i funkciju zaštite pješaka i biciklista prilikom prelaska priključne ceste turbo kružnog raskrižja. Stoga je njegova primjena u turbo kružnim raskrižjima obavezna. U turbo kružnom moguća je primjena razdjelnih otoka trokutastog, kapljastog ili ljevkastog oblika. (Tollazzi et al, 2014., 26.)

Na primjeru raskrižja na Rujevici, razdjelni otoci su radi potrebe postavljanja delineatora (fizičke zapreke) na kolniku, privozi 1 i 3 su suženi, dok je na privozu 4 proširen, a privoz iz Interspara ostaje nepromijenjen. Razdjelni otoci sa privoza 1, 2, i 3 predstavljaju kapljaste otoke, a privoz sa Interspara je trokutastog oblika.

Kod suženja razdjelnog otoka sa privoza 1 i 3 vodilo se računa da otok ima dovoljnu širinu za pješaka koji gura dječja kolica od barem 2 m, sukladno preporukama koje se navode u Smjernicama za projektiranje turbo kružnih raskrižja. Širina na početku razdjelnog otoka ostaje ista kao i u postojećem stanju za postavljenje prometnih znakova *Obavezno obilaženje s desne strane (B59)* i ploče za označavanje prometnog otoka (K06) koja prema navodim u Smjernicama mora biti barem 1.2 m.

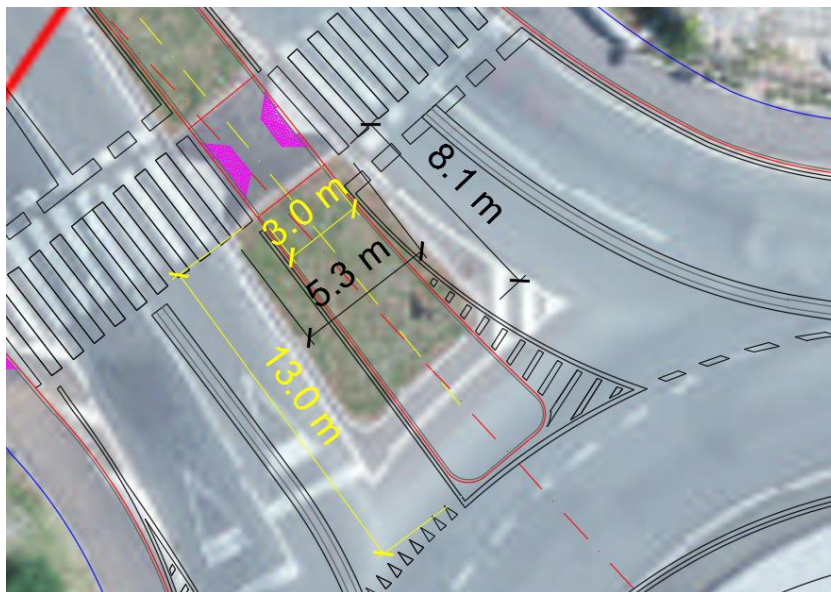
Sljedeće slike prikazuje razliku u dimenzijama razdjelnih otoka na privozima 1, 3 i 4 u postojećem i novom stanju.

Slika 74. Privoz 1 (Ulica Antuna Kosića Rika) crno kotirano – postojeće stanje, žuto kotirano – novo stanje



Izvor: Obrada autora

Slika 75. Privoz 3 (Viškovo) crno kotirano – postojeće stanje, žuto kotirano – novo stanje



Izvor: Obrada autora

Slika 76. Privoz 4 (Obilaznica) crno kotirano – postojeće stanje, žuto kotirano – novo stanje

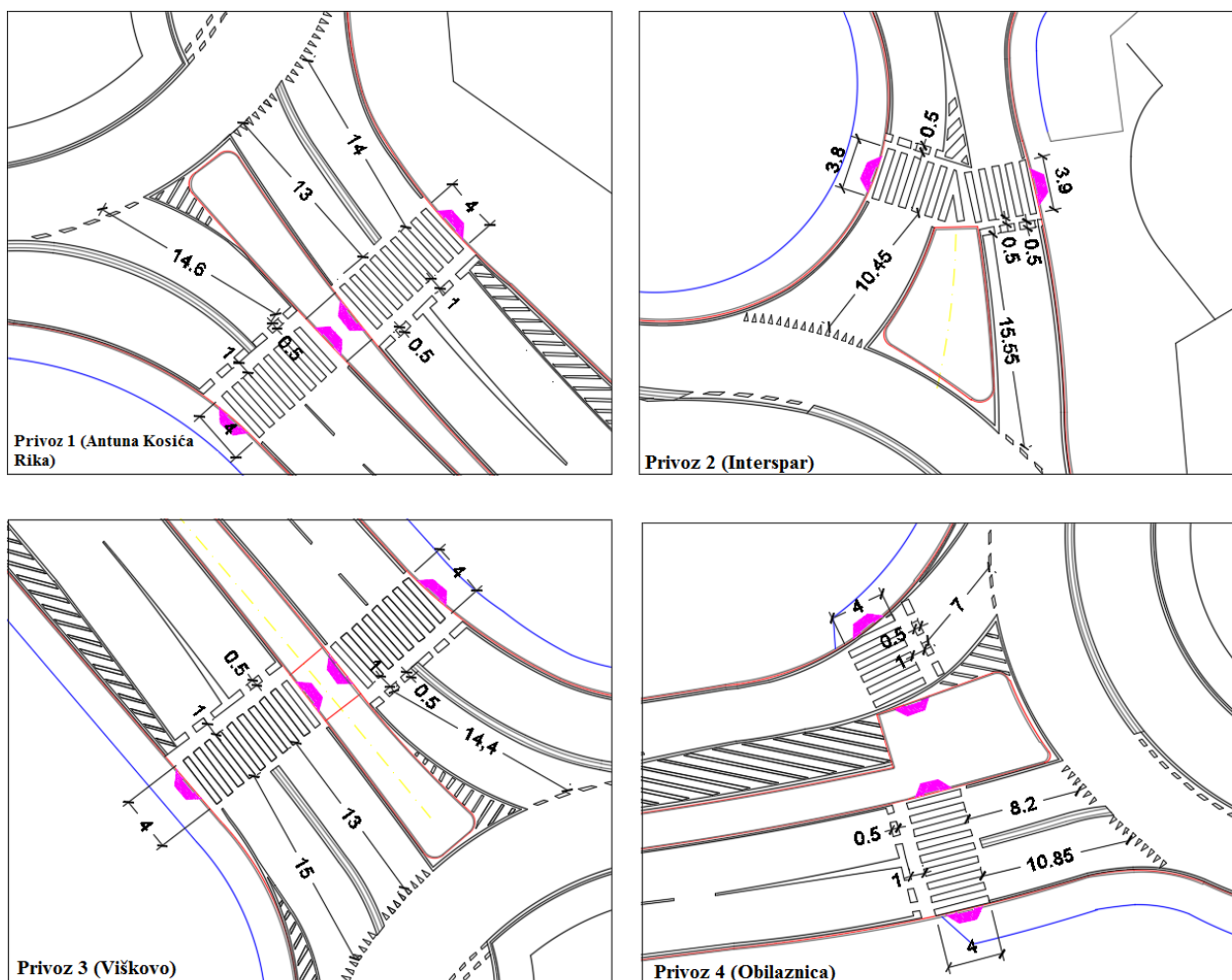


Izvor: Obrada autora

6.1.5. Prijelazi za pješake

Primjena prijelaza za pješake i/ili bicikliste u turbo kružnim raskrižjima osnovno je rješenje za postizanje sigurnog kretanja pješaka i/ili biciklista prilikom prelaska kraka turbo kružnog raskrižja. Prijelazi se izvode na određenoj udaljenosti od vanjskog ruba turbo kružnog raskrižja. Preporučena udaljenosti vanjskog ruba turbo kružnog raskrižja i pješačkog prijelaza jednaka je dužini jednog do tri osobna vozila (5.0 – 15.0 m). (Tollazzi et al, 2014., 28.)

Slika 77. Dimenzije prijelaza za pješake po privozima



Izvor: Obrada autora

6.1.6. Središnji otok

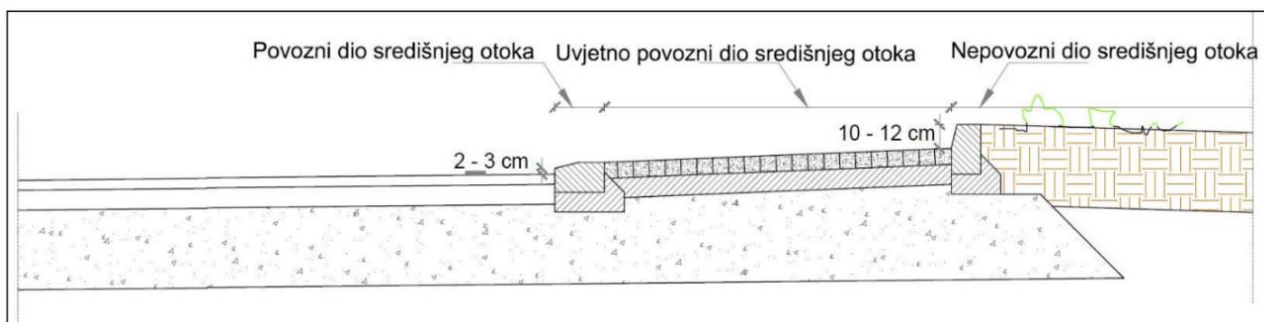
Središnji otok turbo kružnog raskrižja je u pravilu sastavljen od tri dijela: provoznog dijela, uvjetno provoznog dijela i neprovoznog dijela. (Tollazzi et al, 2014., 30.)

Provozni dio središnjeg otoka predstavlja rubnjak od predgotovljenih betonskih elemenata, koji čine prijelaz s kružnog prometnog traka na uvjetno provozan dio središnjeg otoka. Na vanjskom dijelu, gdje graniči s kružnim prometnim trakom, od njega je obavezno viši za 2 – 3 cm („zub“), a unutrašnji dio uvjetno provoznog dijela središnjeg otoka je viši za 10 – 12 cm.

Uvjetno provozni dio središnjeg otoka ima dvije uloge. Prva je ta da se na njemu mogu zaustaviti vozila u nužnim slučajevima. Drugi je taj da se na njemu mogu zaustaviti intervencijska vozila. Izveden je od materijala, odnosno elemenata koji vozače odvrćaju od vožnje po njemu, a ujedno još uvijek omogućava zaustavljanje vozila u nužnim slučajevima. Izveden je u nagibu 4 – 7 % prema vanjskom rubu turbo kružnog raskrižja, a širine je od 2.0 – 2.5 m. Na vanjskom dijelu se spaja sa unutrašnjim rubom provoznog dijela središnjeg otoka, na istoj visini kao unutrašnji rub provoznog dijela središnjeg otoka. Na unutrašnjem dijelu se spaja sa predgotovljenim betonskim elementima (rubnjacima), koji su viši za 10 – 12 cm od unutrašnjeg ruba uvjetno provoznog dijela središnjeg otoka. Uvjetno provozni dio središnjeg otoka mora biti konstantne širine.

Neprovozni dio središnjeg otoka u turbo kružnom raskrižju nema nikakvu ulogu u odvijanju prometa i u tom smislu predstavlja suvišan prazni prostor.

Slika 78. Dijelovi središnjeg otoka turbo kružnog raskrižja

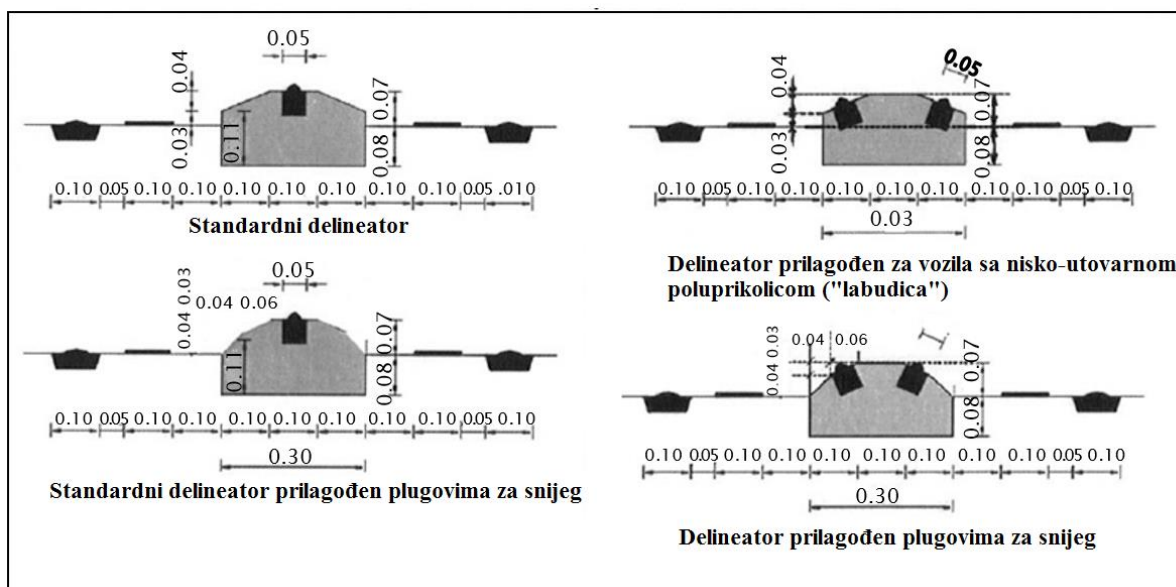


Izvor: (Tollazzi et al, 2014., 30.)

6.1.7. Specifični projektni elementi – delineator i „špica“

Delineator u turbo kružnom raskrižju je betonski predgotovljeni element koji sprječava prometni manevar preplitanja prometnih tokova u kružnom kolniku turbo kružnog raskrižja. Visina delineatora iznad razine kolnika iznosi od 5 do 7 cm. (Tollazzi et al, 2014., 30.)

Slika 79. Različiti načini izvedbe delineatora – presjeci



Izvor: Campbell, Jurisich, 2012., 278.

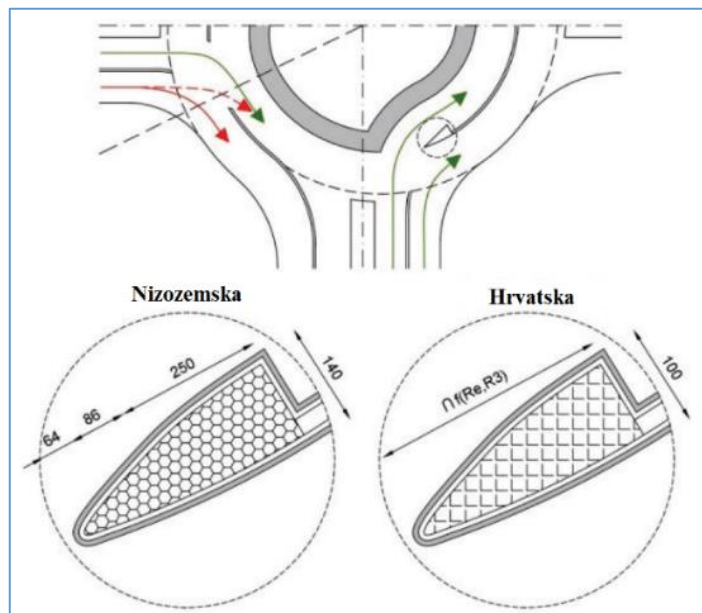
„Špica“ je uređenje početka elementa za sprječavanje prometnog manevra preplitanja prometnih tokova na kružnom kolniku turbo kružno raskrižja. Izvodi se na dva načina (Tollazzi et al, 2014., 31-32.):

- u naselju (s malim postotkom teških teretnih vozila) kao koso presječen delineator;
- u prijelaznom području i izvan naselja (s većim postotkom teških teretnih vozila) izvedena s granitnim kockama na podložnom betonu.

Prema nizozemskim smjernicama standardna duljina početka prijelaza („špice“) iznosi 4 m. U hrvatskim smjernicama duljina ovog elementa nije definiran, samo se napominje da njegova zakrivljenost ovisi o radijusu ulazne krivulje R_e i vanjske kružne trake unutarnjeg radijusa R_3 . Ovaj pristup dizajna je znatno bolji, jer projektant može izabrati proizvoljnu

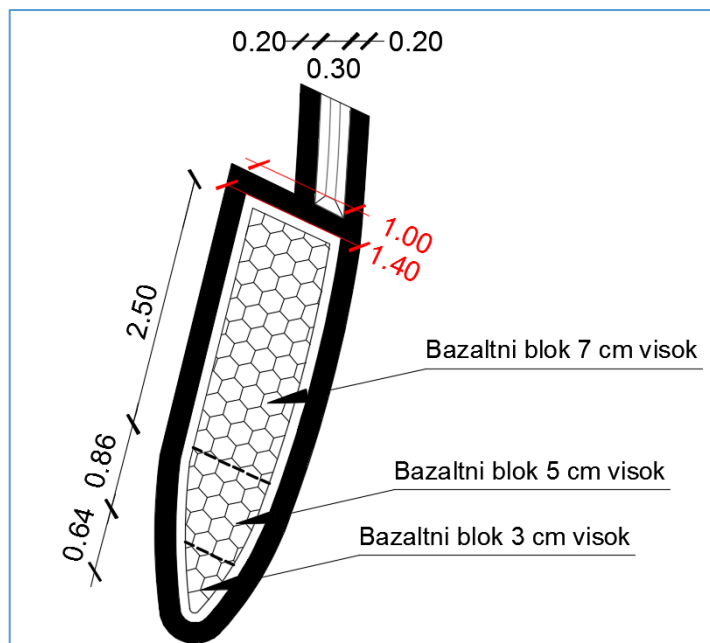
duljinu koja će točno smjestiti projektiranu putanju mjerodavnog vozila, te u isto vrijeme spriječiti vijuganje vozila na kružnom prometnom traku. (Džambas, Ahac, 2017., 315.)

Slika 80. Usporedba elementa „špice“ između Nizozemske i Hrvatske



Izvor: Džambas, Ahac, 2017., 315.

Slika 81. Element „špica“ na turbo kružnom raskrižju Rujevica

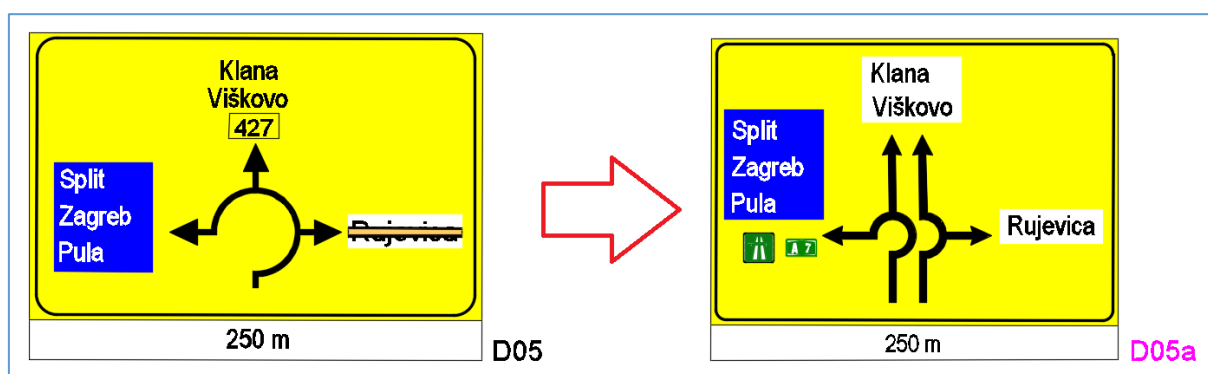


Izvor: Obrada autora

6.2. Prometna signalizacija i oprema turbo kružnog raskrižja

S obzirom da se prema *Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama NN 03/2005* prometni znakovi odnose na klasična kružna raskrižja, a to se prije svega misli na znakove obavijesti za vođenje prometa oznake D05, a horizontalna signalizacija (strelice) nije prilagođena postojećem stanju u raskrižju, prometni znakovi i oznake na kolniku na turbo kružnom raskrižju Rujevica su postavljeni na temelju *Smjernica za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama – DODATAK F – Prometna signalizacija na kružnim raskrižjima – primjeri i specifikacija*.

Slika 82. Preoblikovanje prometnog znaka D05

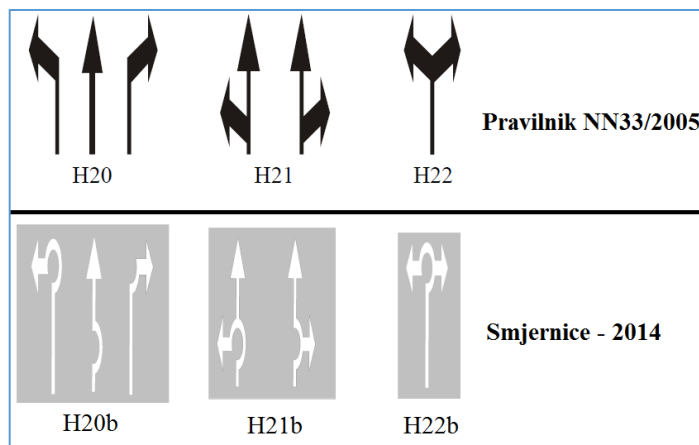


Izvor: Obrada autora

Kao što se može vidjeti sa prethodne slike, prometni znak obavijesti za vođenje prometa u novoj situaciji raskrižja ne bi odgovarao stvarnom stanju na raskrižju. Navedeni znak je iz privoza 1 (Antuna Kosića Rika) i kada bi se primijenio u novom stanju raskrižju (turbo kružno), vozila koja skreću lijevo za autocestu A7, a koja se kreću desnom prometnom trakom, ne bi mogla obaviti navedenu radnju jer je u kružnom kolničku traku postavljen delineator. Stoga se, zahvaljujući novom prometnom znaku vozila na vrijeme obavještava da na vrijeme odaberu odgovarajući prometni trak. Također, smjer „Klana – Viškovo“ je na bijeloj podlozi jer je cesta za navedeni smjer prema današnjim razvrstavanjem cesta nerazvrstana cesta te se na taj način obilježava. Navedeno stoji i za smjer „Rujevica“ kada se za taj smjer dovrši izgradnja ceste. Prometni znak D05a je primjenjen iz *Pravilnika o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama* verzija iz ožujka 2015. godine koji je zasada u fazi prijedloga.

Osim vertikalne signalizacije koja se navodi u dodatku Smjernica za projektiranje kružnih raskrižja, horizontalna signalizacija je također prilagođena prema stvarnim uvjetima u turbo kružnom raskrižju, a koja je prikazana na sljedećoj slici.

Slika 83. Prilagođene strelice za turbo kružno raskrižje



Izvor: Obrada autora prema Pravilnik NN33/2005 i Smjernice 2014 – Dodatak F

U dodatku Smjernica za projektiranje kružnih raskrižja, također je napravljena i nova strelica koja označava tri smjera, a koja se postavlja u slučaju kada je iz jednoga privoza omogućena vožnja prema ostalim privozima, a koja je postavljena na privozu 2 (Interspar)

Slika 84. Nova strelica oznake H22c



Izvor: Smjernice 2014 – Dodatak F, 8.

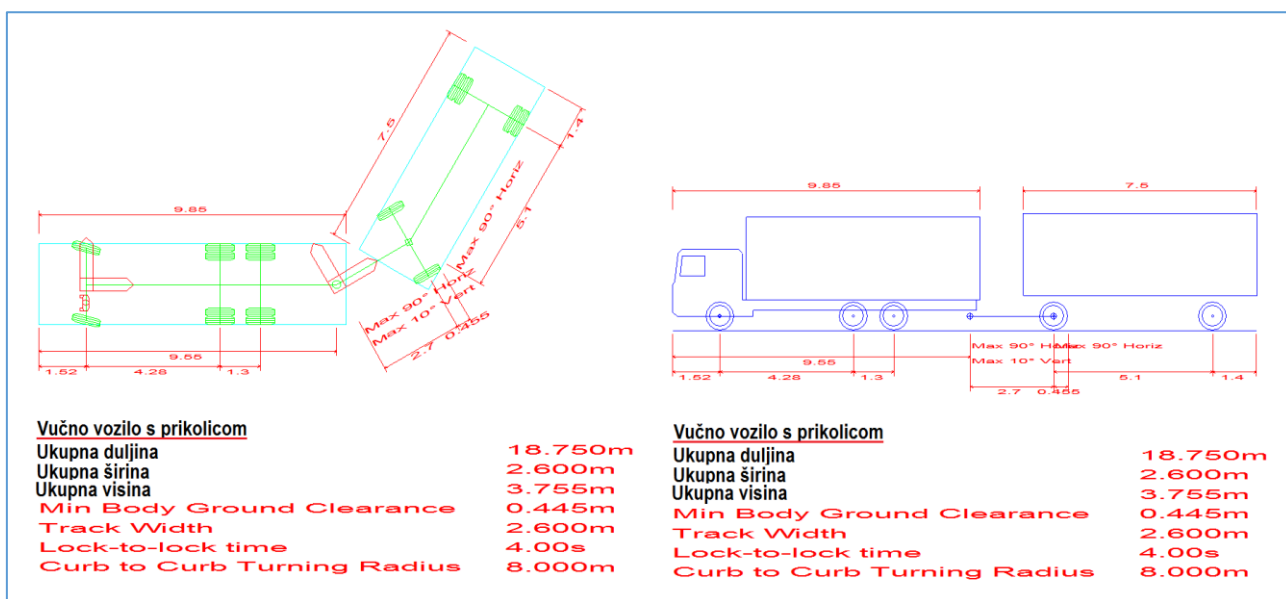
U **Prilogu 4.** prikazana je prometna signalizacija i oprema na turbo kružnom raskrižju Rujevica.

6.3. Provjera provoznosti mjerodavnog vozila kroz turbo kružno raskrižje

Mjerodavno vozilo je vozilo za koje je potrebno osigurati provoznost na cesti te u svim dopuštenim smjerovima kretanja na raskrižju. Na državnim cestama u pravilu su mjerodavna najveća registrirana vozila koja se susreću u svakodnevnom prometu. Prije usvajanja mjerodavnog ili mjerodavnih vozila neophodno je ishoditi uvjete nadležne uprave za ceste i jedinice lokalne samouprave na čijem području se kružno raskrižje nalazi. Provoznost mjerodavnog vozila osigurava se izvedbom kolničkih konstrukcija prikladne nosivosti i dimenzija koje ne moraju biti dio osnovnih kolnih površina kružnog raskrižja. (Dodatak D, 2014., 1.)

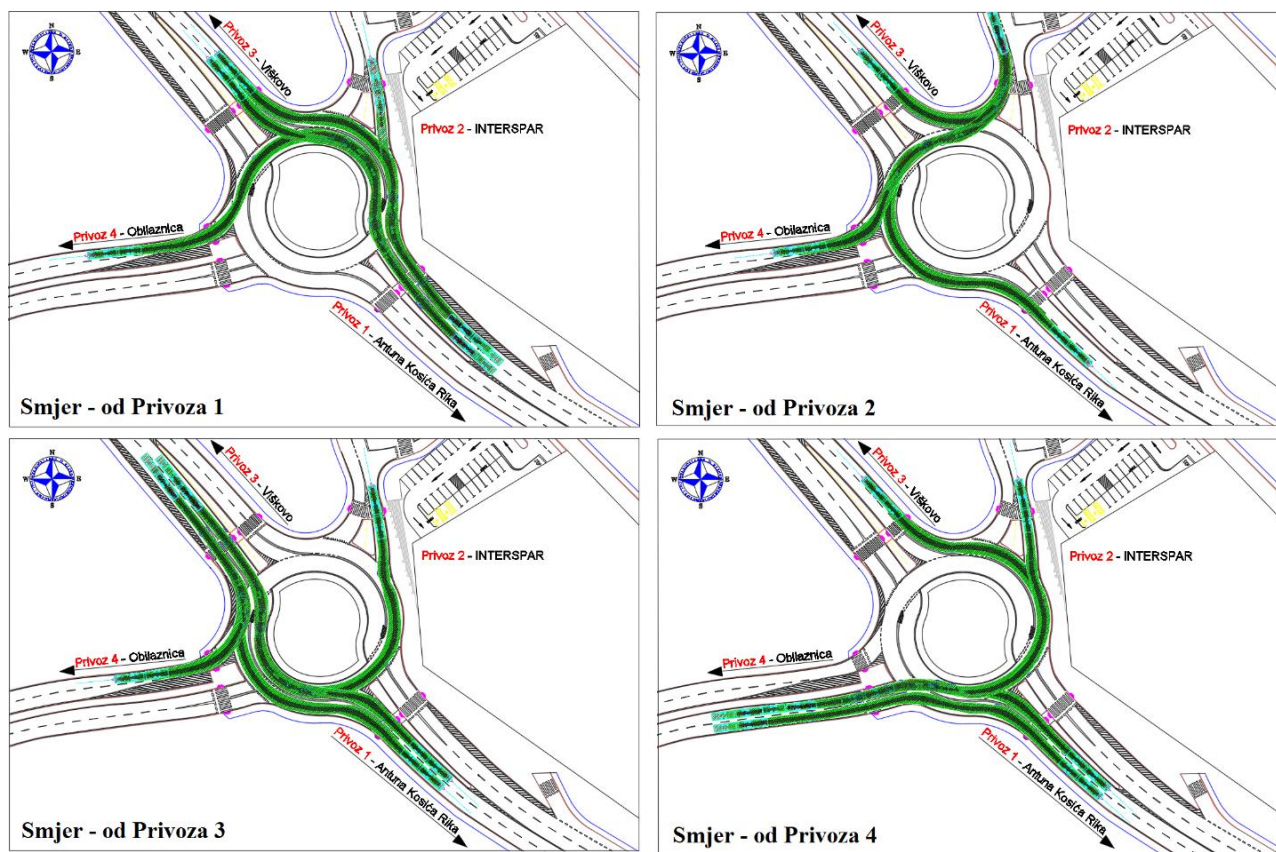
Provjera provoznosti napravljena je u programu *Vehicle Tracking* koji predstavlja dodatak glavnom programu *Auto CAD*. Program *Vehicle Tracking* nudi širok izbor vozila iz različitih država svijeta za provjeru provoznosti. U ovom slučaju odabrano je vučno vozilo s prikolicom iz države Austrije, a koje je detaljnije prikazano na sljedećoj slici.

Slika 85. Detalji mjerodavnog vozila



Izvor: Obrada autora

Slika 86. Provjera trajektorije provoznosti mjerodavnog vozila



Izvor: Obrada autora

U **Prilogu 5.** prikazana je provjera trajektorije provoznosti mjerodavnog vozila u mjerilu 1:500.

6.4. Provjera opravdanosti primjene prometnog rješenja s turbo kružnim raskrižjem

Analiza (studija) opravdanosti primjene kružnog raskrižja predstavlja stručnu podlogu prilikom donošenja odluke o primjeni kružnog raskrižja, odnosno za početak postupka izrade projektne dokumentacije za kružno raskrižje. Njena osnovna namjena je objektivna provjera opravdanosti primjene kružnog raskrižja u danim, odnosno očekivanim (na kraju planskog perioda) okolnostima, a ujedno predstavlja i zaštitu projektanta pred neopravdanim zahtjevima za projektiranje neprihvatljivih rješenja. (Dodatak A, 2014., 1.)

Glavni dio analize opravdanosti primjene kružnog raskrižja predstavlja provjera ispunjavanja općih kriterija za primjenu kružnog raskrižja. Za prihvatanje prijedloga o izgradnji kružnog raskrižja morao bi biti ispunjen što veći broj kriterija, a neki od njih obavezno. Kriteriji koji bi morali biti zadovoljeni u svakom razmatranom slučaju su kriterij prometne sigurnosti i kriterij propusne sposobnosti raskrižja. U nastavku su prikazani kriteriji koje treba koristiti za procjenu primjerenosti izvedbe kružnih raskrižja. Definirano je osam osnovnih skupina općih kriterija koji se trebaju analizirati prilikom procjene primjerenosti izvođenja kružnih raskrižja (Dodatak A, 2014., 1-2.):

1. funkcionalni kriterij;
2. prostorno – urbanistički kriterij;
3. prometni kriterij (kriterij prometnog toka);
4. projektno – tehnički kriterij;
5. kriterij prometne sigurnosti;
6. kriterij propusnosti;
7. okolišni kriterij;
8. ekonomski kriterij.

6.4.1. Funkcionalni kriterij

Promatrano raskrižje nalazi se na sjeverozapadnom dijelu Grada Rijeke smješteno neposredno nakon izlaza sa autoceste A7 odnosno riječke obilaznice koja se proteže od graničnog prijelaza Rupa do čvorišta Križišće – most Krk. Predstavlja glavnu poveznicu za naselja Viškovo, Marinići i Marčelji te za gradska naselja Pehlin, Krnjevo i Turnić. Na području navedenog raskrižja, u smjeru prema Viškovu, smješten je trening kamp i nogometni stadion Rujevica u kojem nogometni klub Rijeka igra svoje utakmice te stoga bilježi velik broj posjetitelja. U neposrednoj blizini raskrižja smješten je trgovački centar Interspar koje je mjesto zaposlenja mnogih ljudi, a ujedno i objekt privlačenja velikog broja kupaca. Navedeno raskrižje biti će u budućnosti glavna poveznica riječke obilaznice sa novoizgrađenim centrom za gospodarenjem otpadom Mariščina gdje je potrebno izgraditi cestu od čvora Štefani preko Viškova i Marčelja odnosno tzv. viškovska obilaznica. Sa izgradnjom navedene prometnice povećao bi se udio teretnih vozila koji bi se spuštali iz Mariščine i preko kružnog raskrižja Rujevica bi se uključivali na riječku obilaznicu.

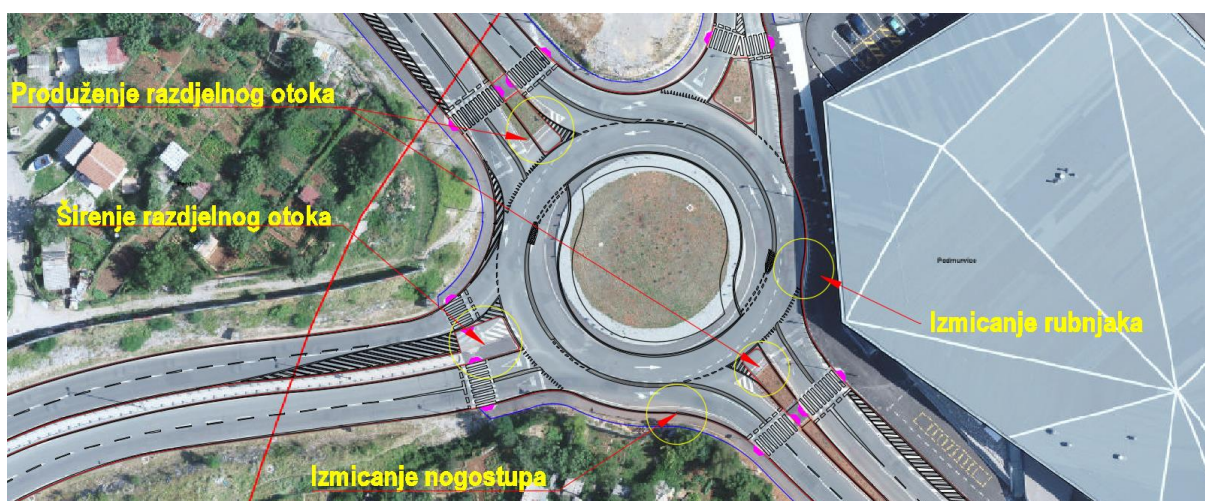
Predmetno raskrižje se nalazi u neposrednoj blizini završetka brze dionice (riječka obilaznica). Doprinosom izgradnje ceste do centra za gospodarenjem otpadom Mariščina povećao bi se udio teretnog prometa, a predmetno raskrižje bi postala glavna poveznica na riječku obilaznicu. Primjenom prometnog rješenja sa turbo kružnim raskrižjem povećavala bi se jasnoća vođenja prometa kroz raskrižje, posebno u vršnim satima kada se na raskrižju nalazi veliki broj vozila te bi se olakšala raspodjela prometnih tokova na glavnom prometnom smjeru.

6.4.2. Prostorno – urbanistički kriterij

Rekonstrukcija dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica u turbo kružno raskrižje može se izvesti unutar gabarita postojećeg stanja raskrižja. Na dijelu ulaza sa privoza 1 (Antuna Kosića Rika) potrebno je rubnjak približiti vanjskom (najvećem) polumjeru turbo kružnog raskrižja. Ulaz sa privoza 4 (Obilaznica) prema privozu 1 (Antuna Kosića Rika) dio nogostupa je potrebno izmaknuti radi ostvarenja provoznosti mjerodavnog vozila.

S obzirom da je za primjenu turbo kružnog raskrižja potrebno izvesti određene korekcije u vidu izmicanja rubnjaka te nogostupa na navedenim privozima, novo rješenje se prostorno uklapa u postojeće stanje uz minimalno širenje i promjena pripadajućeg vanjskog prostora u odnosu na postojeće stanje raskrižja

Slika 87. Uklapanje turbo kružnog raskrižja u postojeću situaciju uz potrebne korekcije



Izvor: Obrada autora

6.4.3. Prometni kriterij (kriterij prometnog toka)

Analiza prometnih tokova na raskrižju je pokazala da je ukupna razina prometnog toka na raskrižju u jutarnjem vršnom satu iznosi cca 2500 vozila, dok u popodnevnom vršnom satu iznosi cca 2700 vozila. Prometni tokovi su izraženiji na prometnom pravcu sa privoza 4 (Obilaznica) prema privozu 1 (Antuna Kosića Rika) i obratno. Najmanji razina prometnih tokova je prema i od privoza 2 (Interspar). S obzirom da na predmetnom raskrižju prolazi veliki broj vozila i puštanjem u promet nove ceste prema Marišćini, imalo bi za posljedicu povećanje teretnih vozila koja bi se kretala prema centru za gospodarenjem otpadom na Marišćini od riječke obilaznice i obratno. Izgradnjom turbo kružnog raskrižja prometni tokovi se neće previše poremetiti što dokazuju i rezultati proračuna propusne moći raskrižja koji su prikazani u analizi *kriterija propusnosti* za predmetno raskrižje.

Analiza prometnih tokova na predmetnom raskrižju i njihovog očekivanog povećanja u vidu teretnih vozila te fizičkim razdvajanjem prometnih smjerova u odnosu na postojeće stanje gdje je utvrđen manji broj konfliktnih točaka, rekonstrukcija dvotračnog kružnog u turbo kružno raskrižje je opravdana.

6.4.4. Projektno – tehnički kriterij

Predložena rekonstrukcija kružnog raskrižja u turbo kružno raskrižje konstruirano je uz respektiranje postojećeg stanja izgrađenosti i tehničkih elemenata postojećih privoza. Dimenzije koje su korištene u izradi turbo kružnog raskrižja su prilagođene kako bi se postiglo uklapanje turbo kružnog u postojeće stanje raskrižja. Sljedeća tablica prikazuje odnos projektno oblikovane elemente za veliko turbo kružno raskrižje i prilagođene dimenzije turbo kružnog raskrižja koje se uklapaju u gabarite postojećeg stanja raskrižja.

Tablica 16. Odnos elemenata velikog i prilagođenog turbo kružnog raskrižja Rujevica

ELEMENTI TURBO KRUŽNOG RASKRIŽJA		
Element	Veliko	Prilagođeno
R_1	19.95	16.80
R_2	24.90	22.95
R_3	25.20	23.25
R_4	29.95	28.70
r_1	20.45	17.30
r_2	24.70	22.50
r_3	25.40	23.20
r_4	29.45	28.20
B_v	4.75	5.38
B_u	4.95	6.06
b_v	4.05	5.00
b_u	4.25	5.67
D_v	5.15	5.15
D_u	4.75	4.75

Izvor: Obrada autora

Kao mjerodavno vozilo za provjeru provoznosti i oblikovnih elemenata turbo kružnog raskrižja odabran je kamion s prikolicom duljine 18.75 m. Ulazni i izlazni polumjeri sa privoza 1 (Antuna Kosića Rika) iznose 26.77 odnosno 26.27 m. Sa privoza 2 (Interspar) polumjeri su 16.44 m za ulazni odnosno 18.29 m za izlazni polumjer. Sa privoza 3 (Viškovo), ulazni polumjer iznosi 15 m, a izlazni 27 m. Ulazni polumjer sa privoza 4 (Obilaznica) iznosi 12 m, a izlazni je najveći u odnosu na ostale polumjere i iznosi 29.25 m. Fizičkim razdvajanjem prometnih trakova (delineator) u postojećem izlaznom polumjeru (22 m) sa privoza 4 (Obilaznica) prema privozu 1 (Antuna Kosića Rika) mjerodavno vozilo bi prelazilo preko delineatora te se povećanjem polumjera (29.25 m) navedeno izbjegava i vozilo prolazi bez poteškoća.

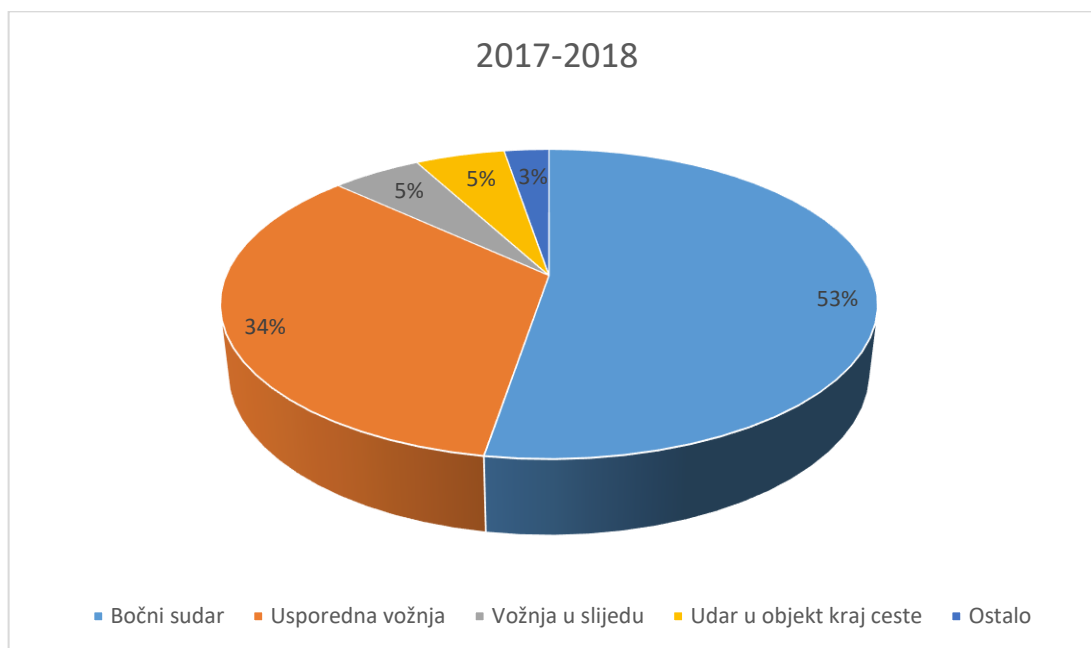
Razdjelni otoci na privozima 1 (Antuna Kosića Rika) i 3 (Viškovo) su produženi u odnosu na postojeće stanje. Razdjelni otok sa privoza 2 (Interspar) ostaje u u postojećem stanju. Razdjelni otok sa privoza 4 (Obilaznica) se proširuje u širini jednog prometnog traka. Na svim privozima osiguran je pješački prijelaz širine cca 4.00 m sa ukošenim rubnjacima i taktilnim površinama čepaste strukture za slijepe i slabovidne osobe.

Uzimajući u obzir uklanjanja turbo kružnog raskrižja u postojeće stanje, uz minimalne korekcije postojećih projektno oblikovnih elemenata, ovo rješenje zadovoljava projektno – tehnički kriterij.

6.4.5. Kriterij prometne sigurnosti

Iz provedene analize stanja sigurnosti prometa na raskrižju za period od dvije godine, vidljivo je da je u promatranom razdoblju na raskrižju se dogodilo ukupno 38 prometnih nesreća, gdje je jedna osoba smrtno stradala. Najveći broj prometnih nesreća je vezano za bočni sudar, gdje je u promatranom razdoblju bilo 20 prometnih nesreća ili više od 50%, zatim slijedi prometna nesreća sa usporednom vožnjom sa njih 13 što predstavlja postotak od 34%.

Grafikon 9. Udio prometnih nesreća prema vrsti u razdoblju 2017. – 2018. godine



Izvor: Obrada autora prema podacima MUP-a Prometne policije Primorsko - goranske

Uspoređujući postojeće stanje raskrižje sa predloženim rješenjem vidljivo je smanjenje konfliktnih točaka sa 24 na 14. Broj konfliktnih točaka presijecanja kojih u postojećem stanju ima 8, smanjenje su na 4 što se primjenom turbo kružnog raskrižja željelo postići.

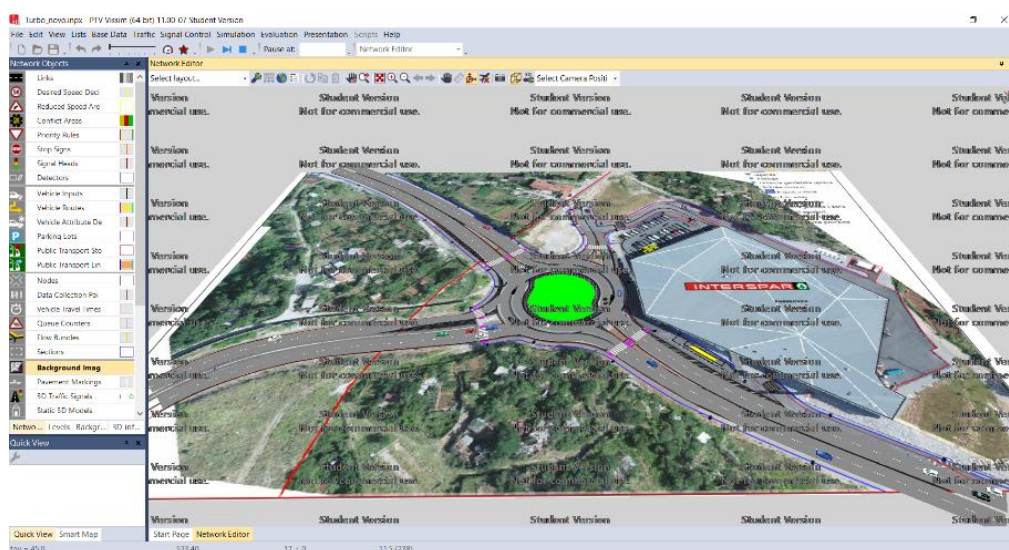
Rekonstrukcijom dvotračnog kružnog raskrižja u turbo kružno raskrižje značajno se smanjuju konfliktne točke posebice konfliktna točka presijecanja čime se povećava sigurnost raskrižja. Stoga, prema analizama prometnih nesreća koje su se dogodile u promatranom razdoblju i konfliktnih točaka koje su prisutne na postojećem kružnom raskrižju, rekonstrukcija raskrižja u turbo kružno je opravdana.

6.4.6. Kriterij propusnosti

U svrhu analize ovoga kriterija, prikupljeni podaci o prometnom opterećenju na predmetnom raskrižju postavljeni su u računalnom programu PTV Vissim.

PTV Vissim je mikroskopski simulacijski alat za modeliranje gradske prometne mreže i operacija javnog gradskog prijevoza te tokova pješaka. Točnost i vjerodostojnost simulacijskog modela najviše ovisi o kvaliteti modeliranja ponašanja vozila u simuliranoj prometnoj mreži. Za razliku od ostalih simulacijskih alata koji koriste konstantne brzine vozila i determinističku logiku slijeđenja, Vissim koristi psihofizički model ponašanja vozača kojeg je razvio Rainer Wiedemann 1974. godine na Sveučilištu u Karlsruheu. (Vujić, Dedić, 2016., 1.)

Slika 88. Simulacija turbo kružnog raskrižja u PTV Vissim-u



Izvor: Obrada autora

Vissim-ovi mikrosimulacijski modeli najčešće su sastavljeni od pet osnovnih elemenata, a to su (Šraml, Jovanović, 2014., 12.):

1. cestovne poveznice („linkovi“ i „connectori“) koje se mogu napraviti s realnom „z“ koordinatom, koja omogućava 3D simulacije;
2. prometna signalizacija (semaforizirana, nesemaforizirana);
3. strukture vozila;
4. prometna opterećenja;
5. smjerovi kretanja vozila

Pomoću mikrosimulacijskih modela Vissim-a može se simulirati sve vrste prometnih površina (autoceste, lokalne ceste, biciklističke staze itd.), sve vrste prometa (motorizirani, nemotorizirani), javni promet (autobusi, tramvaji, podzemne željeznice i sl). (Šraml, Jovanović, 2014., 12.)

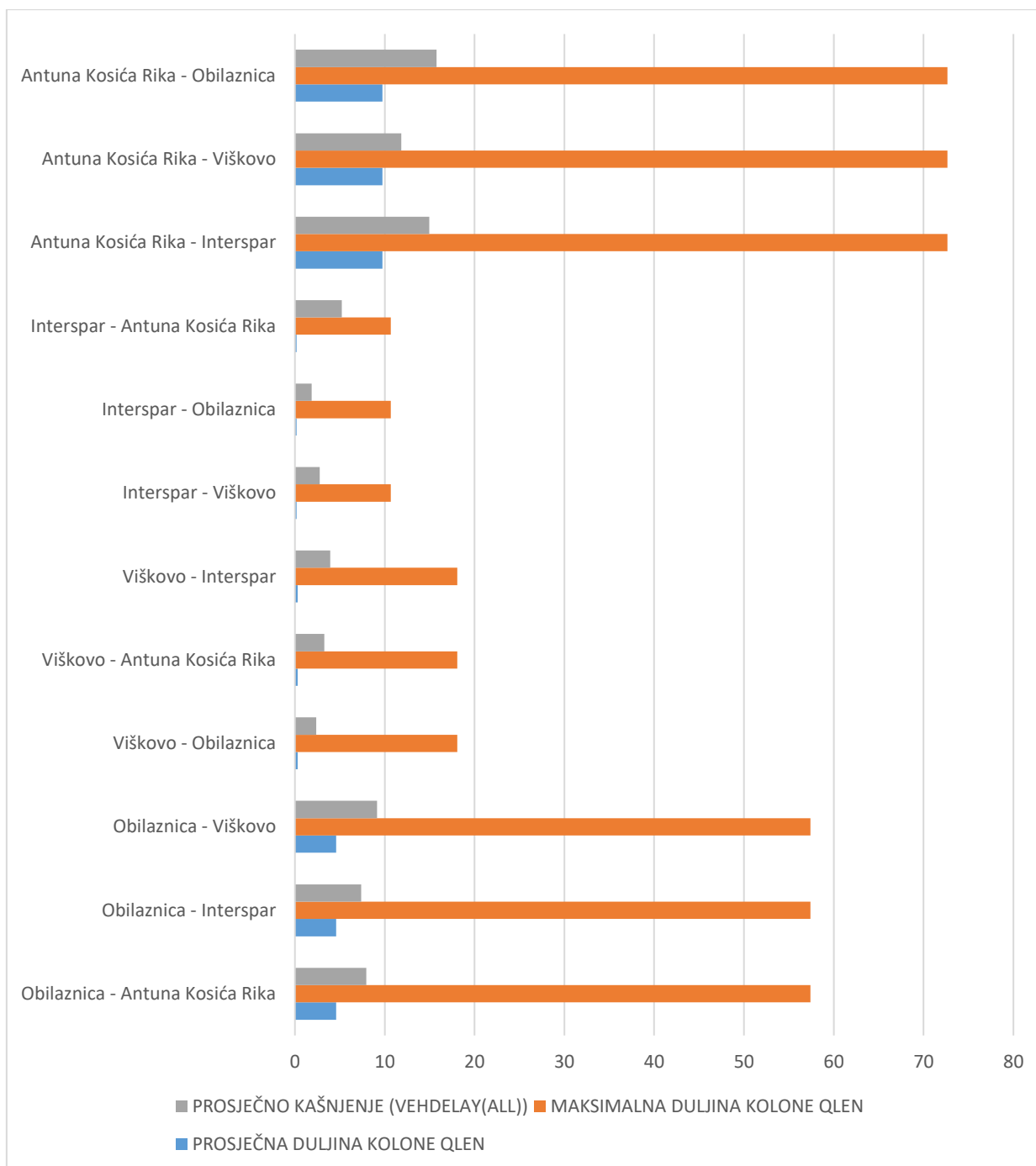
Proces modeliranja kružnih raskrižja u Vissim – u sastoji se od nepходnih koraka poput: izrada linkova i konektora, unos prometnih opterećenja, određivanje prednosti vozila, određivanje područja raskrižja za potrebe analize rezultata, izrada područja smirivanja prometa, analiza rezultata. (Maslač, 2015., 40.)

Rezultati mikrosimulacija mogu se podijeliti prema pokazateljima za prometnu učinkovitost, sigurnost, okoliš, udobnost i tehničke karakteristike. Većina modela obrađuje prometnu učinkovitost kao rezultat mikrosimulacija odnosno: brzinu, trajanje putovanja, zasićenje, dužina kolona vozila itd. (Maslač, 2015., 42.)

6.4.6.1. Dvotračno kružno raskrižje – rezultati simulacije

Iz dobivene simulacije analizirani su parametri: duljina kolone („Qlen“), maksimalna duljina kolone („Qlenmax“) i prosječno kašnjenje („VehicleDelay-All“).

Grafikon 10. Rezultati simulacije dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica



Izvor: Obrada autora

Kao što prikazuje prethodni grafikon, najkritičniji ulaz je ulaz Antuna Kosića Rika iz smjera centra grada po svim navedenim kriterijima. Promatrani smjer ima prosječnu duljinu kolone od 9,73 m, najveća duljina kolone koja se pojavila tokom simulacije je 72,64 m te je najveće prosječno kašnjenje za izlaz na Obilaznicu sa vrijednosti od 16 s/vozilo.

Tablica 17. Rezultati simulacije po smjerovima za dvotračno kružno raskrižje Rujevica

SMJER		DULJINA KOLONE QLEN (m)	MAKSIMALNA DULJINA KOLONE QLEN Max (m)	PROSJEČNO KAŠNJENJE (VEHDELALL) (s)	RAZINA USLUŽNOST (LEVEL OF SERVICE)
ANTUNA KOSIĆA RIKA	INTERSPAR	9,73	72,64	14,96	B
	VIŠKOVO			11,85	B
	OBILAZNICA			15,76	C
INTERSPAR	VIŠKOVO	0,17	10,66	2,76	A
	OBILAZNICA			1,87	
	ANTUNA KOSIĆA RIKA			5,21	
VIŠKOVO	OBILAZNICA	0,31	18,07	2,38	A
	ANTUNA KOSIĆA RIKA			3,26	
	INTERSPAR			3,94	
OBILAZNICA	ANTUNA KOSIĆA RIKA	4,6	57,39	7,94	A
	INTERSPAR			7,39	
	VIŠKOVO			9,15	

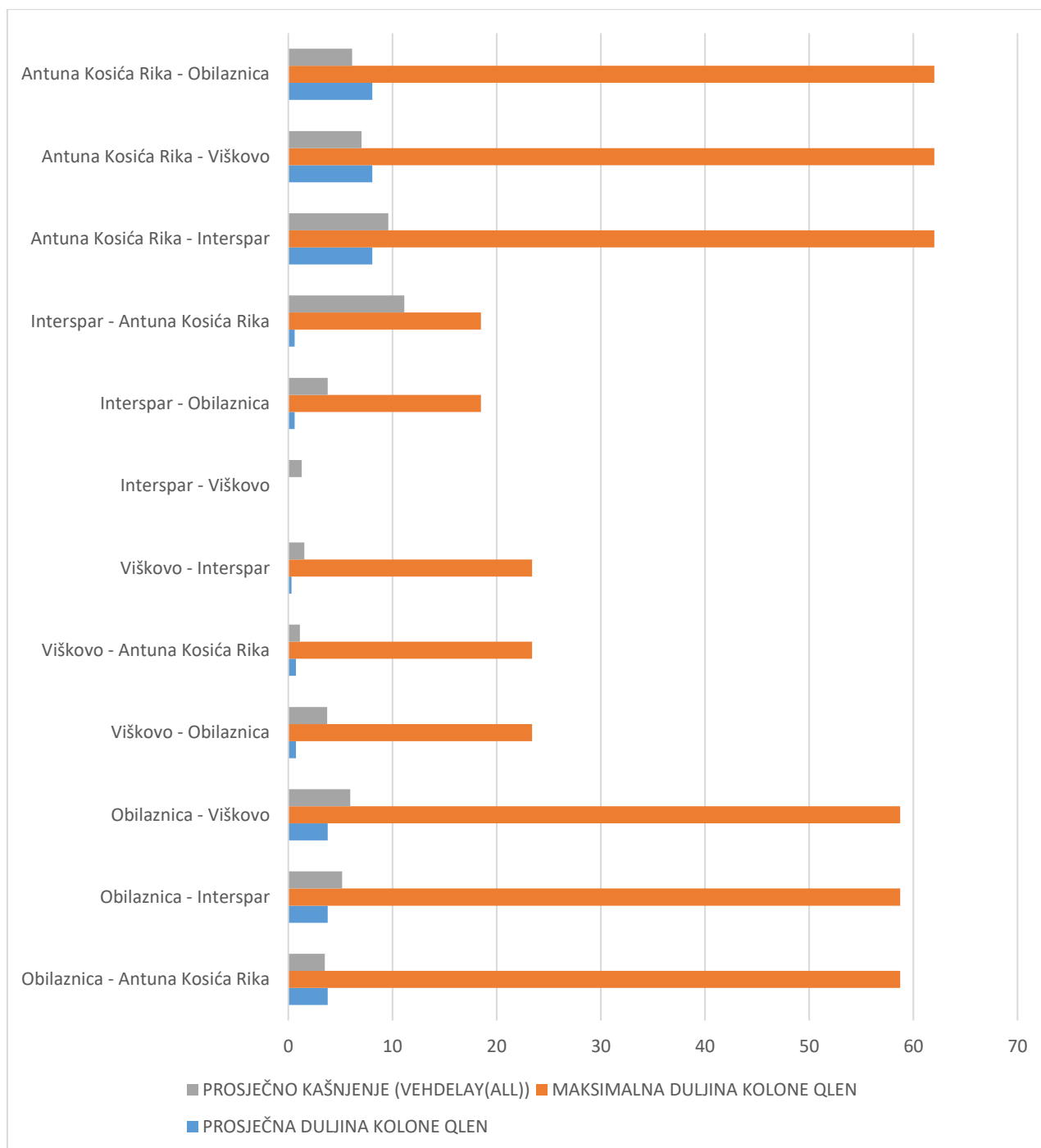
Izvor: Obrada autora

Iz prethodne tablice može se uočiti kako cesta sa privoza Antuna Kosića Rika stvara najveću kolonu gdje je razina uslužnosti B za privoze prema Intersparu i Viškovu i C za privoz prema Obilaznici. Nešto manja kolona se stvara sa privoza Obilaznica ali je zadržana razina uslužnosti A. Cesta sa privoza Interspar ima najmanje vrijednosti uzetih parametara zbog manjeg udjela vozila koja pristupaju u raskrižje.

6.4.6.2. Turbo kružno raskrižje – rezultati simulacije

Da bi rezultati simulacije bili usporedivi sa postojećim stanjem raskrižjem također su analizirani parametri duljina kolone („Qlen“), maksimalna duljina kolone („Qlenmax“) i prosječno kašnjenje („VehicleDelay-All“).

Grafikon 11. Rezultati simulacije turbo kružnog raskrižja Rujevica



Izvor: Obrada autora

Kao i u slučaju sa dvotračnim kružnim raskrižje, najkritičniji tok je cesta sa privoza Antuna Kosića Rika sa maksimalnom duljinom kolone od 62,01 m, u kojoj se ujedno stvara najveća duljina kolone od 8,07 m. Najveće prosječno kašnjenje je zabilježeno sa ceste privoza Interspar od 11,14 s, međutim, u navedenom privozu su zabilježeni najmanji zastoji.

Tablica 18. Rezultati simulacije po smjerovima za turbo kružno raskrižje Rujevica

SMJER		DULJINA KOLONE QLEN (m)	MAKSIMALNA DULJINA KOLONE QLEN Max (m)	PROSJEČNO KAŠNJENJE (VEHDELALL) (s)	RAZINA USLUŽNOST (LEVEL OF SERVICE)
ANTUNA KOSIĆA RIKA	INTERSPAR	8,07	62,01	9,59	A
	VIŠKOVO			7,04	
	OBILAZNICA			6,12	
INTERSPAR	VIŠKOVO	0	0	1,29	A
	OBILAZNICA	0,6	18,49	3,79	
	ANTUNA KOSIĆA RIKA	0,6	18,49	11,14	B
VIŠKOVO	OBILAZNICA	0,73	23,41	3,72	A
	ANTUNA KOSIĆA RIKA			1,72	
	INTERSPAR			1,53	
OBILAZNICA	ANTUNA KOSIĆA RIKA	3,78	58,73	3,5	A
	INTERSPAR			5,17	
	VIŠKOVO			5,95	

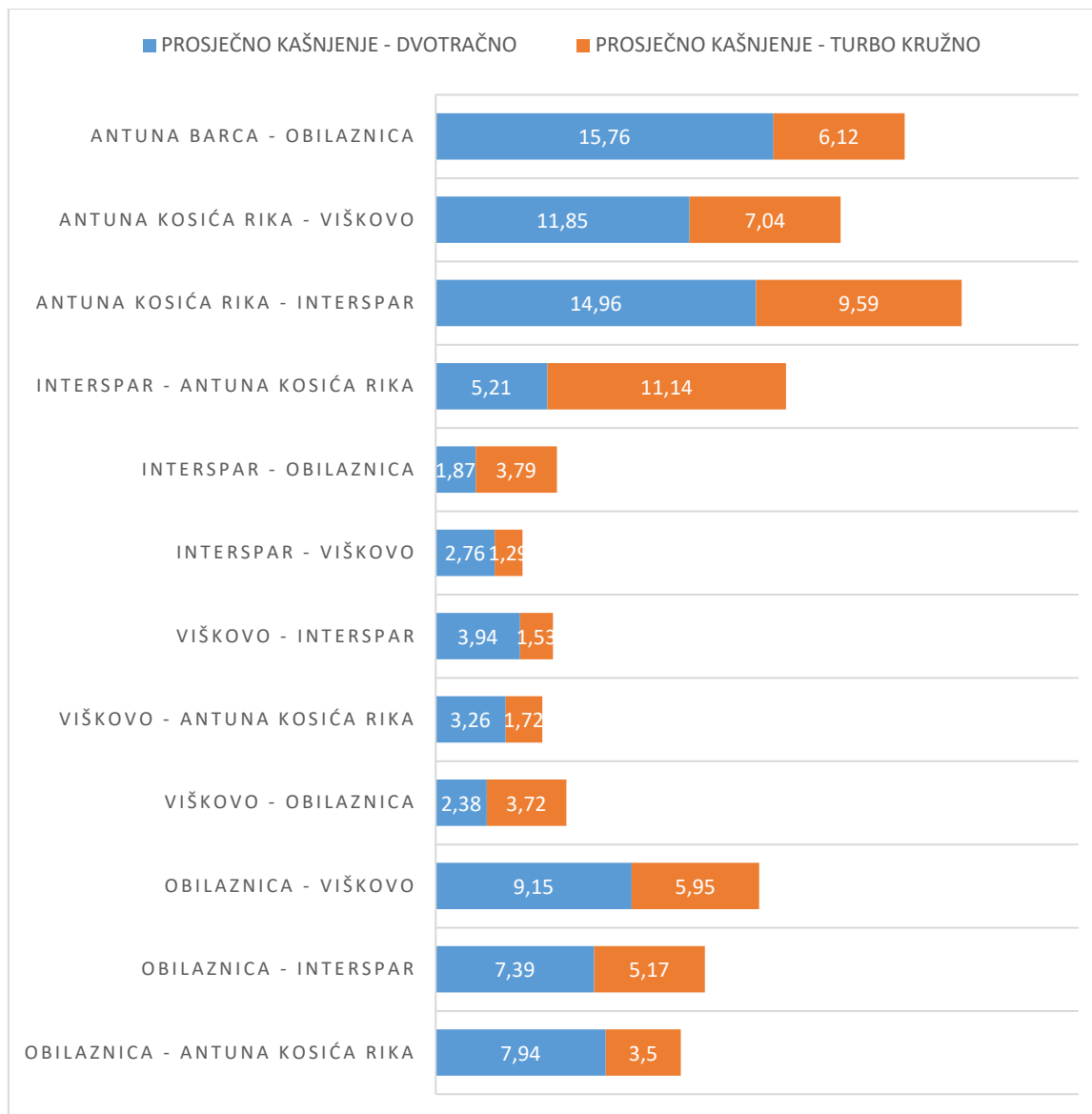
Izvor: Obrada autora

Kao što se može vidjeti sa prethodne tablice, na privozima Antuna Kosića Rika i Obilaznica se stvara najveća maksimalna dužina kolone, ali bez obzira na navedeno, oba privoza imaju razinu uslužnosti A što sugerira slobodan prometni tok. Najveće prosječno kašnjenje se stvara sa privoza Interspar prema privozu Antuna Kosića Rika u iznosu od 11,14 s. Najmanje opterećeniji privoz je privoz Interspar na kojem se ne stvara kolona prema privozu Viškovo, a prema ostalim privozima ta brojka je neznatna u odnosu na privoze Antuna Kosića Rika i Obilaznica.

6.4.6.3. Usporedba rezultata i ocjena

Kako bi se lakše usporedili dobiveni rezultati za oba raskrižja, izrađeni su zajednički dijagrami dvotračnog i turbo kružnog raskrižja (Grafikon 12. i Grafikon 13.).

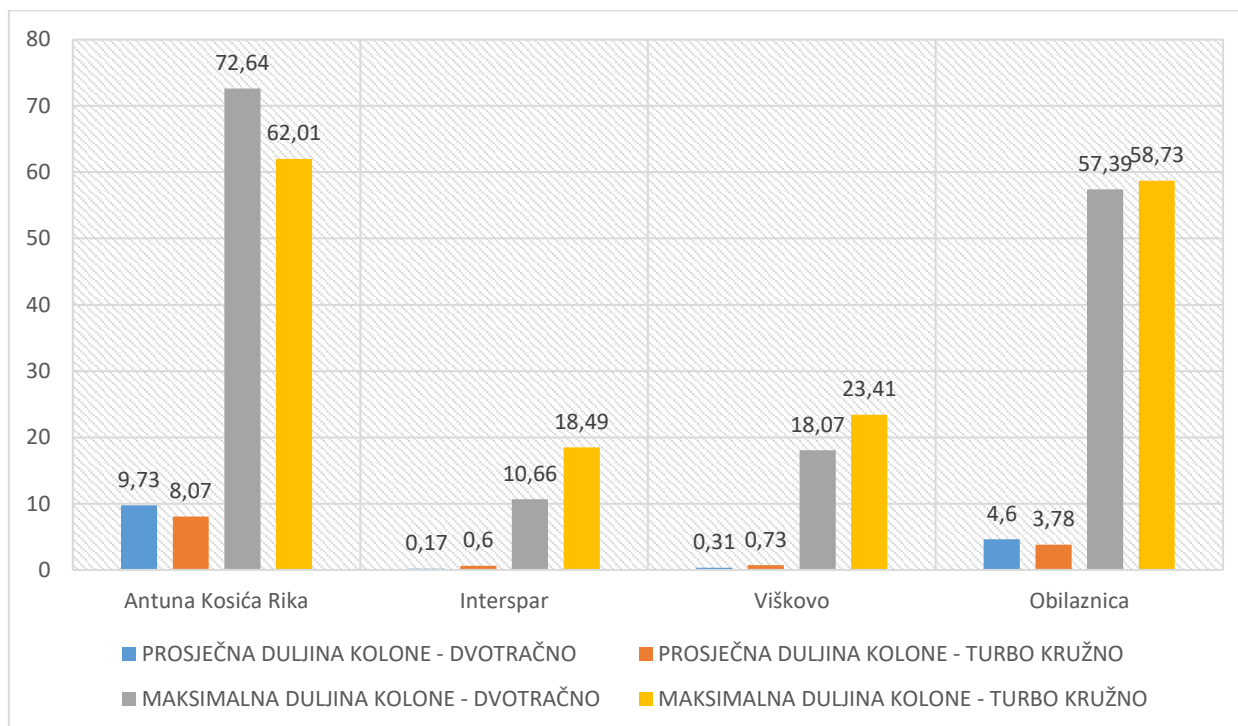
Grafikon 12. Usporedba prosječnog kašnjenja na dvotračnom i turbo kružnom raskrižju



Izvor: Obrada autora

Na prethodnom grafikonu u usporedbi prosječnog kašnjenja u oba kružna raskrižja, najmanja razlika se javlja sa privoza Interspar prema svim drugim smjerovima. Razlog je što cesta sa privoza Interspar ima najbolji protok (najmanji broj vozila), te nema velikih zastoja u oba simulirana kružna raskrižja. Turbo kružno raskrižje bilježi manje vrijednosti prosječnog kašnjenja prema svim privozima osim u slučaju sa privoza Interspar prema smjeru za privoz Antuna Kosića Rika, gdje je prosječno kašnjenje dvostruko više u odnosu na dvotračno kružno raskrižje, sa privoza Interspar prema Obilaznici te sa privoza Viškovo prema Obilaznici gdje je prosječno kašnjenje neznatno više u odnosu na dvotračno kružno raskrižje.

Grafikon 13. Usporedba prosječnih i maksimalnih duljina kolone na dvotračnom i turbo kružnom raskrižju



Izvor: Obrada autora

Prethodni grafikon prikazuje usporedbu prosječnih i maksimalnih duljina kolone između dvotračnog i turbo kružnog raskrižja. Sa privoza Antuna Kosića Rika, turbo kružno raskrižje bilježi manje rezultate za oba analizirana parametra. Prosječna duljina kolone je neznatno manja, dok je maksimalna duljina kolone manja za 10 m kod turbo kružnog raskrižja. Sa privoza Interspar dvotračno kružno raskrižje bilježi manje rezultate analiziranih parametara, prosječna duljina kolone je neznatno manja, dok je maksimalna duljina kolone manja za cca 8 m. Također, dvotračno kružno raskrižje bilježi bolje rezultate i kod privoza sa Viškovo, prosječna duljina kolone je neznatno manja, dok je maksimalna duljina kolone manja za cca 5 m u odnosu na turbo kružno raskrižje. Privoz Obilaznica u primjeni turbo kružnog raskrižja bilježi manju prosječnu duljinu kolone koje neznatno manja u odnosu na dvotračno kružno raskrižje, dok je sa aspekta maksimalne duljine kolone, oba analizirana raskrižja bilježe podjednake rezultate.

Uspoređujući dobivene rezultate koji su prikazani u tablicama i grafikona dolazi se do zaključka da je turbo kružno raskrižje bolje rješenje u odnosu na dvotračno kružno raskrižje koje se najbolje vidi u pogledu prosječnog kašnjenja dolaska na raskrižje dok

dok u pogledu duljina kolone bilježe podjednake rezultate. Razine uslužnosti je u slučaju turbo kružnog raskrižja samo za jedan smjer razina uslužnosti B u odnosu na dvotračno kružno gdje razina uslužnosti za dva smjera manja za jednu ocjenu odnosno manja za dvije ocjene kod jednog smjera (Antuna Kosića Rika – Obilaznica).

6.4.7. Okolišni kriterij

Za okolišni kriterij napravljena je usporedba u emisiji štetnih tvari i potrošnje goriva za oba tipa rješenja raskrižja.

Tablica 19. Usporedba emisije štetnih tvari i potrošnje goriva između dvotračnog i turbo kružnog raskrižja Rujevica

		CO (Ugljični monoksid) (g)		NOX (Dušikov oksid) (g)		VOC (Isparljivi organski spojevi) (g)		Petrošnja goriva (galon)	
		Dvotračno	Turbo	Dvotračno	Turbo	Dvotračno	Turbo	Dvotračno	Turbo
Antuna Kosića Rika	Interspar	33,418	18,565	6,502	3,612	7,745	4,303	0,478	0,266
	Viškovo	41,677	18,947	8,109	3,686	9,659	4,391	0,596	0,271
	Obilaznica	40,468	19,015	7,874	3,7	9,379	4,407	0,579	0,272
Interspar	Viškovo	1,409	1,553	0,274	0,302	0,327	0,36	0,02	0,022
	Obilaznica	2,353	1,922	0,458	0,374	0,545	0,445	0,034	0,027
	Antuna Kosića Rika	4,067	5,159	0,791	1,004	0,942	1,196	0,058	0,074
Viškovo	Obilaznica	8,752	8,243	1,703	1,604	2,028	1,91	0,125	0,118
	Antuna Kosića Rika	12,678	10,494	2,467	2,042	2,938	2,432	0,181	0,15
	Interspar	18,165	11,63	3,534	2,263	4,21	2,695	0,26	0,166
Obilaznica	Antuna Kosića Rika	31,129	5,521	6,057	1,074	7,215	1,28	0,445	0,079
	Interspar	45,211	25,06	8,797	4,876	10,478	5,808	0,647	0,359
	Viškovo	31,835	16,936	6,194	3,295	7,378	3,925	0,455	0,079

Izvor: Obrada autora

Uspoređujući dobivene rezultate, utvrđeno je da turbo kružno raskrižje emitira manju količinu štetnih tvari prema analiziranim parametrima. U nekim slučajevima, dvotračno kružno prikazuje manje emisija štetnih tvari ali je ta razlika minimalna u odnosu na turbo kružno raskrižje. U potrošnji goriva, turbo kružno raskrižje bilježi manju potrošnju goriva osim u slučaju sa smjera Interspar prema privozu Antuna Kosića Rika gdje dvotračno kružno raskrižje ima manju vrijednost potrošnje goriva. Zaključno, primjena turbo kružnog raskrižja prema ovom kriteriju je opravdana.

6.4.8. Ekonomski kriterij

Rekonstrukcija dvotračnog kružnog raskrižja u turbo kružno raskrižje zahtijeva određene troškove koji nisu mali. Potrebno je razdjelne otoke na privozima 1 (Antuna Kosića Rika) i 3 (Viškovo) produžiti prema unutrašnjosti kružnog raskrižja, a na privoz 4 (Obilaznica) razdjelni otok je potrebno proširiti dok razdjelni otok na privozu 2 (Interspar) ostaje u svojem postojećem stanju bez izmjena. Troškovi se javljaju u iscrtavanju nove horizontalne signalizacije i postavljanju novih vertikalnih znakova, a veći troškovi u tom kontekstu se javljaju u pogledu portalnih nosača sa obavijesnim pločama koji će se postaviti iznad kolnika kako bi sudionici u prometu na vrijeme bili obaviješteni o smjeru koji su odabrali. Veći troškovi se javljaju u pogledu rekonstrukcije središnjeg otoka i postavljanje fizičkih prepreka (delineatora) u kružnom kolničkom traku. Samim razdvajanjem smjerova u kružnom raskrižju dolazit će do manje prometnih nesreća te u tom pogledu se može reći da će cjelokupno društvo uštedjeti. Troškovi koji se još javljaju su troškovi izrade projektne dokumentacije (idejni, glavni i izvedbeni projekt te troškovi ishoda potrebnih dozvola za gradnju i troškovi gradnje koji su prethodno opisani). Troškovi održavanje nakon rekonstrukcije bili bi identični kao i u slučaju dvotračnog kružnog raskrižja, a obuhvaćali bi održavanje niskog zelenila, obnavljanje horizontalne signalizacije te eventualne popravke na oštećenju kolnika i rubnjaka.

Primjena turbo kružnog raskrižja zahtijeva određene troškove koji nisu zanemarivi, ali bi njegova primjena nakon izgradnje bila opravdana, kako za sudionike u prometu u pogledu sigurnosti tako i za cjelokupno društvo (manji troškovi od prometnih nesreća) i okoliš (manja emisija štetnih tvari i potrošnje goriva). Zaključno, primjena turbo kružnog raskrižja prema ovom kriteriju je opravdan.

6.4.9. Provjera ispunjavanja kriterija – Vrednovanje opravdanosti primjene turbo kružnog raskrižja

Vrednovanje opravdanosti primjene turbo kružnog raskrižja provjerava se kroz analizu prethodno osam opisanih kriterija. U svakom kriteriju uspoređuje se inačice rješenja prema svim prethodno obrađenim pokazateljima. Ocjene se upisuju u tablicu te se na kraju daje konačna ocjena vrednovanja opravdanosti primjene turbo kružnog raskrižja.

Tablica 20. Matrica vrednovanja između dvotračnog i turbo kružnog raskrižja

Glavni kriterij	Dodatni kriterij	Vrednovanje pokazatelja	
		o = povoljno ox = uvjetno povoljno x = nepovoljno	
		Dvotračno	Turbo
Funkcionalni kriteriji	Prometna uloga raskrižja	o	o
	Jasnoća vođenja prometnih tokova	ox	o
Prostorno-urbanistički kriteriji	Prostorne mogućnosti i ograničenja	o	o
	Utjecaj na odnos korištenja gradskih struktura i pripadajućeg vanjskog prostora	o	o
Prometni kriterij (kriterij prometnog toka)	Prometni tok (ukupna razina prometnog toka i smjer kretanja prometa)	o	o
Projektno-tehnički kriteriji	Broj prilaza i geometrija raskrižja	o	o
	Provoznost raskrižja	o	o
	Visinski elementi-uzdužni nagib	o	o
Prometna sigurnost	Razina prometne sigurnosti motoriziranog sudionika (prolazna brzina i moguće točke sudara)	x	o
	Sigurnost nemotoriziranih sudionika u prometu	o	o

<i>Kriterij</i>	<i>Protok prometa na raskrižju (propusna moć i razina uslužnosti)</i>	OX	O
<i>Okolišni kriteriji</i>	<i>Emisija štetnih tvari</i>	OX	O
	<i>Potrošnja goriva</i>	OX	O
<i>Ekonomski kriteriji</i>	<i>Troškovi građenja</i>	O	OX
	<i>Troškovi održavanja</i>	O	O
<i>Ukupno vrednovanje</i>		10o, 4ox, 1x	14o, 1ox

Izvor: Obrada autora

Rezultati dobiveni matricom prikazuju opravdanost rješenja primjene turbo kružnog raskrižja na Rujevici. Prometna uloga raskrižja i jasnoća vođenja prometnih tokova su povoljna u oba primjera kružnog raskrižja. Također se to odnosi i na prostorne mogućnosti i ograničenja te utjecaj na odnos korištenja gradskih struktura i pripadajućeg vanjskog prostora kojih nema, s obzirom da je predmetna lokacija raskrižja smještena u izvan urbanom području. Ukupna razina prometnog toka i smjer kretanja prometa ostaju isti u primjeni turbo kružnog raskrižja. Projektno-tehnički kriteriji su prema dodatnim kriterijima kojih ima tri su također povoljni u primjeni turbo kružnog raskrižja. Razine prometne sigurnosti motoriziranih sudionika u slučaj sa dvotračnim kružnim raskrižjem je nepovoljan u odnosu na turbo kružno zbog većeg broja konfliktnih točaka, a posebice konfliktnih točaka presijecanja gdje se primjenom turbo kružnog raskrižja smanjuju razdvajanjem prometnih trakova unutar kružnog raskrižja (fizičko razdvajanje – delineator). Sigurnost nemotoriziranih sudionika u prometu ostaje ista u oba primjera kružnog raskrižja. Protok prometa na raskrižju je uvjetno povoljan za dvotračno kružno gdje analizom propusnosti utvrđeno da na privozu 1 (Antuna Kosića Rika) ima razinu uslužnosti B, odnosno C na jednom smjeru, dok turbo kružno raskrižje bilježi na navedenom privozu razinu uslužnosti A koja predstavlja slobodan prometni tok bez zastoja i minimalnog vremena čekanja. Što se tiče okolišnog kriterija, turbo kružno raskrižje ima manje vrijednosti emisija štetnih tvari i potrošnje goriva. Ekonomski kriterij u smislu troškova građenja je uvjetno povoljan kod turbo kružnog zbog potrebnih radova u njegovoj primjeni te postavljanje nove horizontalne i vertikalne prometne signalizacije, dok su troškovi održavanja u oba primjera raskrižja identični.

Rekonstrukcijom dvotračnog kružnog raskrižja u turbo kružnog raskrižja zadovoljit će se prije svega dva glavna kriterija, prometna sigurnosti i propusna moć. Primjenom

turbo kružnog raskrižja povećava se sigurnost motoriziranih sudionika u prometu smanjenjem konfliktnih točaka, prije svega konfliktne točke presijecanja koja je najopasnija. S obzirom da se očekuje povećanje teretnog prometa izgradnjom ceste od čvora Štefani do Marišćine čiji će glavni smjer kretanja biti prema centru za gospodarenjem otpada na Marišćini, a izlaz na obilaznicu vodi upravo preko predmetnog raskrižja, primjenom turbo kružnog raskrižja je stajališta sigurnosti bolje rješenje u odnosu na dvotračno kružno raskrižje. Uspoređujući oba primjera raskrižja u vidu propusne moći pokazuje minimalne razlike te bi turbo kružno raskrižje zadovoljilo propusnu moć postojećeg prometnog opterećenja dok bi u slučaju povećanja prometa potrebno napraviti dodatnu analizu propusnosti. Za rekonstrukciju su svakako potrebna određena financijska sredstva za primjenu predloženog rješenja koja se ne mogu izbjeći. Sveukupno, primjena novog rješenja u vidu turbo kružnog raskrižja prema svim navedenim kriterijima je opravdana.

7. ZAKLJUČAK

Primjena kružnih raskrižja kao moderan način rješavanja prometnih čvorišta je u svijetu i kod nas postao standardan način rješavanja raskrižja koja su se pokazala kao kapacitivno i prometno sigurnosno rješenje u odnosu na klasična raskrižja. Smješten na sjeverozapadnom dijelu grada Rijeke, u neposrednoj blizini izlaza na riječku obilaznicu i trgovačkog centra Interspar, dvotračno kružno raskrižje Rujevica predstavlja glavnu poveznicu za mjesta Viškovo i Marčelji te za gradska naselja Pehlin, Turnić i Krnjevo na riječku obilaznicu.

U analizi postojećeg stanja utvrđeno je da veliki broj vozila prođe navedenim raskrižje, kako u jutarnjem tako i popodnevnom vršnom satu. S obzirom na prikazanu količinu prometa i kako je analizirano raskrižje dvotračno kružno, u analizi stanja sigurnosti je utvrđeno da se na predmetnom raskrižju u dvije godine dogodile skoro 40 prometnih nesreća, od čega je jedna prometna nesreća zabilježena sa smrtnim ishodom. Najveći broj prometnih nesreća je vezan za bočne udare i usporednu vožnju što je posljedica nepoštivanja prednosti prolaska.

Za izbor rješenja koji bi zadovoljio sigurnosne elemente i elemente propusne moći izabrano je rješenje rekonstrukcije postojećeg dvotračnog kružnog raskrižja u turbo kružno raskrižje. Turbo kružna raskrižja su se prvi put primijenila krajem prošlog stoljeća u Nizozemskoj i predstavljaju dvotračna kružna raskrižja, ali koja se razlikuju od dvotračnih po tome što su prometnih trakovi kružnog kolnika međusobno odvojeni nadvišenim rubnjacima. S tog razloga, vozila na vrijeme moraju odabrati odgovarajući prometni trak jer jednom odabran prometni trak nije moguće promijeniti. Pri tome je prometnoj signalizaciji i opremi potrebno posvetiti veliku pažnju. Primjenom takvog rješenja vozače se prisiljava da pravilnije voze kroz kružno raskrižje.

U analizi opravdanosti u primjeni prometnog rješenja s kružnim raskrižjem, turbo kružno raskrižje zadovoljava sve postavljene kriterije u odnosu na dvotračno kružno raskrižje osim u slučaju ekonomskog gdje uvjetno zadovoljava jer tek mora biti izgrađeno. Kod dvotračnog kružnog raskrižja najlošije se pokazala prometna sigurnost zbog veće mogućnosti sudara u odnosu na turbo kružno raskrižje gdje su prometni trakovi u kružnom kolniku fizički odvojeni. Prilikom analize propusnosti koja napravljena u programskom alatu *PTV Vissim*, utvrđeno je da turbo kružno raskrižje zadovoljava navedeni kriterij u pogledu manjeg vremena čekanja na ulaz u kružno raskrižje, duljina kolone te manjih emisija štetnih tvari i potrošnje goriva u odnosu na dvotračno kružno raskrižja. Također, prilikom provjere

provoznosti je potvrđen prolaz kamiona s prikolicom prema svim smjerovima iz svakog privoza.

S obzirom da se u budućnosti očekuje dovršetak ceste prema centru za gospodarenjem otpada na Marišćini tzv. viškovska obilaznica i samim time će se jednim dijelom povećati teretni promet kroz kružno raskrižje na Rujevici prema riječkoj obilaznici, turbo kružno raskrižje predstavlja puno bolje rješenje nego dvotračno kružno raskrižje u vidu manjeg broja konfliktnih točaka, odnosno, manja je mogućnosti za nastanak prometnih nesreća zbog odvojenih prometnih traka u kružnom kolniku.

Predloženo rješenje raskrižja bi bilo prvo takvo rješenje na riječkom području te bi stoga sudionike u prometu trebalo na vrijeme educirati o kretanju na takvom raskrižju. Problem bi se mogao riješiti puštanjem simulacije kretanja vozila kroz turbo kružno raskrižje na lokalnim TV postajama i izdavanjem brošure u sklopu lokanih dnevnih listova sa prikazom pravilnog kretanja vozila kroz turbo kružno raskrižje. Na taj način bi se svi sudionici koji prolaze navedenim raskrižjem na vrijeme upoznali sa pravilnim načinom kretanja kroz turbo kružno raskrižje i značajno bi se unaprijedila sigurnost odvijanja prometa nakon rekonstrukcije raskrižja u turbo kružno raskrižje.

LITERATURA

Knjige:

1. Božićević, J., Legac, I., **Cestovne prometnice**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
2. Legac, I., **Raskrižja javnih cesta : cestovne prometnice II**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
3. Mihailo, M., **Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradovima**, ORION – ART, Beograd, 2009.
4. Tollazzi, T., **Kružna raskrižja**, IQ PLUS d.o.o., Kastav, Rijeka, 2007.

Rad u zborniku:

1. Bošnjak, J., Šimenić, D., Molnar, I., **Prometna signalizacija na turbo kružnim raskrižjima**, Zbornik radova, 38 stručni seminar o signalizaciji, opremi, obnovi, održavanju cesta i sigurnosti u prometu, CESTE, Poreč, 2014.
2. Pilko, H., Barišić, I., Bošnjak, H., **Kružna raskrižja u urbanim sredinama**, Zbornik radova, šesti Kongres o cestama, Opatija, 2015.

Članak na web - stranici:

1. Bastos Silva, A., Vasconcelos, L., Santos, S., **Moving from Conventional Roundabouts to Turbo – Roundabouts**, Procedia – Social and Behavioral Sciences, vol. 111, 2014,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814000470> (21. 12. 2018.)
2. Batos Silva, A., Santos, S., Gapar, M., **Turbo – roundabout use and design**,
<https://pdfs.semanticscholar.org/19ff/a5f0d0be7b5417bdb20167cbd279b892f917.pdf>
(21. 12. 2018.)
3. Chodur, J., Bąk, R., **Study of Driver Behaviour at Turbo – Roundabouts**, Archives of Transport, vol. 38, 2016., br. 1,
<http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-fbb596cf-74a4-4eb1-ad77-58f9ccba4085> (21. 12. 2018.)
4. Džambas, T., Ahac, S., Dragičević, V., **Geometric Design of Turbo – Roundabouts**, Tehnički vjesnik, vol. 24, 2017., br. 1,

- https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=257896 (28. 2. 2019.)
5. Maslač, D., **Mikrosimulacijski modeli kružnih raskrižja – primjenom računalnog alata**, e – Zbornik, Elektronički zbornik radova Građevinskog fakulteta Mostar, vol 4, 2015, br. 10,
http://gf.sum.ba/e-zbornik/e_zbornik_10_04.pdf (27. 3. 2019.)
 6. Tollazzi, T., Renčelj, M., **Turbo – Roundabouts in Slovenia – State of the Art**,
http://www.yubs.rs/Simpozijumi/RAP_2014_Radovi/042_Tollazzi_Turbo_roundabouts_in_Slovenia_RAP_2014_Rad.pdf (3. 3. 2019.)
 7. Tollazzi, T., Turnšek, S., Renčelj, M., **Slovenian Experiences with „Turbo – Roundabouts“**, e – Zbornik, Elektronički zbornik radova Građevinskog fakulteta Mostar, vol 3, 2012, br. 1,
http://gf.sum.ba/e-zbornik/e_zbornik_03_01.pdf (11. 7. 2018.)

Priručnici i smjernice:

1. Bared, J.G., et al., **Modern Roundabout Practice in the United States**, National Academy Press, Washington, D. C. 1998.
2. Campbell, D., Jurisich, I., Dunn, R., **Improved multi – lane roundabout designs for urban areas**, NZ Transport Agency research report, New Zealand, 2012.
3. Dadić, I., et al, **Teorija i organizacija prometnih tokova**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
4. Deluka – Tibljaš, A., et al, **Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama**, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 2014.
5. Fortuijn, L.G.H., **Turborotonde en turboplein: ontwerp, capaciteit en veiligheid**, TRAIL Thesis Series, Netherlands, 2013.
6. Kenjić, Z., **Kružne raskrsnice – rotori**, IPSA – Institut Sarajevo, Sarajevo, 2009.
7. Kociánová, A., Bartovic, M., Kopček, M., **Technické Podmienky – Projektovanie Turbo – Okružných Križovatiek**, Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR – Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií, Slovensko, 2015.
8. Murphy, T., **The Turbo Roundabout – A First in North America**, Transportation Association of Canada (TAC), Ottawa, 2015.
9. Posavec, D., **Učim prometna pravila i pravilno se ponašati u prometu**, Jutarnji list, Zagreb, 2018.

10. Robinson, B.W., et al, **ROUNDABOUTS: An Informational Guide**, Publication No. FHWA-RD-00-067, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Portland, 2000.
11. Šraml, M., Jovanović, G., **Mikrosimulacije u prometu (radni udžbenik s primjenom VISSIM-a)**, Sveučilište u Mariboru, Fakultet za građevinarstvo, prometno inženjerstvo i arhitekturu, Maribor, 2014.
12. Tollazzi, T., et al, **Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama**, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 2014.
13. Vujić, M., Dedić, L., **Priručnik za izradu osnovnog modela semaforiziranog raskrižja korištenjem mikrosimulacijskog alata PTV Vissim**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zavod za inteligentne transportne sustave, Zagreb, 2016.

Pravilnici:

1. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama NN33/2005.
2. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (prijedlog), Zagreb, ožujak 2015.

Diplomski radovi:

1. Čop, D., **Analiza autocestovne dionice Orehovica – Križišće**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2013.
2. Kolak, I., **Usporedba varijantnih rješenja primjenom mikrosimulacijskog modela**, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, Osijek, 2015.

Izvori s interneta:

1. <http://sib.rtl.hr/vijesti/osijek/14134-otvoren-prviturbo-kruzni-tok-u-osijeku.html> (10. 5. 2019.)
2. <http://gradnja.hr/features-mainmenu-47/aktualni-projekti/1131-turbo-kruzni-tok-visnjevaca> (6. 3. 2019.)

3. <http://www.brodportal.hr/clanak/ceka-se-odabir-izvodaca-za-prosirenje-svaciceve-16929> (10. 4. 2019.)
4. http://www.rijekapromet.hr/hr/kategorizacija_cesta/433/69 (20. 3. 2019.)
5. http://www.novilist.hr/novilist_public/layout/set/print/Vijesti/Crna-kronika/TRAGEDIJA-NA-RUJEVICI-Vozac-izgubio-zivot-udarivsi-BMW-om-u-kameni-usjek (25. 3. 2019.)
6. **Strategija razvoja Grada Rijeke za razdoblje 2014. – 2020. godine**, Rijeka, 2013., dostupno na: <https://www.rijeka.hr/wp-content/uploads/2016/10/Strategija-razvoja-2014-2020.pdf> (20. 3. 2019.)

Ostali izvori:

1. Barišić, I., **Planiranje infrastrukture u cestovnom prometu**, veleučilišni udžbenik, Veleučilište u Rijeci, Rijeka, 2014.
2. Barišić, I., **Sustav sigurnosti cestovnog prometa**, bilješke sa predavanja – radni materijali, Veleučilište u Rijeci, Rijeka, 2018.
3. Barišić, I., et al, **Regulativa za kružna raskrižja u Republici Hrvatskoj**, 2014.
4. **DODATAK A – Provjera opravdanosti primjene prometnog rješenja s kružnim raskrižjem**, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 2014.
5. **DODATAK D – Provjera proвозnosti mjerodavnog vozila kroz kružno raskrižje**, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 2014.
6. **DODATAK F – Prometna signalizacija na kružnim raskrižjima – primjeri i specifikacija**, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 2014.
7. Hrvatske ceste – Tehnička ispostava Pula
8. Hrvatske ceste – Tehnička ispostava Rijeka
9. Postaja prometne policije, Odjel za sigurnost cestovnog prometa, MUP PU Primorsko-goranska – Statistički podaci o prometnim nesrećama (prikupljeno: Ožujak 2019.)
10. Rencon d.o.o. Osijek - Road Engineering and Consulting, Upravni odjel za graditeljstvo, energetska učinkovitost i zaštitu okoliša Grada Osijeka
11. Upravni odjel za graditeljstvo, energetska učinkovitost i zaštitu okoliša Grada Osijeka

Korišteni programski alati:

1. Autodesk **Auto CAD** 2016 – STUDENT VERSION
2. Autodesk **Vehicle Tracking** 2016 – STUDENT VERSION
3. **PTV Vissim** (64 bit) 11.00-07 – STUDENT VERSION
4. Microsoft **Word**, Microsoft **Excel**

POPIS SLIKA

	Popis slika	
Red. broj.	Naslov slike	Stranica
1.	Columbus Circle New York – nekad i danas	4
2.	Gyratory sustav na raskrižju „Grands Boulevards“ u Parizu	5
3.	Place Charles de Gaulle u Parizu	5
4.	Osnovni elementi urbanog i izvan-urbanog kružnog raskrižja	7
5.	Dvotračno kružno raskrižje – bazni koncept	11
6.	Urbano dvotračno kružno raskrižje u gradu Rijeci (Škurinje)	11
7.	Izvan-urbano dvotračno kružno raskrižje u gradu Rijeci (Rujevica)	12
8.	Usporedba broja konfliktnih točaka jednotračnog i dvotračnog kružnog raskrižja	13
9.	Uobičajeno nepravilno ponašanje na dvotračnom kružnom raskrižju – primjer 1	14
10.	Uobičajeno nepravilno ponašanje na dvotračnom kružnom raskrižju – primjer 2	15
11.	Konfliktne točke u dvotračnom kružnom raskrižju: a) pravilno ponašanje; b) pogrešno ponašanje	16
12.	Konflikti kod dvotračnog kružnog raskrižja zbog neadekvatnog ponašanja vozača	17
13.	Prometne nesreće u kružnom raskrižju	18
14.	Primjer pravilnog ulaska, kretanja i izlaska vozila na raskrižju s kružnim tokom prometa	19
15.	Osnovni koncept turbo kružnog raskrižja i os zrcalne simetrije	21
16.	Usporedba konfliktnih točaka dvotračnog kružnog raskrižja i turbo kružnog raskrižja	22
17.	Oznake glavnih elemenata turbo kružnog raskrižja izvan naselja i u naselju	24
18.	Dr. Bertus Fortuijn – idejni kreator turbo kružnog raskrižja	25
19.	Lokacije turbo kružnih raskrižja u svijetu	27

20.	Lokacije turbo kružnih raskrižja u Europi	28
21.	Lokacije turbo kružnih raskrižja u Nizozemskoj	28
22.	Karakteristične značajke standardnog turbo kružnog raskrižja	29
23.	Načini ulaska u turbo kružno raskrižje	30
24.	Fizička odvojenost kružnog prometnog traka na turbo kružnom raskrižju	31
25.	Projektno-tehnički uvjeti turbo kružnog raskrižja	32
26.	Varijante turbo kružnih raskrižja s četiri kraka	33
27.	Varijante turbo kružnih raskrižja s tri kraka	33
28.	Prometna signalizacija turbo kružnog raskrižja	37
29.	Obavezna vertikalna prometna signalizacija turbo kružnih raskrižja u Nizozemskoj	37
30.	Postavljanje vertikalnih prometnih znakova na prilazu turbo kružnom raskrižju u Nizozemskoj	38
31.	Horizontalna prometna signalizacija; postojeća i prijedlog nove (primijenjena u Europskoj uniji)	39
32.	Položaj izgrađenih turbo kružnih raskrižja u Hrvatskoj	40
33.	Turbo kružno raskrižje Višnjevaca – lokacija i pogled iz zraka	41
34.	Turbo kružno raskrižje Višnjevaca – grafički prikaz	42
35.	Turbo kružna raskrižja u Gradu Osijeku	42
36.	Turbo kružna raskrižja u Gradu Osijeku – grafički prikaz	43
37.	Lokacija turbo kružnog raskrižja u Slavonskom Brodu	44
38.	Turbo kružno raskrižje u Slavonskom Brodu – grafički prikaz	45
39.	Turbo kružno raskrižje Slavonski Brod	45
40.	Turbo kružno raskrižje Šmrika - lokacija i postojeće stanje	46
41.	Grafički prikaz turbo kružnog raskrižja Šmrika	47
42.	Turbo kružna raskrižja u gradu Puli – lokacija i pogled iz zraka	47
43.	Turbo kružna raskrižja u gradu Puli – grafički prikaz	48
44.	Postupak primjene Smjernica	51
45.	Položaj Grada Rijeke	53
46.	Kategorizacija cesta – grafički prikaz	55

47.	Makrolokacija kružnog raskrižja Rujevica	56
48.	Mikrolokacija kružnog raskrižja Rujevica	56
49.	Dionica Kružno raskrižje Rujevica – Viškovo – Marčelji	57
50.	Orto foto postojeće stanja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica	58
51.	Ulica Antuna Kosića Rika – dimenzije privoza	59
52.	Privoz 1 – Ulica Antuna Kosića Rika	60
53.	Privoz 2 – Interspar	60
54.	Smjer iz Interspara – dimenzije privoza	61
55.	Privoz 3 – Viškovo	62
56.	Smjera iz Viškova – dimenzije privoza	62
57.	Privoz 4 – Obilaznica	63
58.	Smjera sa Obilaznice – dimenzije privoza	64
59.	Pozicije i obuhvat snimanja prometa	65
60.	Kretanje prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu	72
61.	Kretanje prometnih tokova u popodnevnom vršnom satu	72
62.	Vrste konfliktnih točaka	73
63.	Konfliktne točke na dvotračnom kružnom raskrižju Rujevica	74
64.	Prometna nesreća na kružnom raskrižju Rujevica sa smrtnim posljedicama	75
65.	Višestruki sudar na kružnom raskrižju Rujevica	76
66.	Sudar na kružnom raskrižju Rujevica zbog nepropisnog prestrojavanja	77
67.	Glavni projektni elementi turbo kružnog raskrižja – elementi za veliko turbo kružno raskrižje	79
68.	Uklapanje turbo kružnog raskrižja na dvotračnom kružnom raskrižju Rujevica	80
69.	Prilagođene dimenzije velikog turbo kružnog raskrižja	81
70.	Elementi i dimenzije turbo kružnog raskrižja Rujevica	83
71.	Polumjeri ulaznih i izlaznih krivina turbo kružnog raskrižja Rujevica	84
72.	Detalji „Turbo bloka“	85
73.	Položaj translacijskih točaka	86
74.	Privoz 1 (Ulica Antuna Kosića Rika) crno kotirano – postojeće stanje,	87

	žuto kotirano – novo stanje	
75.	Privoz 3 (Viškovo) crno kotirano – postojeće stanje, žuto kotirano – novo stanje	88
76.	Privoz 4 (Obilaznica) crno kotirano – postojeće stanje, žuto kotirano – novo stanje	88
77.	Dimenzije prijelaza za pješake po privozima	89
78.	Dijelovi središnjeg otoka turbo kružnog raskrižja	90
79.	Različiti načini izvedbe delineatora – presjeci	91
80.	Usporedba elementa „špice“ između Nizozemske i Hrvatske	92
81.	Element „špica“ na turbo kružnom raskrižju Rujevica	92
82.	Preoblikovanje prometnog znaka D05	93
83.	Prilagođene strelice za turbo kružno raskrižje	94
84.	Nova strelica oznake H22c	94
85.	Detalji mjerodavnog vozila	95
86.	Provjera trajektorije provoznosti mjerodavnog vozila	96
87.	Uklapanje turbo kružnog raskrižja u postojeću situaciju uz potrebne korekcije	98
88.	Simulacija turbo kružnog raskrižja u PTV Vissim-u	102

POPIS TABLICA

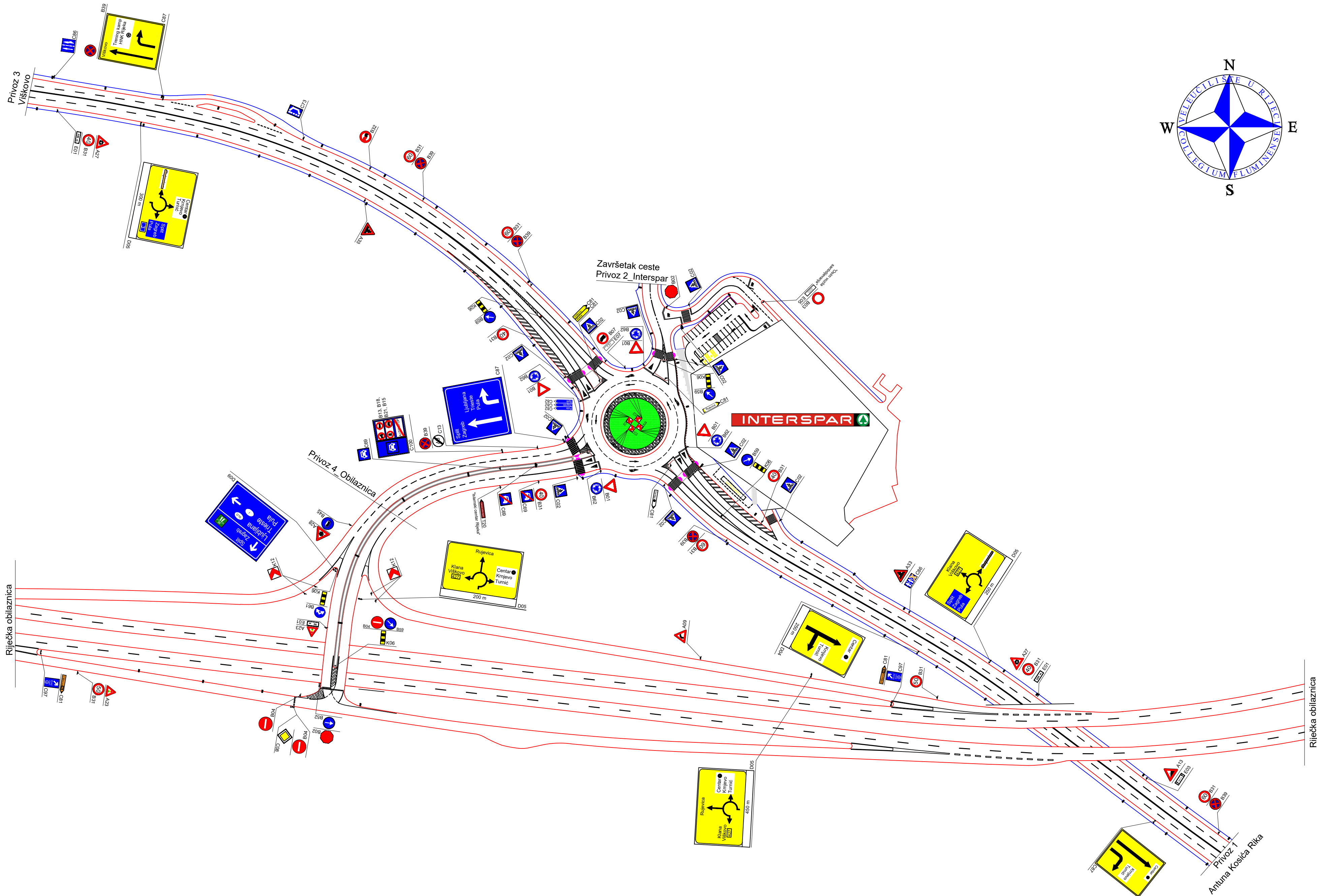
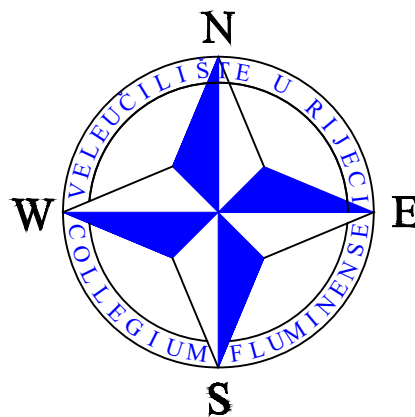
	<i>Popis tablica</i>	
Red. broj.	Naslov tablice	Stranica
1.	Tipovi kružnih raskrižja i vanjski polumjeri	8
2.	Broj turbo kružnih raskrižja prema državama	26
3.	Broj turbo kružnih raskrižja prema vrsti i godini izgrađenosti	27
4.	Turbo kružna raskrižja s četiri kraka uz predviđeni kapacitet	35
5.	Turbo kružna raskrižja s tri kraka uz predviđeni kapacitet	36
6.	Detalji izgradnje turbo kružnog raskrižja Višnjevaca	41
7.	Detalji izvedbe turbo kružnih raskrižja u Gradu Osijeku	43
8.	Detalji izgradnje turbo kružnog raskrižja Slavonski Brod	45
9.	Broj vozila sa privoza 1 (Ulica Antuna Kosića Rika)	66
10.	Broj vozila sa privoza 2 (Interspar)	67
11.	Broj vozila sa privoza 3 (Viškovo)	69
12.	Broj vozila sa privoza 4 (Obilaznica)	70
13.	Preporučene dimenzije turbo kružnog raskrižja u ovisnosti o njegovoj veličini	78-79
14.	Dimenzije turbo kružnog raskrižja Rujevica	82
15.	Dimenzije polumjera tlocrtnih oznaka – crta oznaka na turbo kružnom raskrižju Rujevica	82
16.	Odnos elemenata velikog i prilagođenog turbo kružnog raskrižja Rujevica	100
17.	Rezultati simulacije po smjerovima za dvotračno kružno raskrižje Rujevica	105
18.	Rezultati simulacije po smjerovima za turbo kružno raskrižje Rujevica	107
19.	Usporedba emisije štetnih tvari i potrošnje goriva između dvotračnog i turbo kružnog raskrižja Rujevica	110
20.	Matrica vrednovanja između dvotračnog i turbo kružnog raskrižja	112-113

POPIS GRAFIKONA

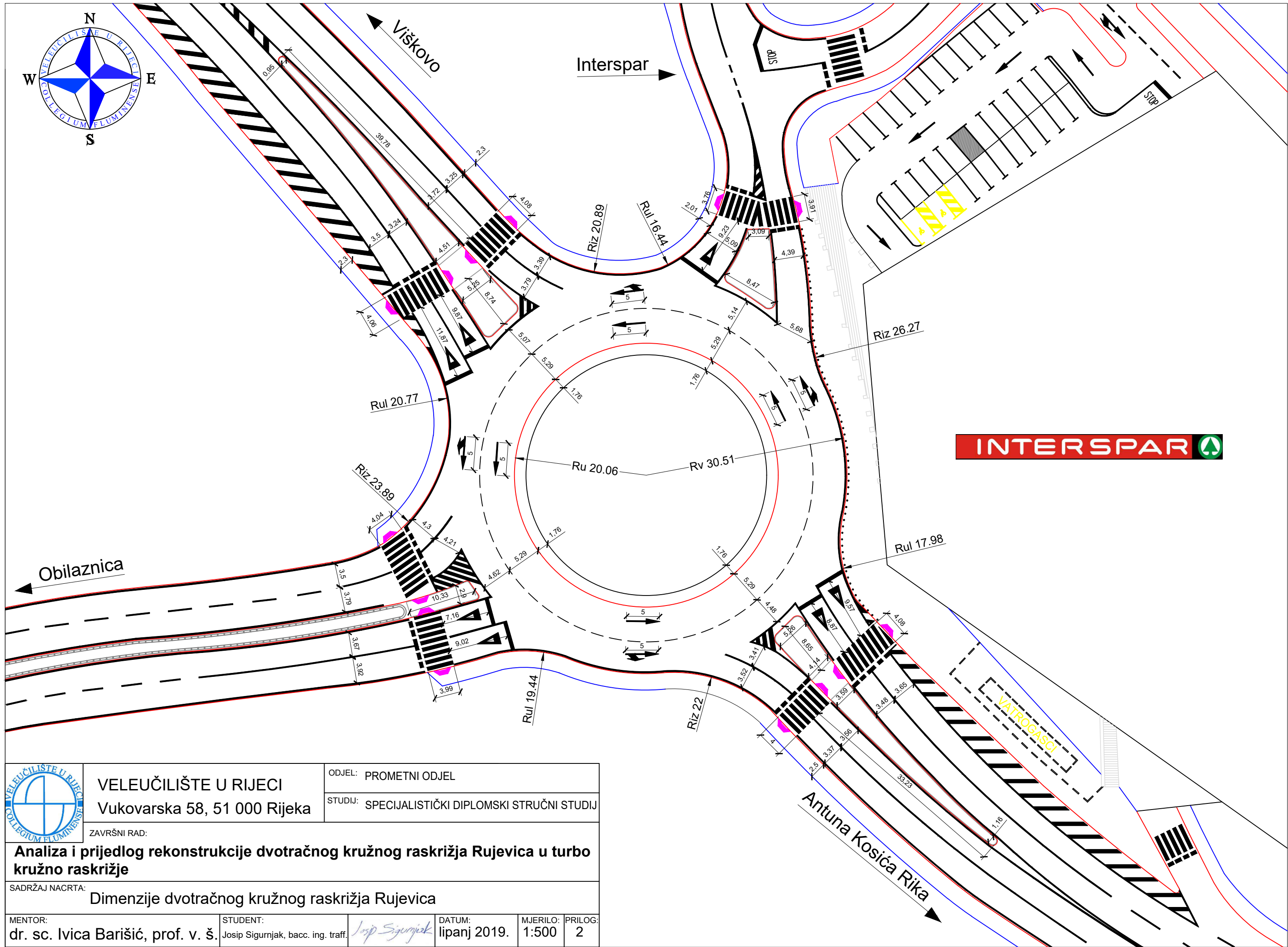
	<i>Popis grafikona</i>	
Red. broj.	Naslov grafikona	Stranica
1.	Prometno opterećenje privoza 1 u JVS (Ulica Antuna Kosića Rika)	66
2.	Prometno opterećenje privoza 1 u PVS (Ulica Antuna Kosića Rika)	67
3.	Prometno opterećenje privoza 2 u JVS (Interspar)	68
4.	Prometno opterećenje privoza 2 u PVS (Interspar)	68
5.	Prometno opterećenje privoza 3 u JVS (Viškovo)	69
6.	Prometno opterećenje privoza 3 u PVS (Viškovo)	70
7.	Prometno opterećenje privoza 4 u JVS (Obilaznica)	71
8.	Prometno opterećenje privoza 4 u PVS (Obilaznica)	71
9.	Udio prometnih nesreća prema vrsti u razdoblju 2017. – 2018. godine	101
10.	Rezultati simulacije dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica	104
11.	Rezultati simulacije turbo kružnog raskrižja Rujevica	106
12.	Usporedba prosječnog kašnjenja na dvotračnom i turbo kružnom raskrižju	108
13.	Usporedba prosječnih i maksimalnih duljina kolone na dvotračnom i turbo kružnom raskrižju	109

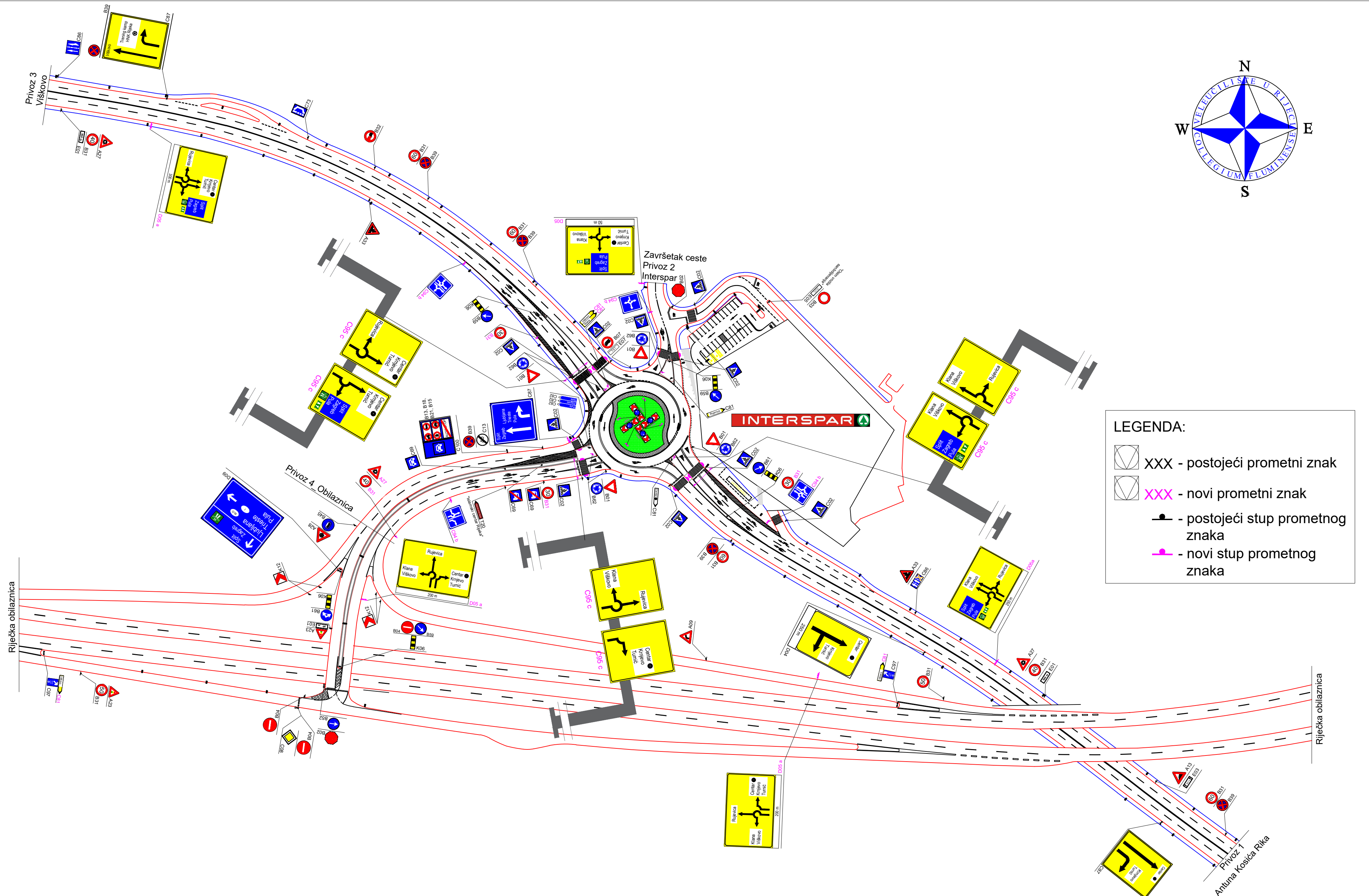
POPIS PRILOGA

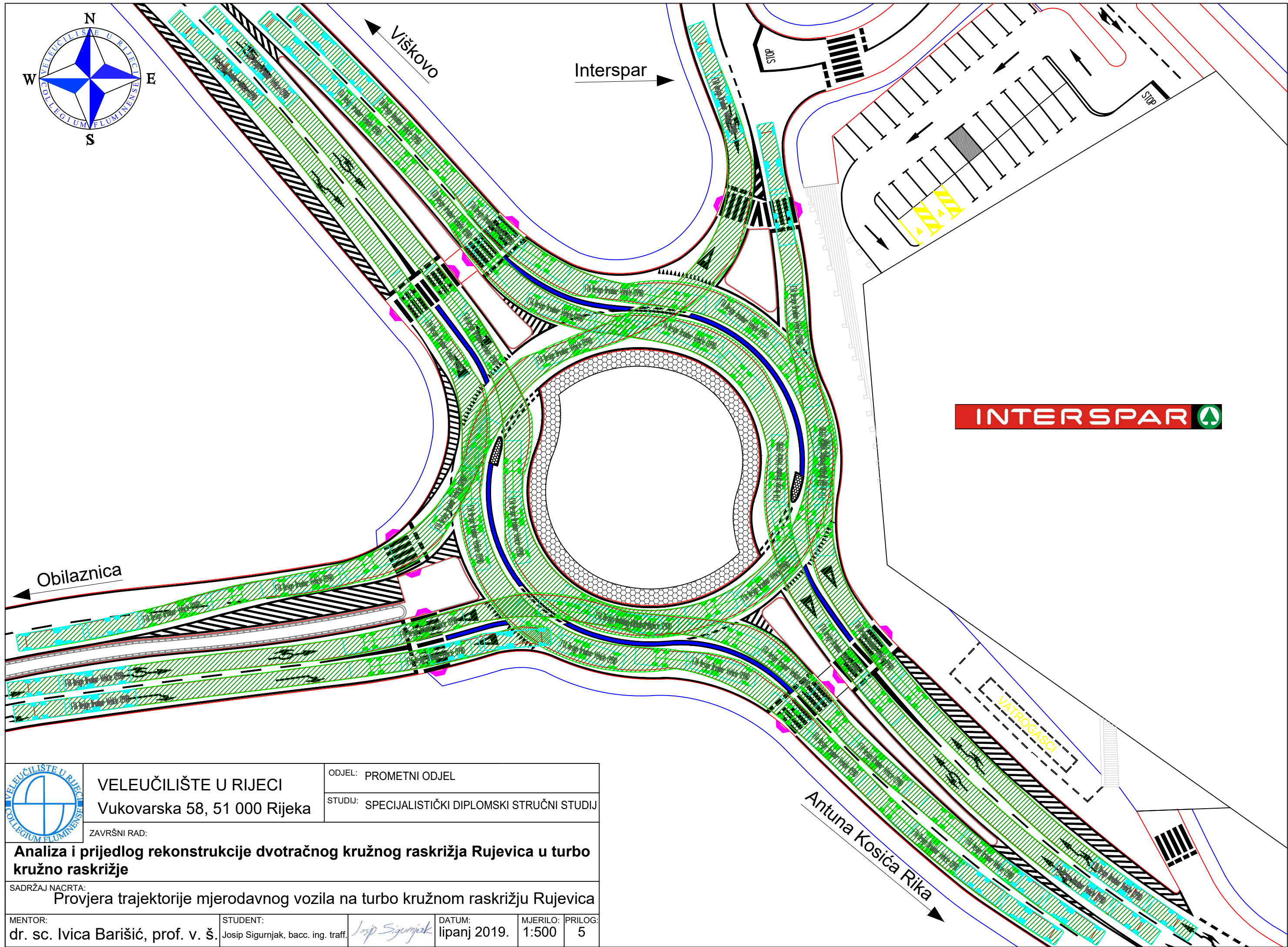
1. Prometna signalizacija i oprema na području kružnog raskrižja Rujevica M1:1500
2. Dimenzije dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica M1:500
3. Dimenzije turbo kružnog raskrižja Rujevica M1:500
4. Prometna signalizacija i oprema turbo kružnog raskrižja Rujevica M1:1500
5. Provjera trajektorije mjerodavnog vozila na turbo kružnom raskrižju Rujevica M1:500
6. Uklapanje turbo kružnog raskrižja u postojeću situaciju M1:500



	VELEUČILIŠTE U RIJECI Vukovarska 58, 51 000 Rijeka		ODJEL: PROMETNI ODJEL	
			STUDIJ: SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ	
ZAVRŠNI RAD:				
Analiza i prijedlog rekonstrukcije dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica u turbo kružno raskrižje				
SADRŽAJ NACRTA:				
Prometna signalizacija i oprema na području kružnog raskrižja Rujevica				
MENTOR: dr. sc. Ivica Barišić, prof. v. š.		STUDENT: Josip Sigurnjak, bacc. ing. traff.		
		DATUM: lipanj 2019.		MJERILO: PRILOG: 1:1500 1







VELEUČILIŠTE U RIJECI
Vukovarska 58, 51 000 Rijeka

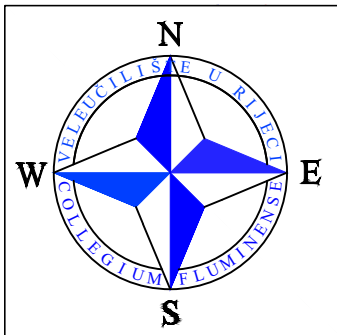
ODJEL: PROMETNI ODJEL
STUDIJ: SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ

ZAVRŠNI RAD:

Analiza i prijedlog rekonstrukcije dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica u turbo kružno raskrižje

SADRŽAJ NACRTA:
Provjera trajektorije mjerodavnog vozila na turbo kružnom raskrižju Rujevica

MENTOR: dr. sc. Ivica Barišić, prof. v. š.	STUDENT: Josip Sigurnjak, bacc. ing. traff.	DATUM: lipanj 2019.	MJERILO: 1:500	PRILOG: 5
---	--	------------------------	-------------------	--------------



- KOLNIK
- NOGOSTUP I RAZDJELNI OTOCI
- ZELENA POVRŠINA
- UVJETNO PROVOZNI DIO SREDIŠNJEG OTOKA
- DELINEATOR
- HORIZONTALNA SIGNALIZACIJA
- UKOŠENI RUBNJAK S TAKTILNOM POVRŠINOM ČEPASTE STRUKTURE

INTERSPAR



VELEUČILIŠTE U RIJECI
Vukovarska 58, 51 000 Rijeka

ODJEL: PROMETNI ODJEL
STUDIJ: SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ

ZAVRŠNI RAD:

Analiza i prijedlog rekonstrukcije dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica u turbo kružno raskrižje

SADRŽAJ NACRTA: Uklapanje turbo kružnog raskrižja u postojeću situaciju

MENTOR:	STUDENT:	DATUM:	MJERILO:	PRILOG:
dr. sc. Ivica Barišić, prof. v. š.	Josip Sigurnjak, bacc. ing. traff.	lipanj 2019.	1:500	6