Analiza s prijedlogom poboljšanja projektnih elemenata raskrižja na dionici državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega

Habuzin, Igor

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:045130

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Igor Habuzin

ANALIZA S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA PROJEKTNIH ELEMENATA RASKRIŽJA NA DIONICI DRŽAVNE CESTE D24 OD SLANJA DO LUDBREGA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA PROJEKTNIH ELEMENATA RASKRIŽJA NA DIONICI DRŽAVNE CESTE D24 OD SLANJA DO LUDBREGA

ANALYSIS WITH IMPROVEMENT PROPOSALS OF INTERSECTION DESIGN ELEMENTS ON SECTION OF STATE ROAD D24 FROM SLANJE TO LUDBREG

Mentor: dr. sc. Luka Novačko

Student: Igor Habuzin, 0135222498

Zagreb, rujan 2016.

ANALIZA S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA PROJEKTNIH ELEMENATA RASKRIŽJA NA DIONICI DRŽAVNE CESTE D24 OD SLANJA DO LUDBREGA

SAŽETAK

Raskrižja su mjesta u cestovnoj mreži gdje dolazi do spajanja, razdvajanja i preplitanja prometnih tokova te samim time najviše utječu na odvijanje prometnog procesa. U ovom diplomskom radu analizirana su četiri raskrižja na dionici državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega, s posebnim osvrtom na raskrižje Ulice Braće Radić i Vinogradske ulice. Izvršena je analiza postojećeg stanja u svrhu uvida u projektno-sigurnosne elemente raskrižja. Uz analizu provelo se brojanje i analiza strukture prometnog toka, te je za svako raskrižje predloženo poboljšanje projektnih elemenata na dionici ceste u programskom alatu „AutoCad“. Napravljena je i simulacija postojećeg stanja i dvaju prijedloga poboljšanja za spomenuto raskrižje koje je proglašeno opasnim mjestom tj. „crnom točkom“. Simulacija je izvršena u programskim alatima PTV Vissim i Sidra Intersection te su evaluacijom dobiveni rezultati za poboljšanje projektno-sigurnosnih elemenata raskrižja.

KLJUČNE RIJEČI: projektno-sigurnosni elementi raskrižja, analiza postojećeg stanja, državna cesta D24 od Slanja do Ludbrega, simulacija.

SUMMARY

Intersections are places in road network where it comes to connecting, separating and interweaving of traffic flows which makes them have the greatest impact on the traffic system. This thesis analyzes four intersections on a D24 state road section from Slanje to Ludbreg, with emphasis on Braće Radić Street and Vinogradska Street intersection. The analysis of current situation was made in order to inspect project and safety elements of intersection. In addition to analysis, counting and analysis of traffic flow structure was conducted, and improvement of project elements on road section was proposed for every intersection in programming tool „AutoCad“. Simulation of current situation and simulation of two propositions for improving the mentioned intersection, which was declared as dangerous spot i.e. „black spot“, were conducted. Simulations were performed in software tools PTV Vissim and Sidra Intersection and results for improvement of project and safety elements of intersections were obtained by evaluation.

KEYWORDS: Project and safety elements of intersections, Analysis of current situation, State Road from Slanje to Ludbreg, Simulation

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PREGLED ZAKONSKE REGULATIVE IZ PODRUČJA PROJEKTIRANJA RASKRIŽJA U REPUBLICI HRVATSKOJ 2
2.1. Zakon o cestama 2
2.2. Zakon o sigurnosti prometa na cestama 3
2.3. Pravila projektiranja raskrižja iz stručne literature 4
2.3.1. Opći zahtjevi za raskrižje 5
2.3.2. Prometne radnje i konflikti 6
2.3.3. Podjela raskrižja 8
2.3.3.1. Raskrižja u razini 8
2.3.3.2. Raskrižja s kružnim tokom prometa 12
2.3.3.3. Raskrižja izvan razine 19
3. ANALIZA POSTOJEĆEG PROMETNO – SIGURNOSNOG STANJA RASKRIŽJA PROMATRANE DIONICE CESTE 20
3.1. Analiza prometno-tehničkih elemenata raskrižja i dionice državne ceste 24 od Slanja do Ludbrega 21
3.1.1. Analiza prometno – tehničkih elemenata na „Raskrižju 1“ 24
3.1.2. Analiza prometno – tehničkih elemenata na „Raskrižju 2“ 25
3.1.3. Analiza prometno – tehničkih elemenata na „Raskrižju 3“ 26
3.1.4. Analiza prometno – tehničkih elemenaza na „Raskrižju 4“ 27
3.2. Analiza sigurnosnih elemenata raskrižja na dionici državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega 28
4. ANALIZA PODATAKA O BROJANJU PROMETA NA RASKRIŽJIMA PROMATRANE DIONICE CESTE 32
4.1. Analiza podataka brojanja prometa na „Lokaciji 1“ 34
4.2. Analiza podataka brojanja prometa na „Lokaciji 2“ 35

4.3. Analiza podataka brojanja prometa na „Lokaciji 3“ 39

4.4. Analiza podataka brojanja prometa na „Lokaciji 4“ 41

5. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA PROJEKTNIH ELEMENATA RASKRIŽJA NA DIONICI CESTE 43

5.1. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na „Raskrižju 1“ 43

5.2. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na „Raskrižju 2“ 44

5.2.1. Prijedlog izgradnje raskrižja s kružnim tokom prometa 44

5.2.2. Prijedlog rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja 46

5.3. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na „Raskrižju 3“ 48

5.4. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na „Raskrižju 4“ 49

5.5. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata dionice ceste D24 od Slanja do Ludbrega 50

6. SIMULACIJA I EVALUACIJA VARIJANTNIH PRIJEDLOGA POBOLJŠANJA POSTOJEĆEG STANJA 52

6.1. Simulacija i evaluacija postojećeg stanja „Raskrižja 2“ na dionici državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega 53

6.2. Simulacija i evaluacija prijedloga rekonstrukcija postojećeg četverokrakog raskrižja 56

6.3. Simulacija i evaluacija raskrižja s kružnim tokom prometa 59

7. ZAKLJUČAK 62

Literatura 64

Popis slika 65

Popis tablica 68

Popis grafikona 69

Popis priloga 70

1. UVOD

Državne ceste čine osnovicu u povezivanju državnog teritorija, s pretežitim prijevozima na veće udaljenosti. Zbog takve svoje funkcije trebaju obilaziti naselja do 20 000 stanovnika, prolaziti kroz regionalna ili veća središta s preko 50 000 stanovnika, nadalje 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.

Svrha i cilj ovog istraživanja je ukazati na postojeće prometne probleme na dionici državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega. Cilj diplomskog rada je u skladu s analizom postojećeg stanja kreirati prijedlog novog prometnog rješenja kako bi se povećala sigurnost odvijanja prometnih tokova kao i razina usluge.

Analizom postojećeg stanja prometnih tokova i raskrižja na dionici državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega utvrđeno je narušavanje sigurnosti odvijanja prometnih tokova, a samim time i ugrožavanje svih sudionika u prometu. Problem se javlja u velikom broju prometnih nesreća na samoj dionici ceste, te posebice na raskrižju Ulica braće Radić i Vinogradske ulice. Predmetno raskrižje je križanje državne i lokalne ceste te su se u ovoj godini dogodile već dvije prometne nesreće sa smrtno stradalim osobama što je i glavni razlog za analizu i rješavanje navedenog problema koji uvelike utječe na sigurnost svih sudionika u prometu.

Pravilnim vođenjem prometnih tokova u raskrižju može se povećati propusna moć i sigurnost odvijanja prometa u raskrižju, a optimizacijom prometnih tokova smanjila bi se buka i emisije štetnih plinova. Osim analize postojećeg stanja i vođenja prometnih tokova na raskrižjima dionice državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega provest će se brojanje i analiza strukture prometnog toka. Nakon analize i brojanja prometa predložit će se varijantna rješenja za rješavanje problema te će se ta rješenja simulirati u programskim alatima PTV Vissim i Sidra Intersection. Na kraja rada evaluirat će se predložena varijantna rješenja i donijeti optimalno rješenja za odvijanja sigurnijeg i učinkovitijeg prometa.

2. PREGLED ZAKONSKE REGULATIVE IZ PODRUČJA PROJEKTIRANJA RASKRIŽJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Projektiranje raskrižja i cesta predstavlja složen posao, te prije i tijekom projektiranja odgovorna osoba za projektiranje mora biti upoznata i postupati u skladu s važećim zakonima, pravilnicima i normama države u kojoj se projekt provodi.

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 oblikovnih modaliteta, a općenito se mogu razvrstati na raskrižja u jednoj ili više razina, raskrižja s kružnim tokom prometa i kombinirana raskrižja.

Prilikom projektiranja raskrižja u našim prilikama predmetna problematika neposredno se oslanja na samo dva bitna akta prometno – tehničke regulative:

1. Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa (NN 110/01)
2. Smjernice za projektiranje raskrižja u naseljima sa stajališta sigurnosti prometa, FPZ i HC/PGZ, Zagreb, 2004 (interno izdanje) [1].

2.1. Zakon o cestama

Javne ceste su ceste razvrstane kao javne ceste sukladno ovom Zakonu, koje svatko može slobodno koristiti na način i pod uvjetima određenim ovim Zakonom i drugim propisima. Također su javno dobro u općoj uporabi u vlasništvu Republike Hrvatske, te se ne mogu otuđiti od njenog vlasništva, niti se na njima mogu stjecati stvarna prava. Javne ceste razvrstavaju se na temelju mjerila koje donosi Vlada RH uredbom, a Odluku o razvrstavanju javnih cesta donosi ministar pomorstva, prometa i infrastrukture.

Raskrižje je prometna površina na kojoj se u istoj razini ili u različitim razinama križaju dvije ili više cesta ili na kojoj se više cesta spaja u širu prometnu površinu. Za održavanje raskrižja javnih cesta u istoj razini nadležni su :

- – Hrvatske ceste d.o.o. za raskrižje državne i županijske, odnosno za raskrižje državne i lokalne ceste,
- – županijska uprava za ceste koja upravlja županijskom cestom za raskrižje županijske i lokalne ceste.

Održavanje raskrižja javne ceste i nerazvrstane ceste u istoj razini nadležna je pravna osoba koja upravlja javnom cestom, zatim je obvezna održavati prometnu površinu raskrižja sa svim dijelovima javne ceste, unutar linija koje povezuju krajnje točke slobodnog profila javne ceste u zoni raskrižja. Nadalje odgovorne osobe imaju obvezu održavati svjetlosno-signalne uređaje postavljenje u raskrižju u istoj razini. Treba spomenuti da način raspodjele ukupnih troškova svjetlosno-signalnih uređaja uključujući i električnu energiju, između pravnih osoba koje upravljaju pojedinom cestom u raskrižju, propisuje ministar [2].

2.2. Zakon o sigurnosti prometa na cestama

Ovim se Zakonom utvrđuju temeljna načela međusobnih odnosa, ponašanje sudionika i drugih subjekata u prometu na cesti. Ceste, kao osnova na kojoj se odvija promet, moraju se projektirati, izgrađivati, opremati, održavati i štititi tako da odgovaraju svojoj namjeni i zahtjevima sigurnosti prometa u skladu s odredbama posebnog zakona i propisima donesenim na temelju toga zakona. Pravna ili fizička osoba obrtnik nadležna za održavanje ceste dužna je voditi brigu i poduzimati primjerene mjere glede omogućavanja odvijanja sigurnog i nesmetanog prometa.

Ceste se moraju obilježavati propisanim prometnim znakovima kojima se sudionici u prometu upozoravaju na opasnost koja im prijeti na određenoj cesti ili dijelu te ceste, stavljaju do znanja ograničenja, zabrane i obveze kojih se sudionici u prometu moraju držati i daju potrebne obavijesti za siguran i nesmetan tok prometa.

Vozač koji se približava raskrižju mora voziti s povećanim oprezom koji odgovara prometnim uvjetima na raskrižju. Vozač je dužan na dovoljnoj udaljenosti pred raskrižjem vozilom zauzeti položaj na onoj prometnoj traci kojom mora proći kroz raskrižje. Vozač ne smije vozilom ući u raskrižje ako je gustoća prometa takva da se očito mora zaustaviti u

raskrižju ili na obilježenom pješačkom prijelazu i na taj način ometati ili onemogućiti promet vozila koja dolaze s bočnih kolnika ili promet pješaka [3].

2.3. Pravila projektiranja raskrižja iz stručne literature

Radi lakšeg razumijevanja i poznavanja literature i smjernica za projektiranje ceste i raskrižja, potrebno je poznavati stručne pojmove, od kojih su neki navedeni i definirani u nastavku ovog poglavlja u Tablici 1.

Tablica 1. Prikaz stručnih termina

Naziv stručnog termina	Definicija stručnog termina
Raskrižje (u razini)	je prometna površina na kojoj se križaju ili spajaju dvije ili više cesta (u istoj razini).
Privoz (krak)	raskrižja je dio ceste od zaustavne crte (ili zamišljene crte ruba poprečne ceste) pa do mjesta suženja na normlani poprečni presjek ceste.
Glavni pravac (GP)	je pravac s cestom dominantnog prometa (ili oblikovnih elemenata).
Sporedni pravac (SP)	je pravac koji je podređen glavnom pravcu.
Pješačka staza (nogostup)	je posebno uređena površina za kretanje pješaka koja nije u razini s kolnikom ili je odvojena na drugi način.
Razdjelnik	je uzdignuti dio duž ceste, koji razdvaja prometne tokove i trakove sličnih ili različitih namjena.
Razdjelni otok	je razdjelnik oblika kaplje ili trokuta, a služi za razdjeljivanje i kanaliziranje prometnih tokova.
Pješački otok	je uzdignuta, upuštena ili na drugi način obilježena površina na kolniku, predviđena za privremeno zadržavanje pješaka koji prelaze preko kolnika ili ulaze iz vozila javnog prometa.
Polje za usmjeravanje prometa	je površina na kolniku koja razdvaja prometne trakove s istim ili različitim smjerovima vožnje.
Preglednost	je normirana dogledna udaljenost od oka vozača do ključnih dijelova raskrižja.
Signalni plan	je pregled trajanja svih svjetlosnih signalnih pojmova (zeleno, žuto, crveno, crveno - žuto, treptanje žutog i treptanje zelenog svjetla).
Ciklus	je trajanje isteka svih signalnih pojmova signalnog plana.
Faza	je dio ciklusa u kojem je nekim prometnih tokovima dopušteno kretanje.
Zaštitno vrijeme	je vrijeme između kraja i početka zelenog svijetla konfliktnih signalnih grupa

Izvor: izradio autor prema [1]

2.3.1. Opći zahtjevi za raskrižje

Pri izboru mjesta i načina rješavanja raskrižja neophodno je svaki slučaj podrobno proučiti, jer je loše koncipirano i oblikovano raskrižje opasnost za sigurnost prometa. Visoki zahtjevi u pogledu projektiranja i uporabe raskrižja trebaju se provjeriti pomoću osnovnih, odnosno svrsishodnih mjerila. Ističu se najbitniji:

1. **Sigurnost prometa**

Osmišljena i dobro koncipirana raskrižja udovoljit će uvjetima sigurne vožnje ako u cijelosti ili pretežito udovoljavaju bitnim zahtjevima:

- pravovremena prepoznatljivost
- kvaliteta odvijanja prometa
- utjecajnost na okolinu i okoliš
- ekonomičnost rješenja [1].

2. **Kvaliteta odvijanja prometa**

Dostatna kvaliteta odvijanja prometnih tokova treba biti uvijek osigurana, posebno u slučajevima kad su prisutne nemotorizirane vrste prometa. Na raskrižjima s pješačkim i biciklističkim prometom miješaju se nestandardni prometni tokovi, pa je veća opasnost od prometnih konflikata i nesigurniji promet u cjelini [1].

3. **Utjecaj na okolinu i okoliš**

Raskrižja se trebaju tako koncipirati da budu što manje štetna za prostor i okoliš, što se često sukobljava s cijenom izvedbe, odnosno ekonomičnošću rješenja [1].

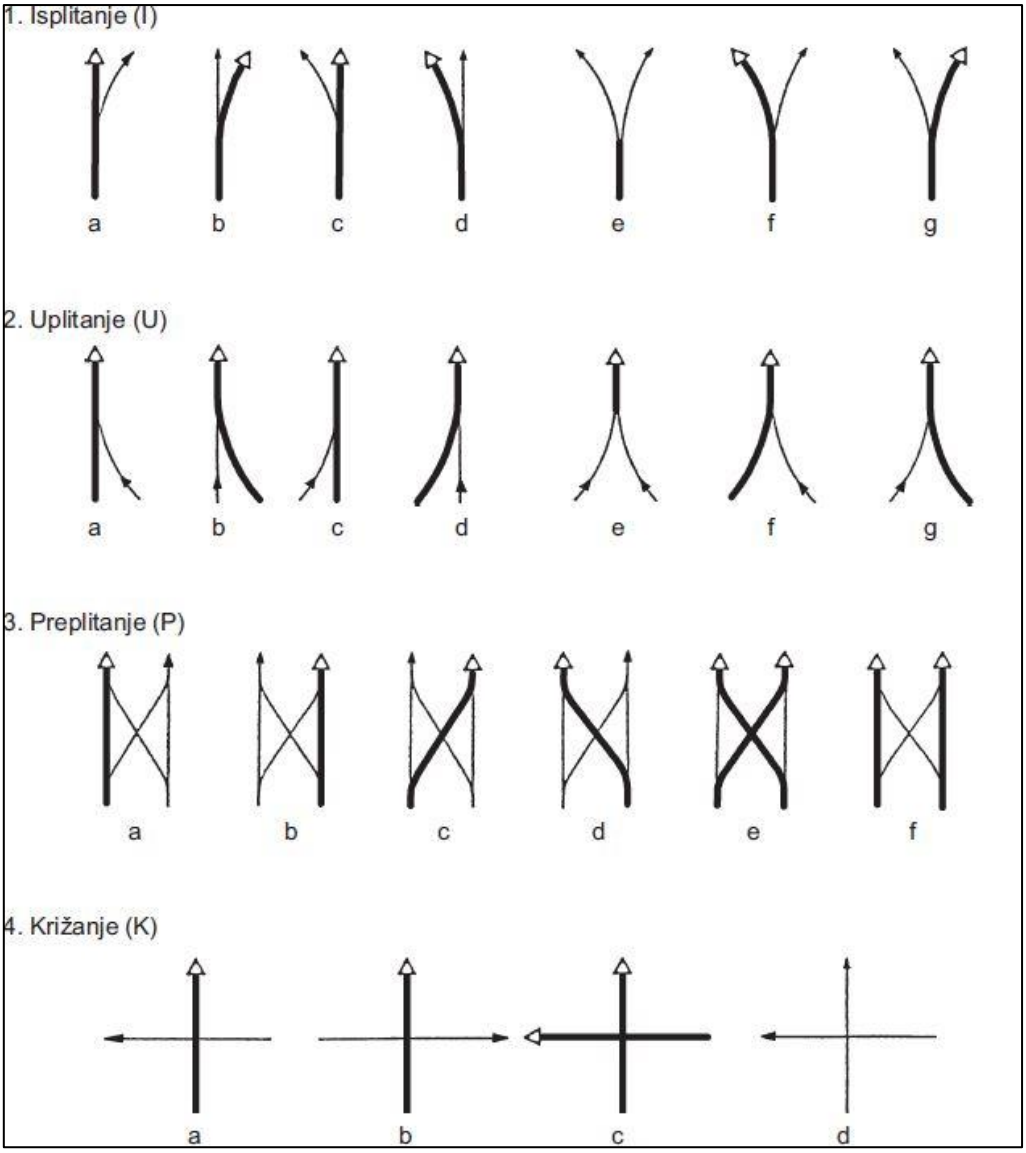
4. Ekonomičnost rješenja

Elementi za postupak vrednovanja su troškovi građenja i održavanja, vremenski i eksploatacijski troškovi, troškovi prometnih nezgoda, itd. Budući da se uvijek treba zahtijevati dostatna sigurnost rješenja, neophodno je odrediti odnos troškova i prometno - sigurnosne komponente. Potrebno je također odrediti koja cijena je primjerena i dostatna za određenu kvalitetu prometnog toka (za sve sudionike u prometu i za okoliš). Troškovno usmjerene strategije mogu biti vrlo indikativne i često odlučne u izboru projektnog rješenja raskrižja [1].

2.3.2. Prometne radnje i konflikti

Zbog promjene smjera, ali i brzine jednog ili više vozila nastaju osnovne prometne radnje (koje uzrokuju konfliktne situacije različitih stupnjeva). U području raskrižja izvode se sljedeće radnje :

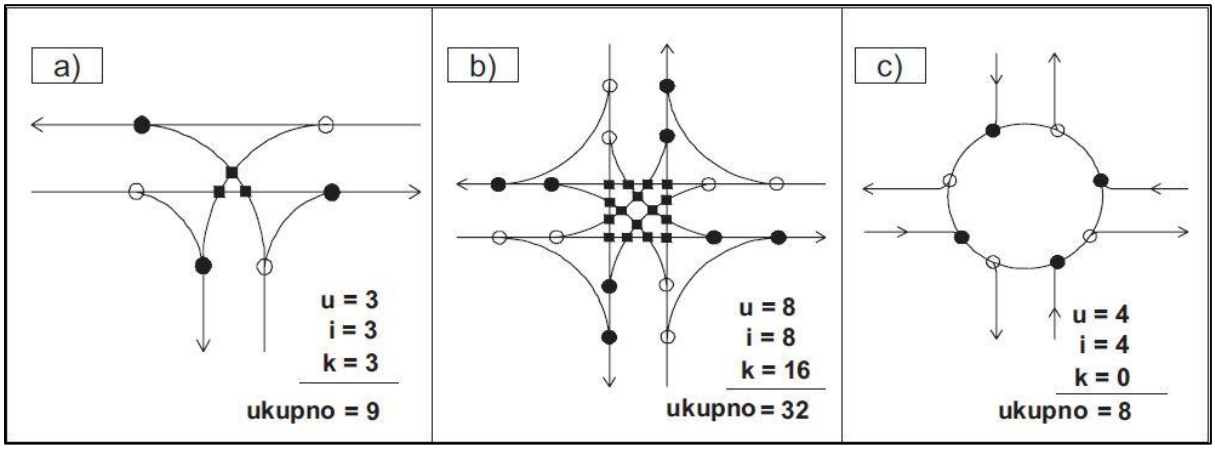
- isplitanje - dijeljenje prometnih tokova,
- uplitanje - sjedinjavanje prometnih tokova,
- preplitanje - međusobna izmjena prometnih trakova ili tokova,
- križanje - međusobno križanje/presijecanje prometnih tokova [1].



Slika 1. Prometne radnje u području raskrižja [1]

Konfliktna situacija se može definirati kao zbroj svih konfliktnih točaka koje su uzrokovane prometnim radnjama isplitanja, uplitanja, preplitanja i križanja prometnih tokova na površini raskrižja (uvjetno se konfliktna točka ovdje izjednačava s četiri vrste prometnih radnji). Broj konfliktnih točaka ovisi samo o vrsti/tipu i obliku raskrižja, a stvaran broj konflikata u znatnoj mjeri ovisan je o geometrijskom oblikovanju, o slobodnoj vidljivosti, o prometnom opterećenju i sl. Za napomenuti je da najveći broj konfliktnih točaka sadrže nesemaforizirana raskrižja u razini, a manje ih je (bez križanja) u raskrižjima izvan razine, te u raskrižjima s kružnim tokom i semaforiziranim raskrižjima u razini.

U klasičnom trokrakom raskrižju ima ukupno 9 konfliktnih točaka (po 3 uplitanja, isplitanja, i križanja), u četverokrakom raskrižju postoje 32 konfliktne točke (po 8 uplitanja i isplitanja, te 16 točaka križanja), dok u raskrižju s kružnim tokom prometa ima najmanje konfliktnih točaka između različitih oblika raskrižja u razini (po 4 uplitanja i isplitanja, bez križanja) [1]. Prikaz konfliktnih točaka je na Slici 2.



Slika 2. Prikaz konfliktnih točaka [1]

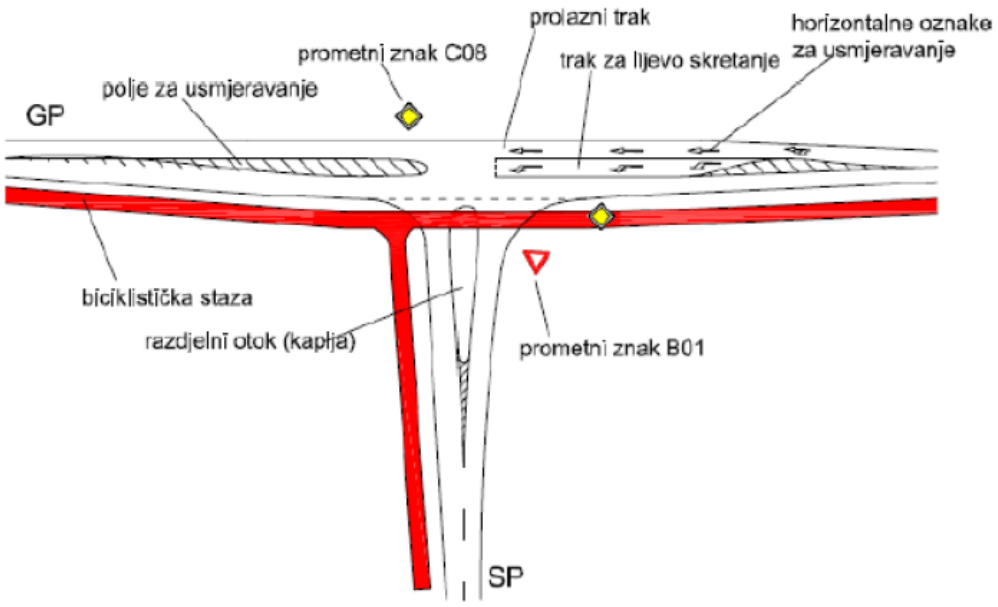
2.3.3. Podjela raskrižja

Raskrižja se mogu razvrstati, tipizirati ili dijeliti prema više osnova ili mjerila. Osnovna podjela raskrižja je na raskrižja u razini, izvan razine i kombinirana i posebna raskrižja. Raskrižja u razini mogu biti trokraka, četverokraka i kružna raskrižja. Raskrižja izvan razine imaju više različitih oblika, kao što su truba, djetelina, kruška, rascjep. Kombinirana i posebna raskrižja su uglavnom različite kombinacije raskrižja u razini i izvan razine, s drugačijim vođenjem prometa ili oblika koji odstupa od tipičnog i standardiziranog, a sve kako bi se zadovoljile različite specifične situacije u praksi.

2.3.3.1. Raskrižja u razini

Raskrižja u razini su najbrojnija u praksi, pri čemu su građevinska rješenja i prometni tokovi riješeni u istoj razini. Raskrižja u razini (RUR) predstavljaju čvorna mjesta u cestovnoj mreži, a oblikovana su i uređena tako da omogućavaju funkcioniranje cestovnog prometa. Ova zadaća se ne može uspješno obaviti bez planski uređene građevinske osnove, čiji je svaki element (kao i rješenje u cjelini) provjeren po mjerilu najveće sigurnosti, optimalne protočnosti

i najmanjih investicijskih ulaganja. Na Slici 3. prikazano je „T“ raskrižje s pripadajućim elementima.



Slika 3. Raskrižje u razini (T priključak) [1]

Pri koncipiranju raskrižja neophodno je utvrditi najbitnija polazišta i parametre. Prije svega to se odnosi na određivanje uloge ili značenja privoznih cesta u mreži te na dopuštenu brzinu u raskrižju, određivanje glavne ceste, na voznodinamičke i geometrijske okvire, propusnu moć, sigurnost prometa i razmak raskrižja. U sklopu određivanja rasporeda i razmaka raskrižja u cestovnoj mreži mora se voditi računa da učestalo čvoriranje smanjuje prometno - sigurnosnu vrijednost, a preveliki razmaci dovode do neravnomjernog i nepotrebnog opterećenja cestovne mreže [1].

Poprečni (q), uzdužni (s) i ukupni nagib (p) te svi detalji prijelomnih ploha u području raskrižja trebaju biti tako oblikovani da se omogući učinkovita i brza odvodnja. Posebno treba obratiti pozornost na slijedeće:

- treba težiti oblikovanju svih površina raskrižja čiji će nagib osigurati kvalitetnu odvodnju ($p \geq 2,0$ %, $q \geq 2,5$ %);
- nagibi glavne ceste (GP) ostaju nepromjenjivi, a nagib sporednih ili spojnih cesta (SP) trebaju se podrediti glavnoj cesti;

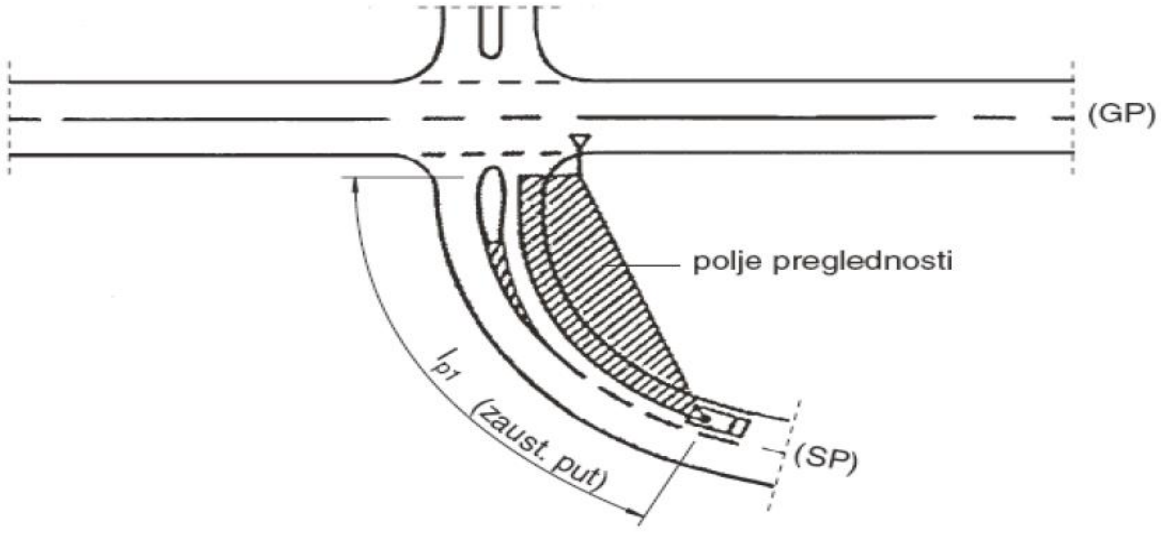
- voda sa spoja cesta ili priključaka ne bi smjela dospijevati na kolnik glavne niti sporedne ceste;
- zahtjevi učinkovite odvodnje mogu biti čak i nadređeni voznodinamičkim zahtjevima (zbog manjih brzina);
- otoci se trebaju tako oblikovati i u principu visinski izdići da ne predstavljaju problem odvodnji.

Pri koncipiranju i projektiranju raskrižja trebaju se ponekad uzeti u obzir prometne površine za javni promet, kao što su trakovi za autobuse te autobusna stajališta. Načelno se stajališta za autobuse trebaju smjestiti iza raskrižja u smjeru vožnje, kako bi putnici prelazili kolnik s potpunom preglednošću ulijevo [1].

Za sigurno odvijanje prometa u raskrižju potrebno je provjeriti različite vidove doglednosti i polja preglednosti. Iz toga slijedi sljedeće:

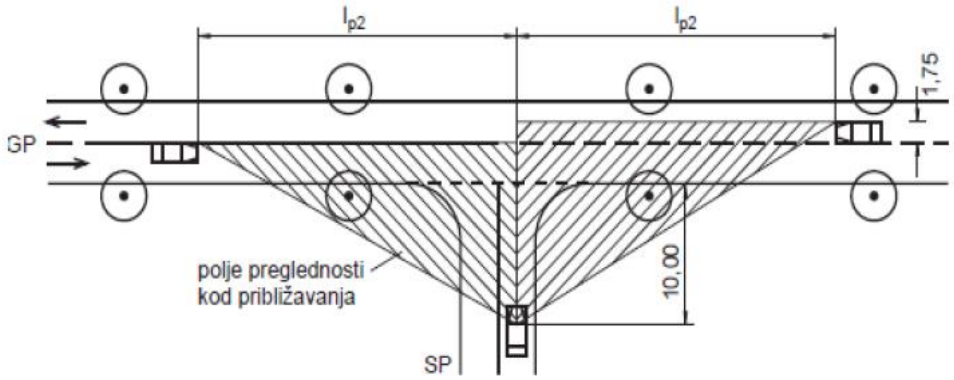
- **zaustavna preglednost** podrazumijeva doglednost koja je potrebna za pravovremeno prepoznavanje raskrižja pred kojim se treba zaustaviti. Potrebne duljine zaustavnog puta ovise o vrsti/kategoriji ceste, odnosno o dopuštenoj brzini prilaženja i uzdužnom nagibu sporedne ceste; [1]

Na Slici 4. prikazano je polje preglednosti, odnosno zaustavna preglednost.



Slika 4. Zaustavna preglednost na sporednom privozu [1]

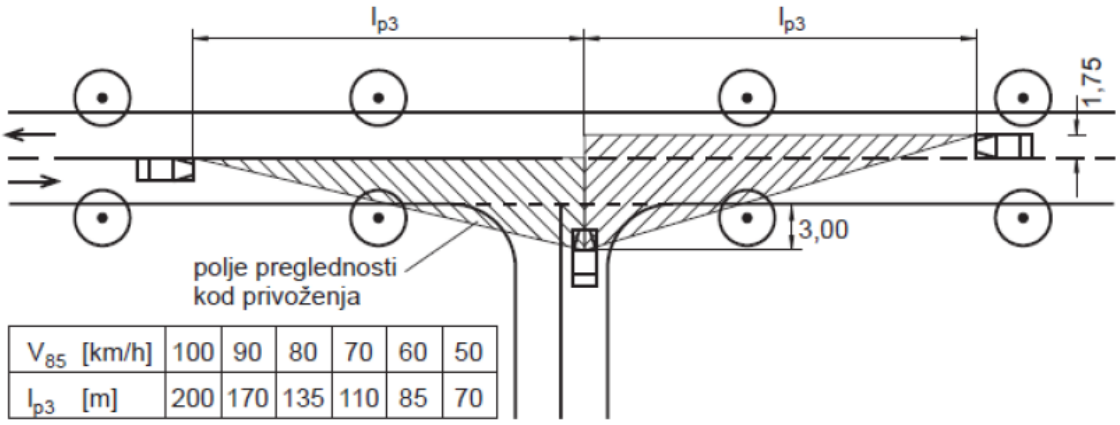
- **preglednost kod približavanja** raskrižju i glavnoj cesti podrazumijeva doglednost koja mora biti osigurana na određenoj udaljenosti od ruba glavne ceste za vozače koji prilaze iz sporedne ceste i to za slučaj kada na glavnu cestu treba ući bez zaustavljanja. U raskrižjima izvan rubnih zona mora biti zadržano vidno polje i doglednost lp2 s udaljenosti 10 m od ruba kolnika glavne ceste; [1]
  Na Slici 5. prikazano je polje preglednosti kod približavanja raskrižju i glavnoj cesti.



Slika 5. Polje preglednosti kod približavanja [1]

- **privozna preglednost** označava doglednost koju mora imati vozač kada čeka na razmaku tri metra od ruba kolnika glavne ceste kako bi, unatoč prednosti i uz očekivano ometanje iz glavne ceste, mogao uvesti svoje vozilo. Navedeni uvjeti bit će omogućen ako su osigurana polja preglednosti, čiji su dosezi vidljivosti lp3 u glavnoj cesti. Za slučaj odmaknute biciklističke staze potrebno je da razmak vozila bude povećan na 4,0-5,0 m; [1]

Slika 6. prikazuje privoznu preglednost, odnosno polje preglednosti kod privoženja, te tablica dosega vidljivosti (lp3) u ovisnosti prema brzini.



V_{85} [km/h]	100	90	80	70	60	50
l_{p3} [m]	200	170	135	110	85	70

Slika 6. Privozna preglednost [1]

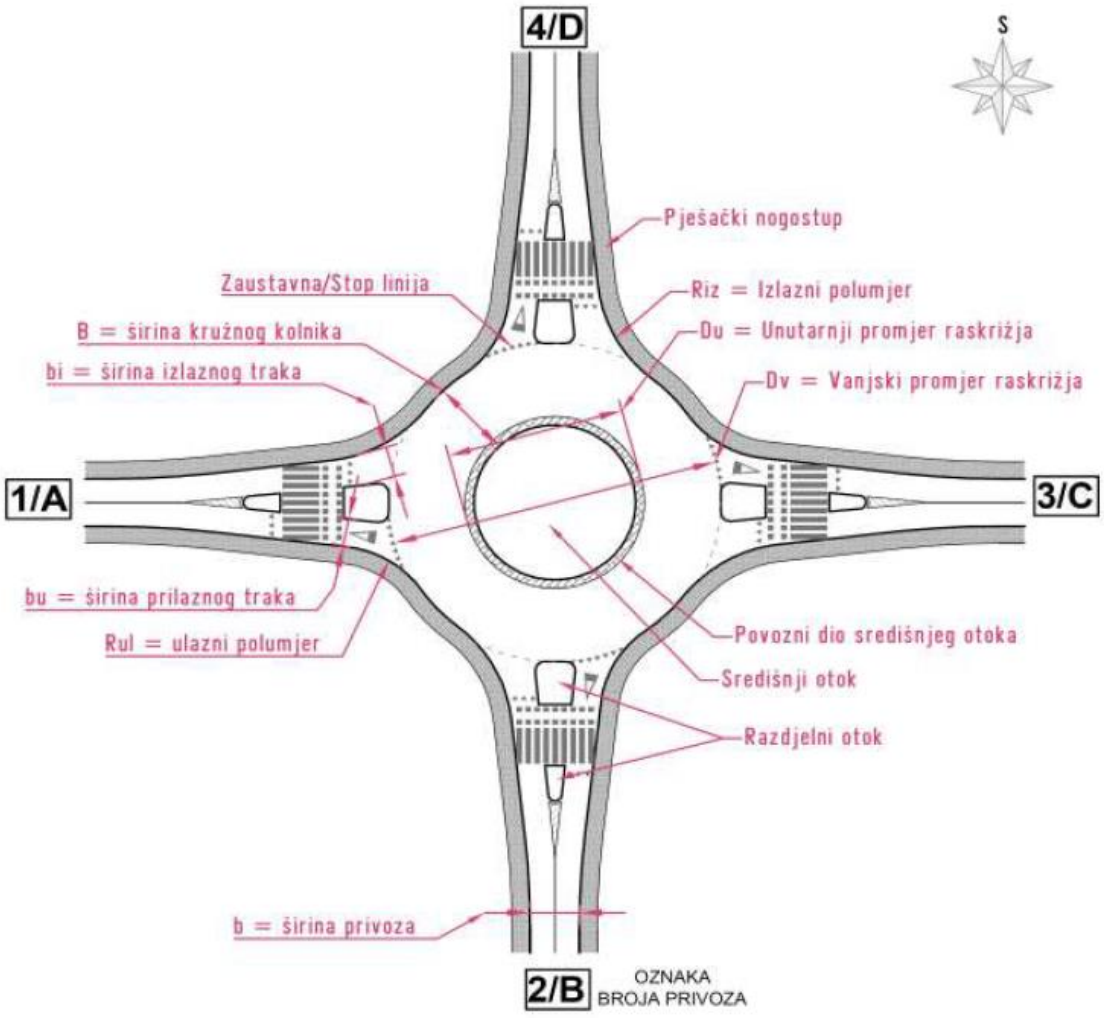
- **preglednost za pješake i bicikliste** neophodno je provjeriti zbog njihovog nepredvidljivog pojavljivanja i zbog ranjivosti u prometu [1].

2.3.3.2. Raskrižja s kružnim tokom prometa

Prema suvremenoj definiciji kružno raskrižje je prometna građevina, gdje je kretanje vozila određeno središnjim kružnim otokom i kružnim kolnikom te privozima s razdjelnim otocima i prometnim znakovima. U odnosu na klasična, ova se raskrižja također mogu definirati kao nesemaforizirana raskrižja u jednoj razini, u kojima se promet u pravilu odvija:

a) na jednotračnom odnosno dvotračnom kružnom kolniku;
b) s jednim do dva prometna traka na privozima postavljenim što okomitije na ulazu u kružno raskrižje;
c) s reguliranom prednošću kružnog prometnog toka u smjeru suprotnom od kazaljke na satu [1].

Na Slici 7. prikazano je raskrižje s kružnim tokom prometa te pripadajućim elementima.



Slika 7. Raskrižje s kružnim tokom prometa [4]

Posebnosti i razlikovnosti ovih raskrižja su sljedeće:

- kružna raskrižja su raskrižja s kombinacijom prekinutog i neprekinutog prometnog toka;
- prvenstvo prolaza imaju vozila u kružnom toku pred vozilima na prilazima/privozima, budući da ovdje ne vrijedi "pravilo desnoga";
- kružna raskrižja na javnim cestama (a naročito u naseljima) omogućuju vožnju smanjenim brzinama i s velikim skretnim kutem prednjih kotača;
- vozilo na ulazu u kružno raskrižje se, u slučaju slobodnog kružnog toka, ne treba zaustavljati, već smanjenom brzinom može ući u kružni tok;
- u kružnim raskrižjima je zabranjena (a i nepotrebna) vožnja unatrag;
- vozilima veće duljine tijekom vožnje dopušteno je koristiti i prošireno dio kružnog kolničkog traka (tzv. povozni dio središnjeg otoka);

- za pješake i bicikliste vrijede jednaka pravila kao i za druge oblike raskrižja u razini [1].

Prednosti raskrižja s kružnim tokom prometa :

- mnogo veći stupanj sigurnosti prometa (s manjim brojem konfliktnih točaka i s manjim brzinama u kružnom toku) uz manje posljedice prometnih nezgoda (bez čelnih i sudara pod pravim kutom,
- manja zauzetost zemljišta, troškova izgradnje i održavanja uz mogućnost dobrog uklapanja u okolni prostor,
- veća propusna moć raskrižja, uz manje proizvedene buke i emisije štetnih plinova motora vozila,
- skraćenje vremena čekanja na privozima i mogućnost propuštanja većih intenziteta prometnih tokova pojedinih privoza,
- dobro rješenje pri ravnomjernijem opterećenju privoza i kao mjera za smirivanje prometa posebno u urbanim sredinama,
- dobro rješenje za slučajeve s pet ili više privoza.

Nedostatci raskrižja s kružnim tokom prometa :

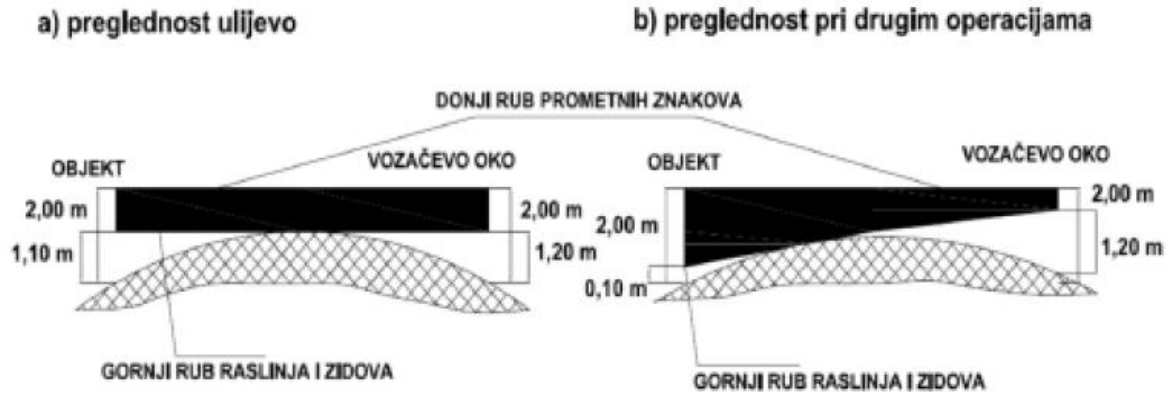
- slabo rješenje za slučaj velikog intenziteta prometnog toka sa skretanjem ulijevo (zbog duljih putovanja, s otežavajućim presijecanjima i preplitanjima),
- poteškoće s izvedbom središnjeg otoka u već izgrađenim urbanim područjima zbog prostornih ograničenja,
- s povećanjem broja kružnih prometnih trakova smanjuje se stupanj prometne sigurnosti
- veliko, odnosno višetračno kružno raskrižje nije najpogodnije rješenje na mjestima gdje nemotorizirani sudionici u prometu zbog svojih privremenih ili trajnih fizičkih oštećenja ne mogu sigurno prelaziti raskrižja bez svjetlosnih signalnih uređaja(ispred institucija za slijepe i slabovidne osobe, domova za starije i nemoćne osobe itd.),
- produljenje putanje pješaka i vozila s obzirom na izravno kanalizirana klasična raskrižja,
- problemi pri većem biciklističkom ili pješačkom prometu, koji presijecaju jedan ili više privoza prema raskrižju (na mjestima na kojima se kreće veliki broj djece),
- naknadna semaforizacija ne utječe bitno na povećanje propusne moći raskrižja.

Pješački i biciklistički promet u pravilu se trebaju voditi izvan ili odmaknuto od kružnog kolnika. Prijelazi preko privoznih kolnika trebaju biti odmaknuti barem 4,5 m od kružnog raskrižja, odnosno za duljinu barem jednog vozila (prostor za čekanje).

U postupku modeliranja treba barem okvirno, a u sklopu projektiranja i detaljiranja neophodno je provesti provjeru i osiguranje preglednosti u raskrižju. Prije razvrstavanja neophodno je razjasniti neka polazišta i razlikovnosti dviju vrsti preglednosti:

- preglednost na ulazu u kružno raskrižje (i oko središnjeg otoka),
- preglednost pri ostalim prometnim operacijama.

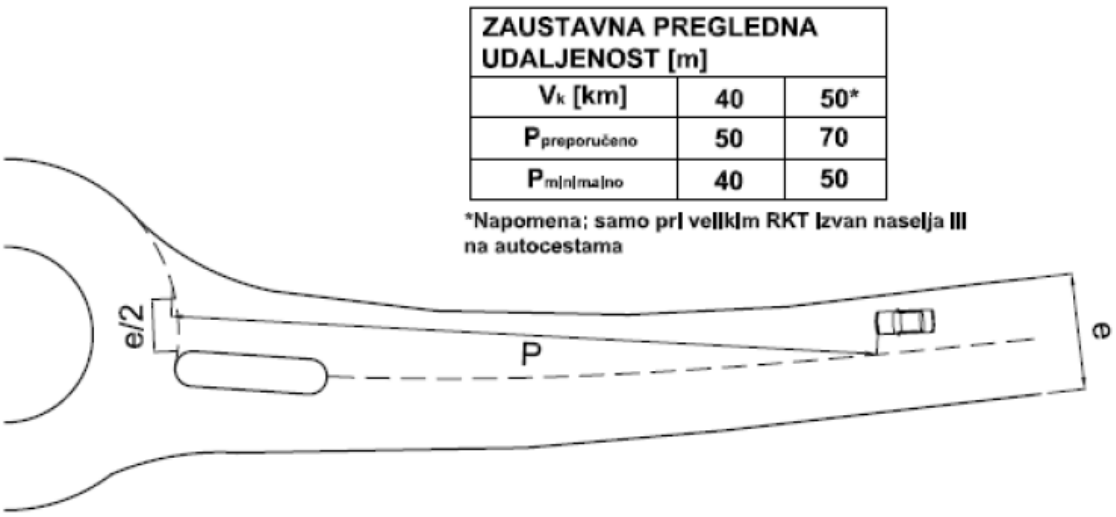
Ovo razvrstavanje prouzročeno je prvenstveno zbog visine prepreke koju vozač mora uočiti, a pregledno polje ulijevo i preko središnjeg otoka mora biti omogućeno kao na Slici 8. Preglednost treba biti omogućena od visine oka vozača iznosa 1,10 m (kod nas 1,20 m) do visine prepreke od 1,10 m, a pregledno polje mora dosezati do visine 2,0 m iznad kolnika [1].



Slika 8. Preglednost na ulazu ulijevo i pri ostalim prometnim radnjama [1]

Prikaz preglednosti pri drugim operacijama također je vidljiv iz Slike 8. te prometni znakovi na tom području ne smiju biti postavljeni niže od 2,0 m mjereno od kolnika do donjeg ruba znaka. Daljnji redoslijed vrsta preglednosti za raskrižje s kružnim tokom prometa bit će prikazan u nastavku ovisno o prometnim radnjama i mjestu pozicioniranja.

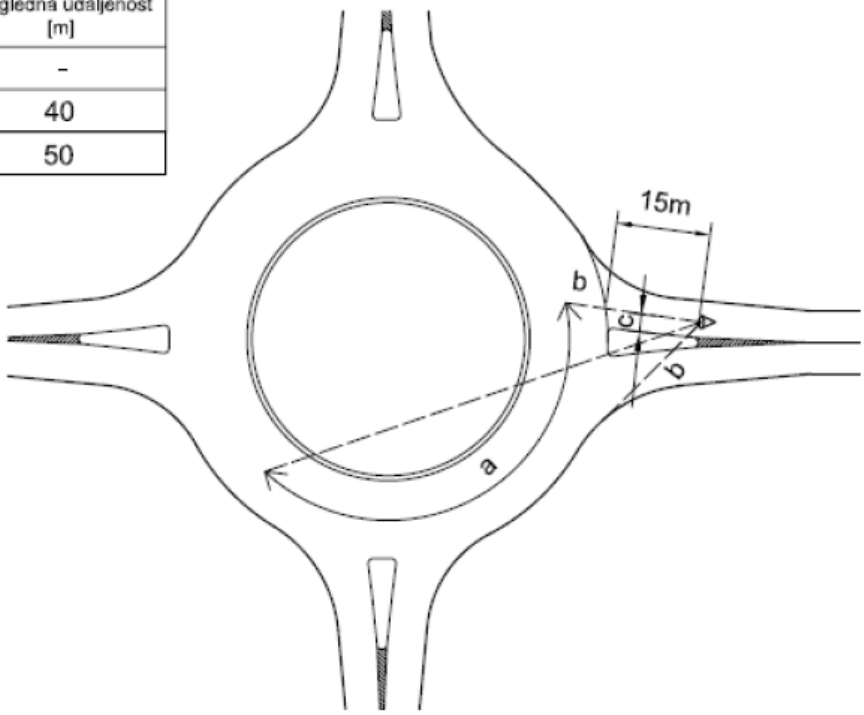
1. **čelna preglednost na ulazu u kružno raskrižje** treba omogućiti pravodobno uočavanje sporne situacije prilikom približavanja kružnom raskrižju. Izravno ovisi o brzini približavanja raskrižju, pa proizlazi da u slučaju kad se ona ne može osigurati - neophodno je vozače o tome upozoriti dodatnim prometnim znakom [1].



Slika 9. Čelna (zaustavna) preglednost, ovisnost o brzini [1]

2. **Preglednost ulijevo** - vozačima svih motornih vozila, koja se približavaju tlocrtnoj oznaci za označavanje ruba kružnog kolnika, mora biti omogućen pregled nad cjelokupnom širinom kružnog kolnika, od razdjelne crte na njihovu lijevu stranu, i to do udaljenosti koja je potrebna za zaustavljanje, mjereno uzduž osovine kružnog kolnika. Preglednost ulijevo provjerava se iz sredine prometnog traka (kada su dva ulazna traka, onda s lijevog traka) na udaljenosti 15 m pred razdjelnom crtom [1].

PREGLEDNOST ULIJEVO	
Promjer Dv kružnog raskrižja [m]	Pregledna udaljenost [m]
< 40	-
40-60	40
60-90	50

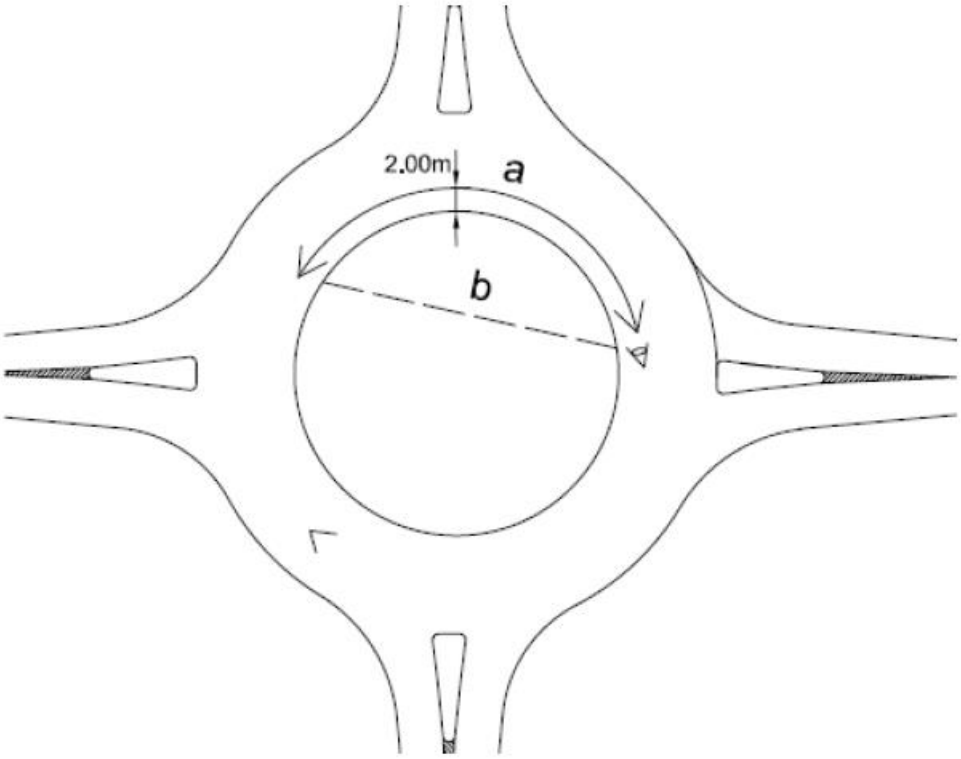


Slika 10. Preglednost ulijevo [1]

U nekim slučajevima (mala kružna raskrižja bez sadržaja u središnjem otoku) prevelika preglednost na ulazu ili preglednost između susjednih izlaza može prouzročiti prevelike brzine vozila na ulazu u kružno raskrižje. U takvim situacijama dobro je ograničiti prekomjernu preglednost selektivnim dodavanjem raslinja u središnjem otoku [1].

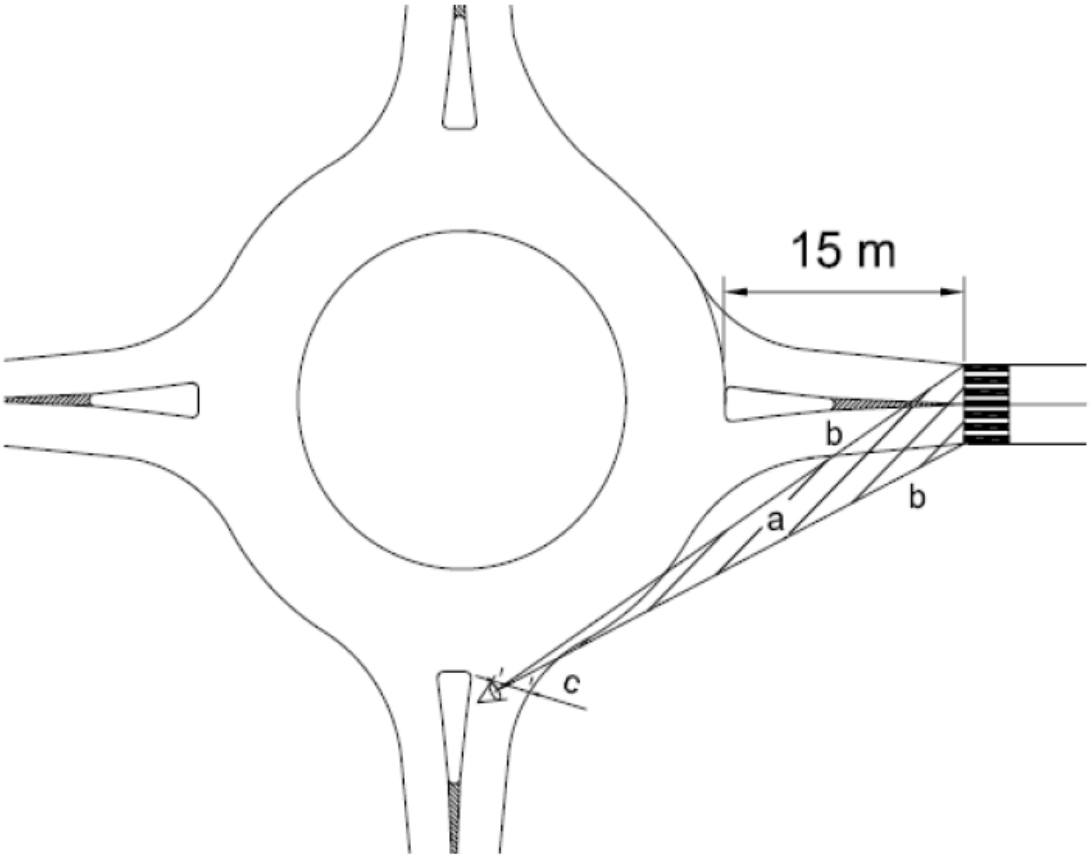
3. **Preglednost na kružnom kolniku** - vozačima u kružnom toku mora biti omogućena preglednost nad cjelokupnom širinom kružnog kolnika pred njima, i to na udaljenosti koja odgovara veličini kružnog raskrižja. Preglednost je potrebno

provjeriti 2 m od ruba središnjeg otoka, kao što je prikazano na Slici 11. [1].



Slika 11. Preglednost na kružnom kolniku [1]

4. **Preglednost do pješačkog prijelaza** - vozači prilikom približavanja kružnom raskrižju moraju imati na raspolaganju toliku preglednost do pješačkog prijelaza da je omogućeno sigurno zaustavljanje pri brzini koja je dopuštena na ulazu u kružno raskrižje. U malim i srednje velikim kružnim raskrižjima potrebno je, ako dopušta okolica, vozačima vozila koja stoje neposredno iza razdjelne crte, omogućiti pregled nad cjelokupnom širinom pješačkog prijelaza na sljedećem izlazu (ako je pješački prijelaz udaljen do 50 m od kružnog raskrižja), kao što je prikazano na Slici 12. [1].



Slika 12. Preglednost do pješačkog prijelaza [1]

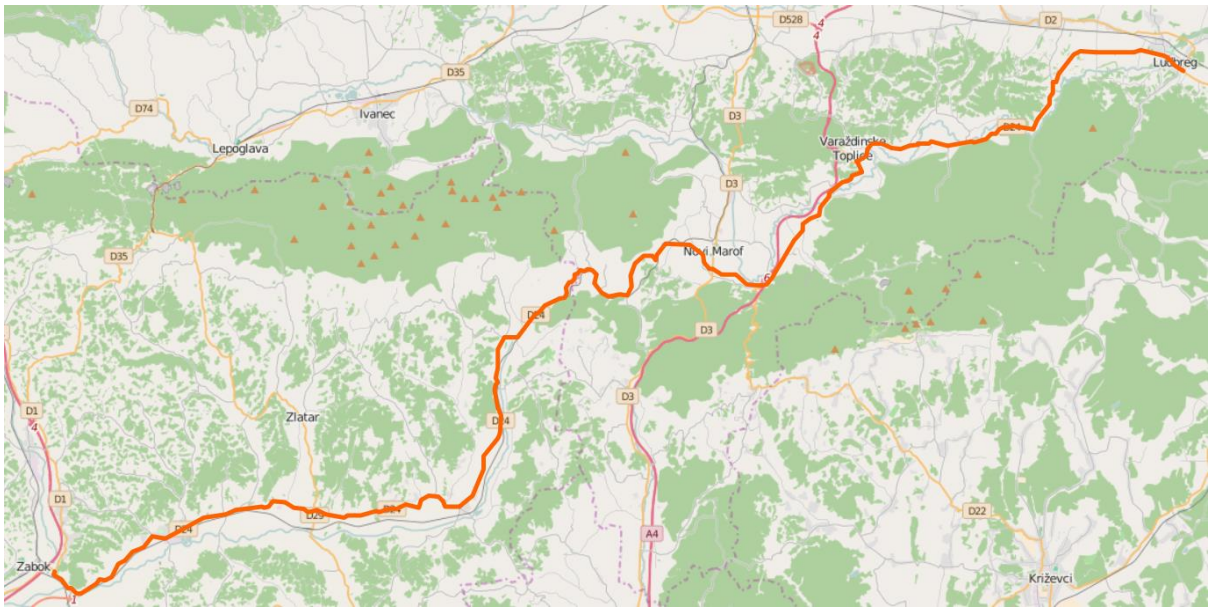
2.3.3.3. Raskrižja izvan razine

Ovakva raskrižja su najveća po prostornom obuhvatu, cijeni izvedbe i po propusnoj moći, a redovito se primjenjuju na javnim prometnicama najvišeg ranga. Raskrižja izvan razine su prometne građevine za organizirano povezivanje dvaju cestovnih pravaca pod uvjetom održavanja režima neprekinutih tokova. Prostorno razdvajanje konfliktnih stanja, odnosno nezavisno vođenje prometnih tokova u različitim građevinskim razinama ima za posljedicu dva najbitnija učinka: najvišu sigurnost prometa i najveću propusnu moć.

Područje primjene raskrižja izvan razina (RIR) je u grupi javnih cesta najviše razine prometnog učinka (autoceste i brze ceste). Potreba za prostornim razdvajanjem javlja se na onim raskrižjima gdje ukupna prometna opterećenja glavnog (GP) i sporednog pravca (SP) prelaze 12000 voz/dan, a sa stajališta gospodarske opravdanosti trebalo bi se kao minimalno uzeti opterećenje od PGDP ≥ 3000 (4000) voz/dan [1].

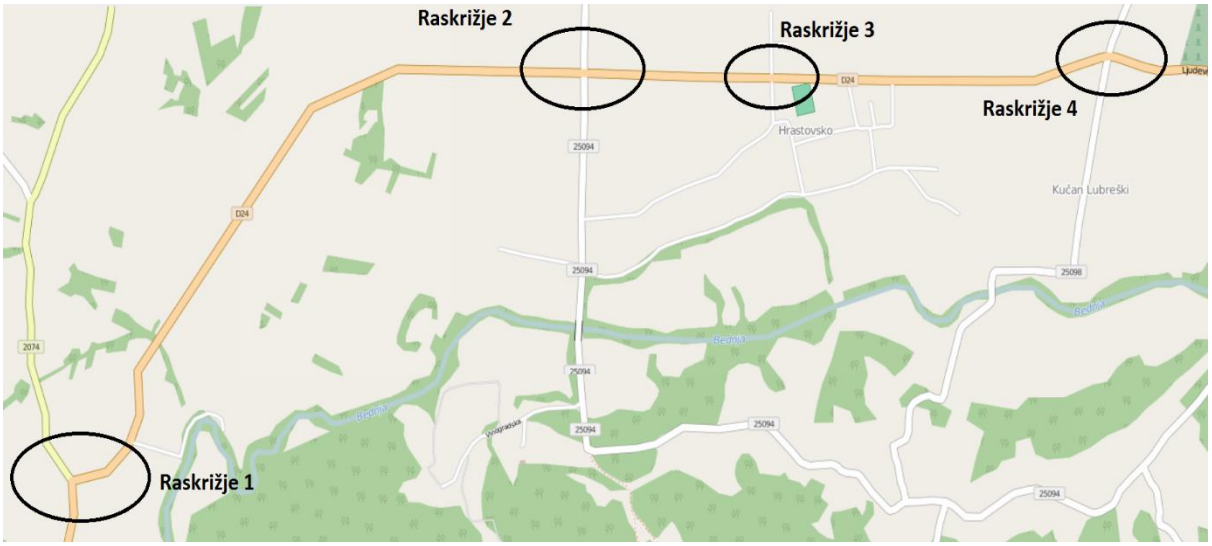
3. ANALIZA POSTOJEĆEG PROMETNO – SIGURNOSNOG STANJA RASKRIŽJA PROMATRANE DIONICE CESTE

Državna cesta (D24) proteže se iz Zaboka gdje se križa s državnom cestom D1 pa sve do Ludbrega gdje se križa s državnom cestom D2, te ukupno iznosi 75,5 km duljine. Usputna mjesta kroz koja prolazi državna cesta D24 prikazana su na Slici 13.



Slika 13. Prikaz državne ceste 24 od Zaboka do Ludbrega [10]

Promatrana dionica ceste proteže se državnom cestom D24 od Slanja do Ludbrega. U analizi prometno – sigurnosnih elemenata obuhvaćeno je četiri raskrižja od kojih je raskrižje Ulice braće Radić i Vinogradske ulice proglašeno „crnom točkom“ Varaždinske županije te je ono od posebne važnosti za analizu promatrane dionice. Na Slici 14. označena su četiri promatrana raskrižja. Osim navedenog raskrižja koje je na slici prikazano pod „Raskrižje 2“, analiza prometno – sigurnosnih elemenata vršena je na „Raskrižju 1“ gdje se križaju državna cesta 24 i županijska cesta 2074 odnosno raskrižje Ulice braće Radić i Crkvenčićeve ulice. Za sljedeće raskrižje osim naziva ulica valja spomenuti da se križaju državna cesta 24 i lokalna cesta 25094. „Raskrižje 3“ je križanje Ludbreške ulice i Ulice Svetog Florijana sa sjevera te Kalničke ulice s juga, odnosno državne ceste 24 i nerazvrstanih cesta. Posljednje raskrižje u analizi je raskrižje državne ceste D24 i lokalne ceste 25098 tj. Ludbreške ulice sa zapada, Ulice Ljudevita Gaja s istoka, sa sjevera Frankopanska ulica i s juga Ulica Kućan Ludbreški.



Slika 14. Prikaz analiziranih raskrižja na promatranoj dionici ceste od Slanja do Ludbrega [11]

3.1. Analiza prometno-tehničkih elemenata raskrižja i dionice državne ceste 24 od Slanja do Ludbrega

Javnu cestu čine:

– cestovna građevina (donji stroj, kolnička konstrukcija, most, vijadukt, podvožnjak, nadvožnjak, propust, tunel, galerija, potporni i obložni zid, nasip, pothodnik i nathodnik),

– građevine za odvodnju ceste i pročišćavanje otpadnih voda sakupljenih na cestovnoj građevini,

– zemljišni pojas s obiju strana ceste potreban za nesmetano održavanje ceste širine prema projektu ceste, a najmanje jedan metar računajući od crte koja spaja krajnje točke poprečnog presjeka ceste,

– cestovno zemljište u površini koju čine površina zemljišta na kojoj prema projektu treba izgraditi ili je izgrađena cestovna građevina, površina zemljišnog pojasa te površina zemljišta na kojima su prema projektu ceste izgrađene ili se trebaju izgraditi građevine za potrebe održavanja ceste i pružanja usluga vozačima i putnicima te naplatu cestarine predviđeni projektom ceste (objekti za održavanje cesta, upravljanje i nadzor prometa, naplatu cestarine, benzinske postaje, servisi, parkirališta, odmorišta i drugi),

– građevine na cestovnom zemljištu, za potrebe održavanja ceste i pružanja usluga vozačima i putnicima te naplatu cestarine, predviđene projektom ceste,

– stabilni mjerni objekti i uređaji za nadzor vozila,

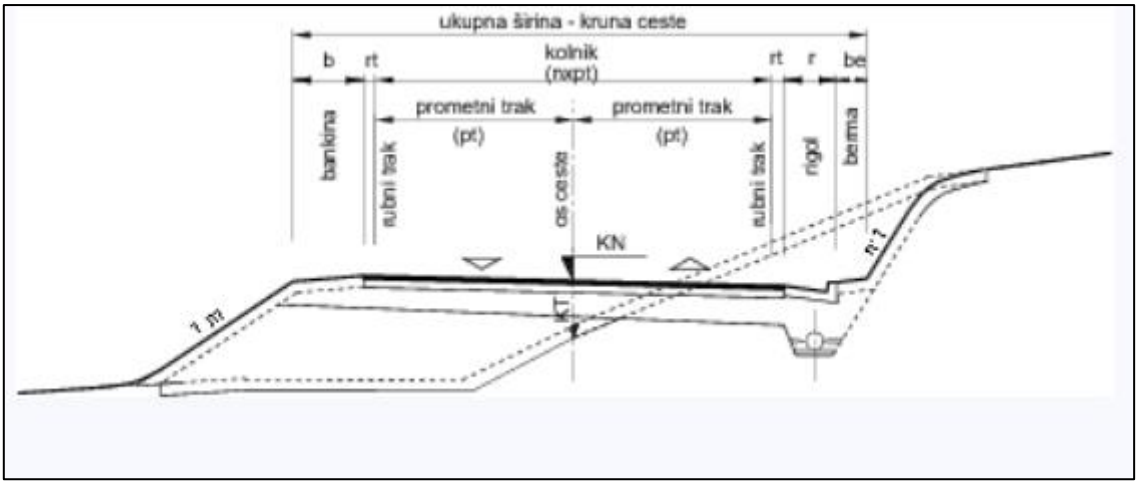
– priključci na javnu cestu izgrađeni na cestovnom zemljištu,

– prometni znakovi i uređaji za nadzor i sigurno vođenje prometa i oprema ceste (prometni znakovi, svjetlosni uređaji, telekomunikacijski stabilni uređaji, instalacije i rasvjeta u funkciji prometa, cestovne značke, brojila prometa, instalacije, uređaji i oprema u tunelima, oprema parkirališta, odmorišta i slično),

– građevine i oprema za zaštitu ceste, prometa i okoliša (snjegobrani, vjetrobrani, zaštita od osulina i nanosa, zaštitne i sigurnosne ograde, zaštita od buke i drugih štetnih utjecaja na okoliš i slično) [5].

Javne ceste su javno dobro u općoj uporabi u vlasništvu Republike Hrvatske. Upisuje se u zemljišne knjige kao opće dobro u skladu s propisima koji uređuju zemljišno knjižne upise. Moraju imati najmanje dvije prometne trake i dvije rubne trake koje se grade neprekinuto uzduž javne ceste u istoj širini, ovisno o vrsti ceste, odnosno širini prometne trake, uz izdignuti rubnjak na objektima (mostovima, vijaduktima, tunelima, galerijama i sl.). Iznimno lokalna cesta može imati samo jednu prometnu traku, s tim da, ovisno o preglednosti ceste, na udaljenosti od najviše 500 m, ima odgovarajuća proširenja za mimoilaženje vozila [6].

Na Slici 15. prikazani su elementi ceste te će se u nastavku pobliže objasniti stručni termini kao što su kolnik, kolnička traka, prometna traka, prometna traka za spora vozila, prometna traka za zaustavljanje vozila u nuždi, prometna traka za ubrzavanje, prometna traka za usporavanje, rubni trak, razdjelni trak, bankina, rigol, berma, rubnjaci, pješačke i biciklističke staze.



Slika 15. Elementi ceste [6]

Tablica 2. Opis stručnih termina

Naziv stručnog termina	Definicija stručnog termina
Kolnik	je dio cestovne površine namijenjen u prvom redu za promet vozila, s jednom ili više prometnih traka.
Kolnička traka	je uzdužni dio kolnika namijenjen za promet vozila u jednom smjeru, s jednom prometnom trakom ili više prometnih traka.
Prometna traka	je obilježeni ili neobilježeni uzdužni dio kolnika čija je širina dovoljna za nesmetan promet jednog reda motornih vozila u jednom smjeru
Prometna traka za spora vozila	je obilježeni uzdužni dio kolnika namijenjen za vozila koja sporom vožnjom (npr. na uzbrdici) smanjuju protočnost prometa.
Prometna traka za zaustavljanje vozila u nuždi	je obilježeni uzdužni dio kolnika na autocestama i na određenim mjestima na cestama višeg reda, kao i u tunelima, galerijama i sl. Zaustavljanjem vozila smanjuje se propusna moć ceste.
Prometna traka za ubrzavanje	je dio kolnika namijenjen za uključivanje vozila u prometni tok sa sporedne ceste, odnosno drugih prilaznih cesta s objekata pokraj ceste (benzinskih crpki, parkirališta, motela i sl.).Traka treba biti projektirana na način da vozilo koje se uključuje može ubrzati do 75 % računske brzine.
Prometna traka za usporavnje	je dio kolnika namijenjen za isključivanje vozila iz prometnog toka na cesti. Trakove za usporavanje treba izvesti na svim prometnicama koje imaju računsku brzinu veću od 80 km/h i na vrlo opterećenim prometnicama s manjom računskom brzinom.
Rubni trak	je učvršćeni dio ceste koji se nalazi između kolnika i bankine ili između kolnika i staza za bicikle, mopede ili pješake.
Razdjelni trak	omogućuje fizičko razdvajanje usporednih kolnika. Obvezno grade na autocestama i cestama 1. razreda s četiri ili više prometnih trakova. Služe za smještaj vertikalne signalizacije, za zaštitne ograde i sl.

Bankina	je zemljani pojas koji se nalazi uz konstrukciju kolnika ili rubni trak, a ima višestruku ulogu. Služe kao potpora za osiguranje ruba kolnika, za povećanje stabilnosti nasipa, za postavljanje prometnih znakova i ostalih oznaka te za kretanje pješaka.
Rigol	se izvodi uz rub kolnika, a služi za preuzimanje površinske vode i njezinu odvodnju.
Berma	je pojas terena u ravnini kolnika koji se nalazi s druge strane rigola. Služi za povećanje horizontalne preglednosti u zavoju, zatim za otklanjanje neugodnog dojma što ga na vozača ostavlja blizina kosine usjeka te za postavljanje prometnih ili drugih znakova, kao deponij materijala i sl.
Rubnjaci	se izrađuju za osiguranje ruba kolnika. Grade se u istoj visini ili su povišeni iznad kolnika.
Pješačke staze	su posebno izrađene prometne površine u naseljima namijenjene kretnju pješaka. Širina pješačkih staza ovisi o broju prometnih trakova tj. o veličini pješačkog prometa.
Biciklističke staze	su posebno izrađene prometne površine u naseljima namijenjene vožnji biciklista. Za jedan red biciklista širina iznosi 1,0 m, te visina slobodnog profila biciklističke staze iznosi 2,5 m.

Izvor: izradio autor prema [1].

3.1.1. Analiza prometno – tehničkih elemenata na „Raskrižju 1“

Raskrižje Ulice braće Radić i Crkvenčićeve ulice prvo je u analizi raskrižja na dionici državne ceste 24 od Slanja do Ludbrega. Ovo raskrižje karakterizira križanje državne ceste i županijske ceste. Državna cesta ima dvije prometne trake, svaka za svoj smjer vožnje, bez utvrđenog rubnog traka i bankine te širinom prometnih traka od 2,75 metara. Problem širine prometnih traka vidljiv je na Slici 16. jer prilikom mimoilaženja dva teretna vozila jedno od njih se mora maknuti s prometne trake i nastaviti opasnu vožnju po neutvrđenoj bankini.



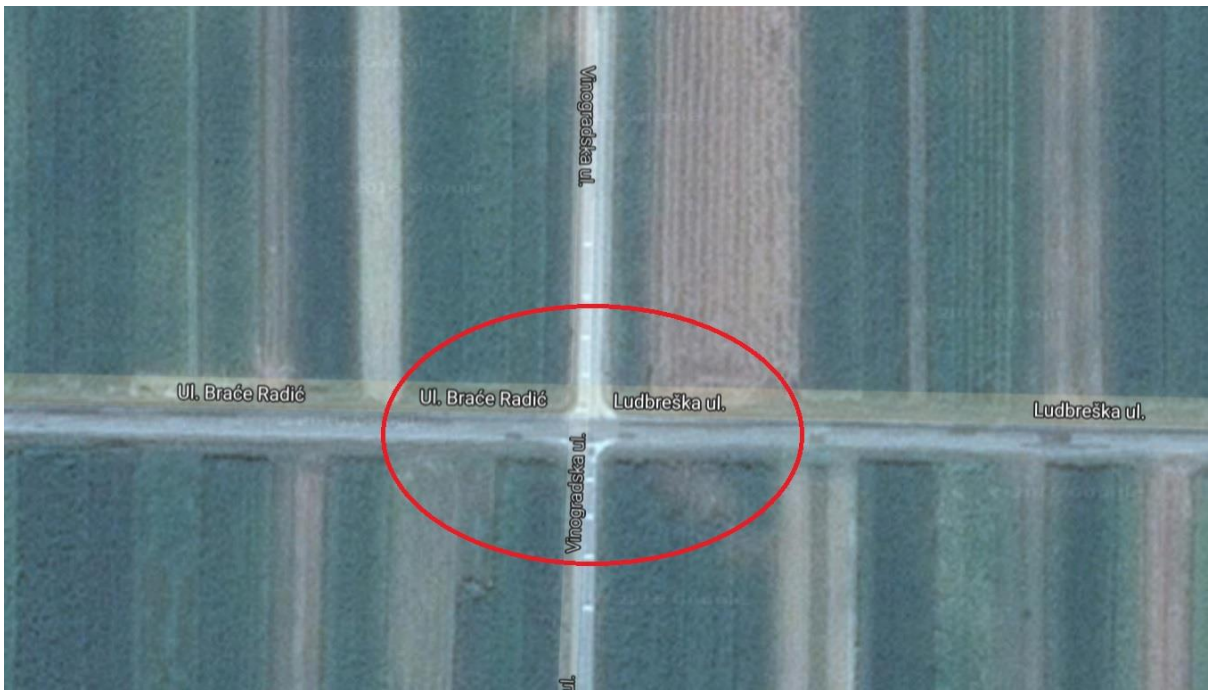
Slika 16. Prikaz "Raskrižja 1" [11]

Županijska cesta također ima dvije prometne trake svaka za svoj smjer vožnje, bez rubnog

traka i utvrđene bankine. Širina prometnih traka iznosi 2,50 metara. Problem koji je uočen na analiziranom raskrižju je nedovoljna preglednost vozilima koja se žele sa županijske ceste uključiti u državnu cestu u smjeru Ludbrega, a uzrok tome je taj što je spoj županijske ceste u državnu u samom zavoju. Nadalje, problem ovog raskrižja je i neadekvatno označavanje iz razloga što je vidljivo da nema odgovarajuće vertikalne signalizacije koja bi upozorila sudionike u prometu na opasnosti koje im prijete. Također treba spomenuti da odvodni jarci koji nisu uređeni mogu prilikom izlijetanja vozila ili neke druge prometne nesreće biti opasni po život.

3.1.2. Analiza prometno – tehničkih elemenata na „Raskrižju 2“

Ulice braće Radić, Ludbreška te Vinogradska ulica čine raskrižje na analiziranoj dionici državne ceste D24 koje po svim prometno – tehničkim, sigurnosnim i ostalim kriterijima čini „crnu točku“ ne samo te dionice nego i šireg okolnog područja. Naime kao što je već prije navedeno to je raskrižje državne ceste D24 i lokalne ceste 25094, koje se obje pružaju u pravcu u velikoj dužini, što se može vidjeti na Slici 17.



Slika 17. Prikaz "Raskrižja 2" [11]

Iz razloga pružanja obje ceste u pravcu vozila postižu velike brzine vožnje i to u prosjeku na državnoj cesti se postižu brzine oko 90 km/h, dok na lokalnoj cesti oko 60 km/h te prilikom dolaska na analizirano raskrižje vozila s lokalne ceste koje se nalaze na sporednom privozu nemaju osjećaj da moraju propustiti vozila na glavnom privozu tj. vozila koja se kreću

državnom cestom te uslijed toga dolazi do neželjenih situacija kao što su nalijetanje vozila s državne ceste na vozila sa lokalne ceste.



Slika 18. Prikaz problema na "Raskrižju 2" [11]

Na Slici 18. prikazana je situacija raskrižja s obje strane državne ceste D24 te južne strane lokalne ceste. Vozila koja se kreću glavnom ulicom tj. državnom cestom ne dobivaju dojam da u blizini uopće postoji raskrižje jer se kreću velikim brzinama, a i iz razloga zaklonjenosti poljima kukuruza nisu u mogućnosti vidjeti lokalnu cestu kojoj se približavaju. S druge strane vozači koji dolaze s lokalne ceste također imaju sličnih problema jer dolaze isto s dosta velikim brzinama analiziranom raskrižju te uz zaklonjenost poljima kukuruza kreću se laganom uzbrdicom pa je i to dodatan problem za uočavanje vozila na glavnom prometnom toku. Treba spomenuti također da vozila sa sporednog privoza ne dobivaju uopće dojam da se nalaze na sporednom privozu iz razloga što je prometni znak „STOP“ zaklonjen dopunskom pločom i vozila do zadnjeg trenutka prije nego što se približe raskrižju ne znaju kojom cestom se kreću. Sljedeći problem koji je uočen je taj da je horizontalna signalizacija loše postavljenja, zatim nema polja usmjeravanja kao niti posebnih trakova za lijevo ili desno skretanje, također nema ni prometnih otoka posebice na sporednom privozu. Iz toga razloga, a i prije navedenih ovo raskrižje je jako opasno za sve sudionike u prometu.

3.1.3. Analiza prometno – tehničkih elemenata na „Raskrižju 3“

Sljedeće analizirano raskrižje je raskrižje državne ceste D24 odnosno Ludbreške ulice i Ulice Svetog Florijana i Kalničke ulice koje sa sjevera i juga čine nerazvrstane ceste. Prikaz analiziranog raskrižja je na Slici 19. Vidljivo je da na državnoj cesti i dalje nema rubnog traka i utvrđene bankine, te je širina prometnih traka 2,75 metara. Nerazvrstane ceste s jedne i s druge strane imaju po jednu prometnu traku za kretanje vozila, također bez rubnog traka i utvrđene bankine sa širinom prometnih traka od 2,80 metara u Ulici Svetog Florijana i 4,50 metara u

Kalničkoj ulici. Nadalje, problem koji je uočen je taj da nema odgovarajuće horizontalne, a ni vertikalne signalizacije tj. nema znaka STOP na sporednim privozima koji bi sudionicama u prometu dao do znanja da dolaze sa sporedne na glavnu cestu. Također je vidljivo da ulazni i izlazni radijusi nisu zadovoljavajući iz razloga što je vidljivo da se vozila kreću po šljunku.



Slika 19. Prikaz "Raskrižja 3" [11]

3.1.4. Analiza prometno – tehničkih elemenaza na „Raskrižju 4“

Zadnje analizirano raskrižje na promatranoj dionici ceste od Slanje do Ludbrega je križanje Ludbreške ulice sa zapada, Ulice Ljudevita Gaja s istoka, sa sjevera Frankopanska ulica i s juga Ulica Kućan Ludbreški. Prikaz analiziranog raskrižja je na Slici 20. i 21.



Slika 20. Prikaz "Raskrižja 4" sa juga [11]

Sa južne strane raskrižja vidljivo je da Ludbreška ulica i dalje nije uređena po pravilima za državnu cestu pa i dalje nema rubnog traka i utvrđene bankine, Frankopanska ulica ima samo jedan prometni trak širine 3,90 metara i prilikom mimoilaženja dvaju vozila dolazi do problema. Ulica Kućan Ludbreški je lokalna cesta s dvije prometne trake odvojene središnjom linijom, bez rubnog traka i utvrđene bankine sa širinom prometnih traka od 2,75 metara. Kod ove ulice upitna je preglednost kod uključivanja vozila radi blizine kukuruza, ali i zbog zavoja na državnoj cesti. Radi bolje preglednosti trebalo bi se ugraditi zrcalo. Na Slici 21. prikazano je analizirano raskrižje sa sjeverne strane.



Slika 21. Prikaz "Raskrižja 4" sa sjevera [11]

Vidljivo je da je ulica Ljudevita Gaja u potpunosti rekonstruirana i prilagođena za jednu državnu cestu. Jedina opasnost su drveća koja se nalaze na otoku za razdvajanja prometnih traka, te bi se taj problem trebao riješiti tako da se ta drveća ograde zaštitnom ogradom. Državna cesta sastoji se od dvije prometne trake širine 3,25 metara, biciklističke trake širine 1,25 metara, te dodatnog traka za skretanje u desno. Po uzoru na stanje državne ceste u Ulici Ljudevita Gaja cijela dionica državne ceste od Slanja do Ludbrega bi trebalo tako izgledati te će prikaz predloženog rješenja za poboljšanje postojećeg stanja biti razrađen u poglavlju 5.

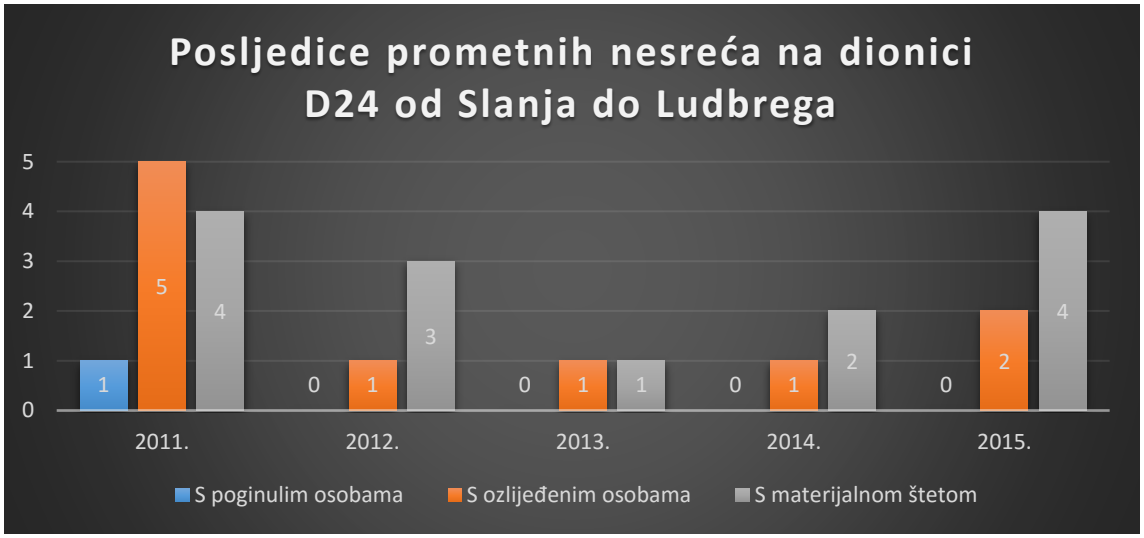
3.2. Analiza sigurnosnih elemenata raskrižja na dionici državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega

Važan čimbenik kod analiza prometnog sustava neke dionice ceste je i analiza sigurnosti odvijanja prometa. Istraživanje problema sigurnosti na cestama je isplativ način

sprečavanja prometnih nesreća. Također je bitno i za gospodarski razvoj budući da troškovi prometnih nesreća čine znatan postotak bruto domaćeg proizvoda (BDP-a).

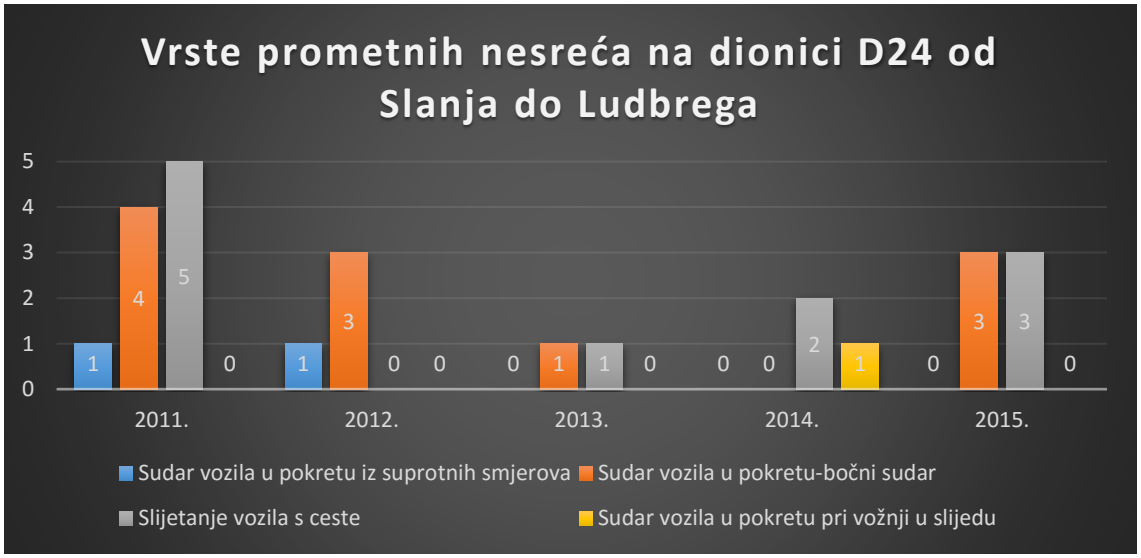
U svrhu izrade ovog diplomskog rada podaci o broju i vrsti prometnih nesreća na promatranoj dionici ceste D24 zatraženi su od Ministarstva unutarnjih poslova (MUP) – Policijske uprave/postaje nadležne za odgovarajuće područje tj. od Policijske uprave Varaždinske. Podaci o prometnim nesrećama na promatranoj dionici te na kritičnom raskrižju Ulice Braće Radić i Vinogradske ulice biti će prikazani u nastavku.

Grafikon 1. prikazuje broj prometnih nesreća ovisno o posljedici pojedine prometne nesreće, pa iz toga slijedi da je u proteklih 5 godina promatranja bilo ukupno 25 prometnih nesreća. 2011. godine bilo najviše prometnih nesreća, njih čak 10 od kojih je jedna bila sa poginulim osobama, s ozlijeđenim osobama njih 5 te s materijalnom štetom 4 prometne nesreće. Od 2012. – 2015. godine nije bilo nesreća s poginulim osobama, što se tiče ostalih posljedica prometnih nesreća 2015. godina ima ukupno 6 prometnih nesreća i to dvije s ozlijeđenim osobama i četiri s materijalnom štetom.



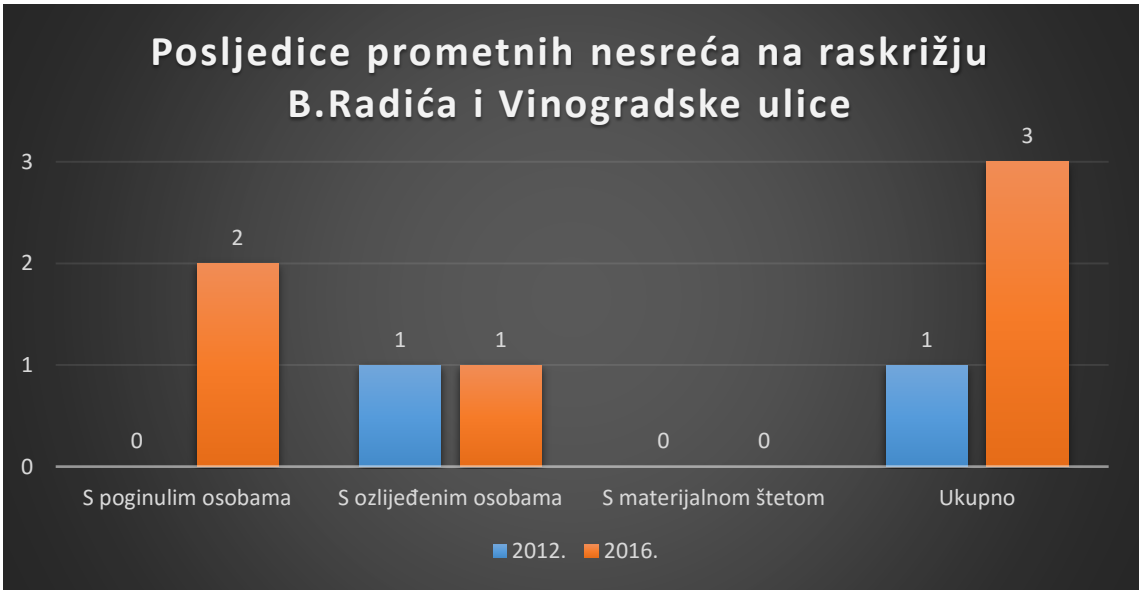
Grafikon 1. Podaci o posljedicama prometnih nesreća na dionici D24 od Slanja do Ludbrega [7]

Sljedeći grafički prikaz tj. Grafikon 2. prikazuje vrste prometnih nesreća na dionici D24 od 2011. - 2015. godine. Kao što je već prije navedeno ukupno je bilo 25 prometnih nesreća, od toga u petogodišnjem razdoblju 11 prometnih nesreća je bilo što su vozila sletila s ceste, a ostale prometne nesreće su bile sudar vozila u pokretu. Dvije nesreće dogodile su se na promatranoj dionici gdje su se sudarila vozila iz suprotnih smjerova, čak 11 nesreća je bilo gdje je bio bočni sudar i jedna prometna nesreća dogodila se prilikom vožnje u slijedu.



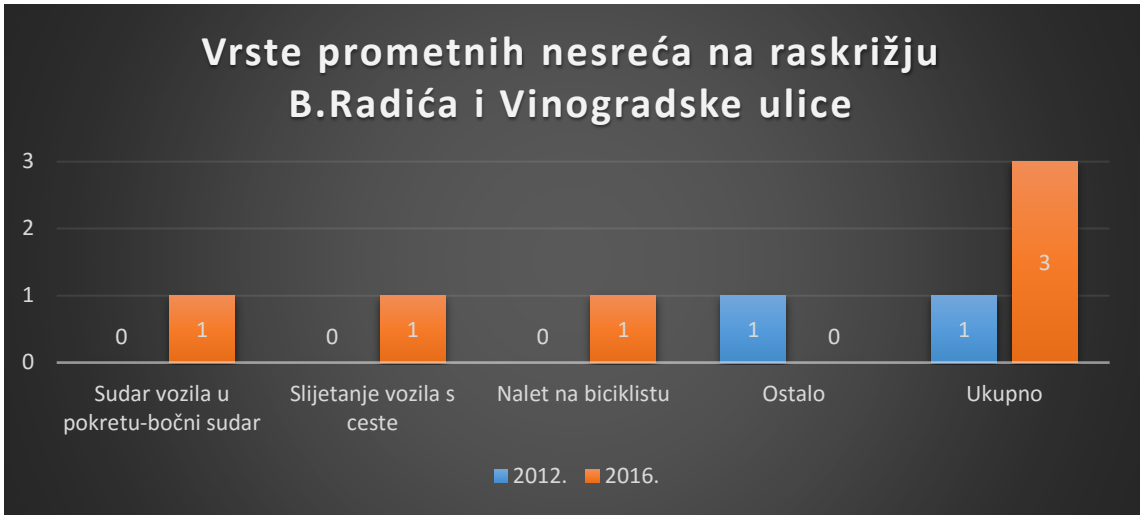
Grafikon 2. Podaci o vrsti prometnih nesreća na dionici D24 od Slanja do Ludbrega [7]

Iz razloga dviju prometnih nesreća u veljači 2016. godine sa smrtno stradalim osobama, navedeno raskrižje proglašeno je „crnom točkom“ Varaždinske županije. Podaci o posljedicama prometnih nesreća na navedenom raskrižju prikazani su na Grafikonu 3. Vidljivo je da u šestogodišnjem razdoblju promatranja od 2011. – 2016. godine u dvije godine bilo prometnih nesreća i to 2012. i 2016. godini.



Grafikon 3. Podaci o posljedicama prometnih nesreća na raskrižju Ulice braće Radić i Vinogradske ulice [7]

Grafikon 4. prikazuje vrstu prometnih nesreća na raskrižju Ulice braće Radić i Vinogradske ulice. Vidljivo je da su zastupljene vrste na spomenutom raskrižju bočni sudar, slijetanje vozila s ceste te nalet na biciklistu.

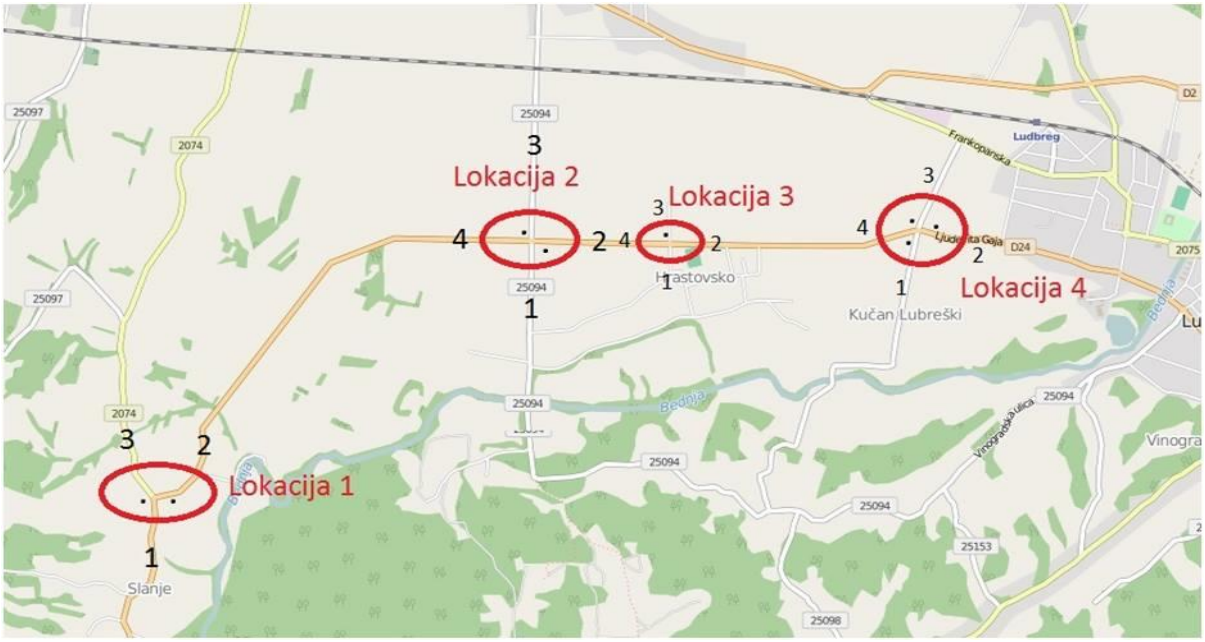


Grafikon 4. Podaci o vrsti prometnih nesreća na raskrižju Ulice braće Radić i Vinogradske ulice [7]

4. ANALIZA PODATAKA O BROJANJU PROMETA NA RASKRIŽJIMA PROMATRANE DIONICE CESTE

Brojanje prometa vrši se zbog određivanja opterećenja pojedinih prometnica i određivanja vrsta vozila na prometnicama te smjerova kretanja vozila odnosno, brojanja prometa služe kao početna faza za planiranje prometa. Kao izlazni rezultat dobiva se uvid u postojeće stanje prometa na prometnicama, isto tako dobiveni podaci upućuju na predlaganje novih rješenja za poboljšanje odvijanja prometa i prometnog sustava u cjelini. Brojanje prometa potrebno je provoditi zbog prometnog i urbanističkog planiranja, planiranja prometne mreže nekog većeg područja ili oblikovanje prometnih čvorova te zbog rekonstrukcije postojeće prometne mreže ili izgradnje novih prometnih pravaca. Brojanje prometa bi se uvijek trebalo planirati kad su uvjeti za korist od promatranja najveći, a to je za vrijeme radnog dana u tjednu, u ljeti na rekreacijskim rutama i zimi vikendom za rute koje povezuju skijališta. Zbog svih tih zahtjeva brojanje prometa je najbolje izvršiti tijekom radnih dana u tjednu, odnosno utorkom, srijedom i četvrtkom.

Neke od prednosti koje donosi brojanje prometa su: mogućnost dobivanja rezultata o broju vozila, strukturi prometnog toka, smjerovima kojima se vozila kreću unutar raskrižja, brojači mogu zapaziti određene anomalije prilikom brojanja i zabilježiti ih (prometne nesreće, kvar semafora i sl.), obrasci se lako koriste pri daljnjoj obradi podataka, relativno niski troškovi brojanja ako se radi o brojanju u kraćem vremenskom periodu.



Slika 22. Prikaz lokacija brojanja prometa [10]

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada brojanje prometa je izvršeno na 4 raskrižja promatrane dionice državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega. Lokacije brojanja prometa i smjerovima kretanja vozila prikazani su na Slici 22. Svako vozilo je brojano pri izlasku iz raskrižja. Brojana vozila podijeljena su u četiri skupine: osobna vozila, teretna vozila, autobusi i motocikli. U cilju lakšeg određivanja intenziteta prometnih tokova svaka skupina vozila ponderirana je određenim koeficijentom i svedena na jedinstvenu jedinicu „EJA“ (ekvivalentna jedinica automobila). Za osobna vozila koeficijent iznosi 1, teretna vozila i autobuse 2, a za motocikle 0,5.

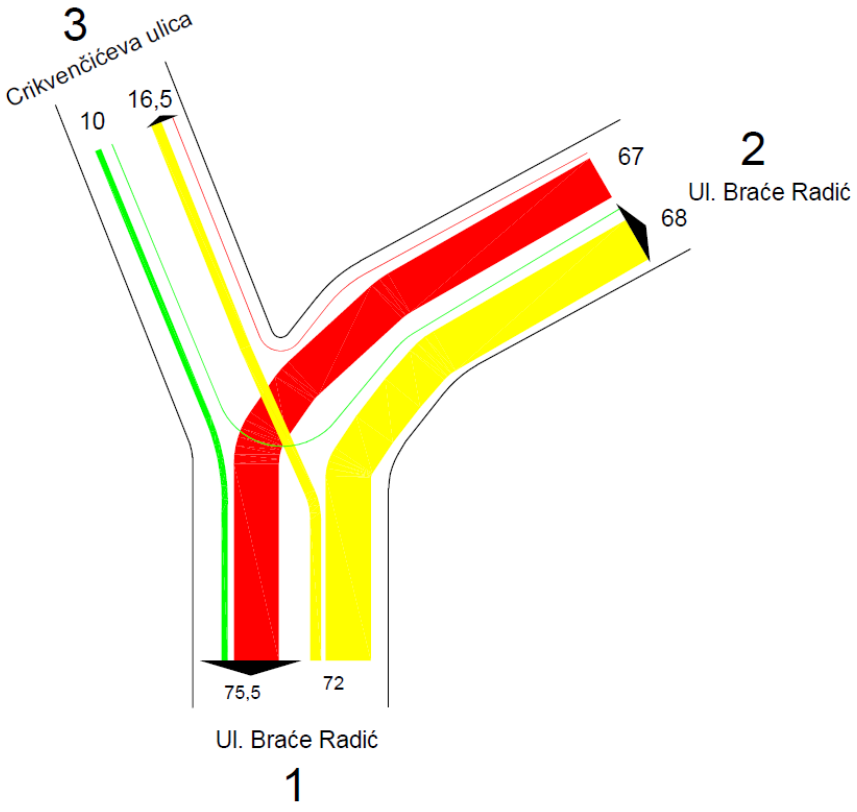
Brojanje prometa izvršeno je 8.6.2016. godine na spomenute četiri lokacije u jutarnjim vršnim satima od 07:00 – 09:00 h, te na „Lokaciji 2“ koja je već iz prije navedenih razloga jako opasno mjesto za promatranu dionicu državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega brojanje je izvršeno i u popodnevnom vršnom satu od 15.00 – 17.00 h. Za potrebe brojanja prometa na sve četiri lokacije u isto vrijeme bilo je angažirano 8 brojača koji su bilježili podatke o broju, strukturi i smjeru kretanja vozila na brojački listić prikazan na Slici 23.

sat	smjer	15'-int	OA	Teretna	BUS	MOT
07.00-08.00	1-2	0-15'				
		15'-30'				
		30'-45'				
		45'-60				
		ukupno				

Slika 23. Brojački listić

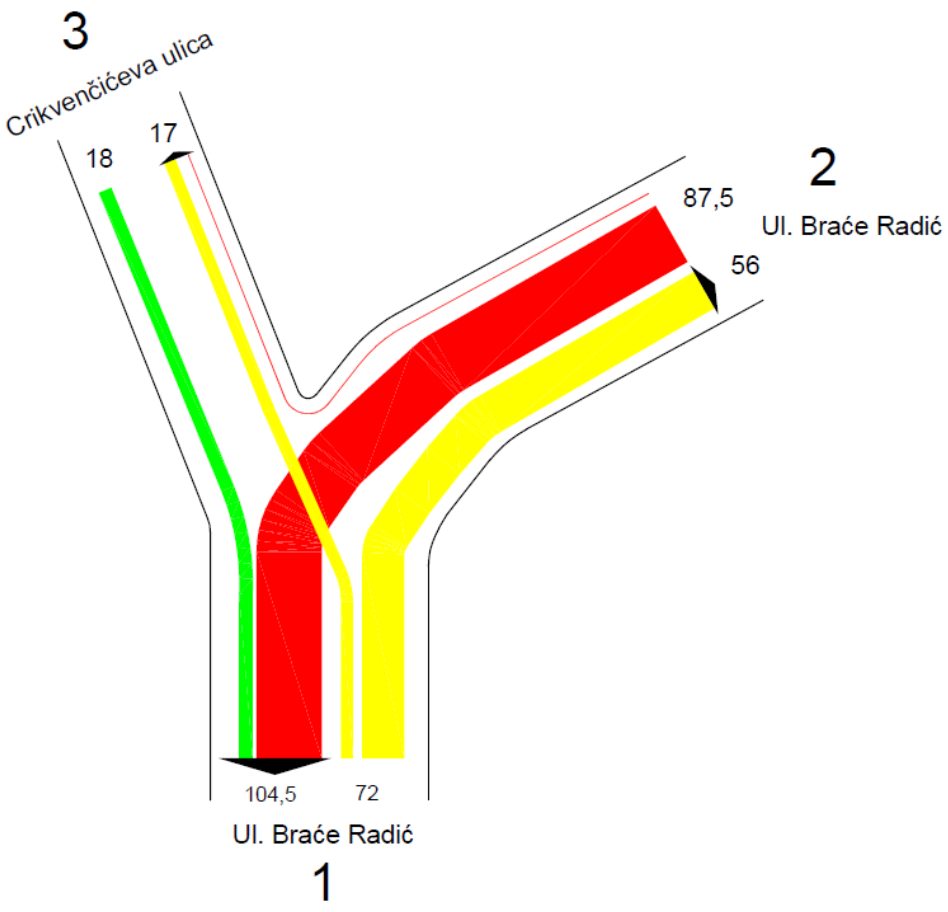
4.1. Analiza podataka brojanja prometa na „Lokaciji 1“

Za potrebe dobivanja podataka o broju vozila na „Lokaciji 1“ bila su angažirana dva brojača. Brojač 1 brojao je vozila koja se kreću iz i u Crkvenčićevu ulicu, te vozila koja skreću u Ulicu braće Radić. Brojač 2 bio je zadužen za Ulicu braće Radić tj. koliko vozila se kreće tom ulicom u smjeru prema Ludbregu i suprotno. Podaci o broju vozila na spomenutoj lokaciju prikazani si na Slici 24 i 25. Na Slici 24. prikazanu su prometna opterećenja u razdoblju od 7 do 8 sati, dok na Slici 25. u razdoblju od 8 do 9 sati. Lokacija 1 je raskrižje državne ceste Ulice Braće Radić) i županijske ceste (Crikvenčićeva ulica) te je vidljivo da iz županijske ceste izlazi mali broj vozila odnosno 10 EJA, a ništa više vozila niti ne ulazi tj. 16,5 EJA. Državnom cestom D24 prolazi veći broj vozila i to u smjeru Ludbrega odlazi 68 EJA dok u smjeru Varaždinskih Toplica prolazi 75,5 EJA u jutarnjem vršnom satu od 7 do 8 sati.



Slika 24. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 1" od 7 do 8 sati

U razdoblju od 8 do 9 sati na „Lokaciji 1“ iz prilaza 3 odnosno županijske ceste izlazi 18 EJA dok u nju ulazi nešto manje vozila nego što ulazi. U drugom satu brojanja vozila prema Ludbregu odlazi 56 EJA državnom cestom D24, dok u smjeru Varaždinskih Toplica ide više vozila nego u prvom satu brojanja i to njih 104,5 EJA.

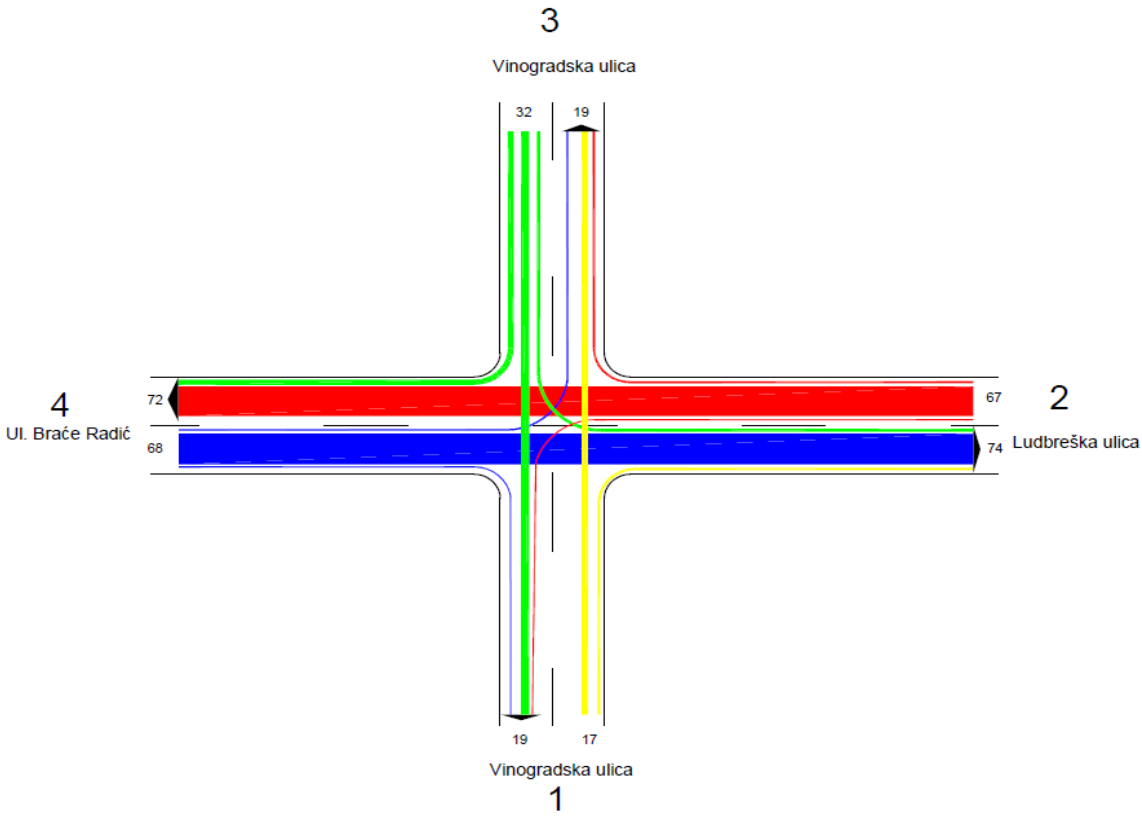


Slika 25. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 1" od 8 do 9 sati

4.2. Analiza podataka brojanja prometa na „Lokaciji 2“

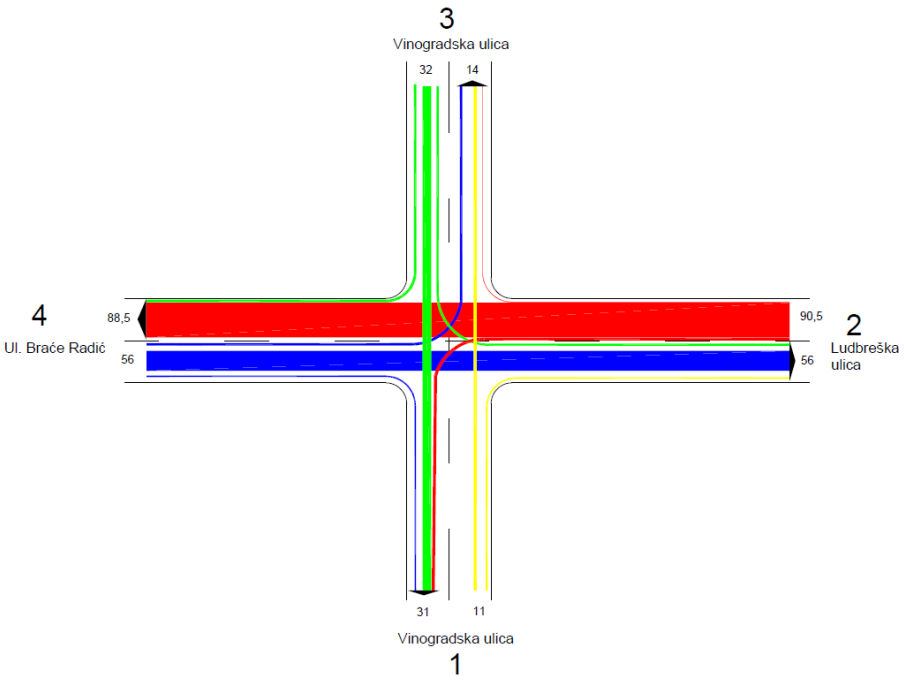
Iz razloga opasnosti raskrižja državne i lokalne ceste brojanje prometa izvršeno je od strane dvojice brojača i to u razdoblju od 7 do 9 sati u jutarnjem vršnom satu i od 15 do 17 sati u popodnevnom vršnom satu. Podaci o prometnom opterećenju na navedenom raskrižju biti će prikazani na Slikama 26,27,28 i 29. U prvom jutarnjem vršnom satu državnom cestom D24 u smjeru Ludbrega i suprotno u smjeru Varaždinskih Toplica prolazi skoro identičan broj vozila,

dok lokalnom cestom prolazi oko 20 EJA što je prikazano na Slici 26.



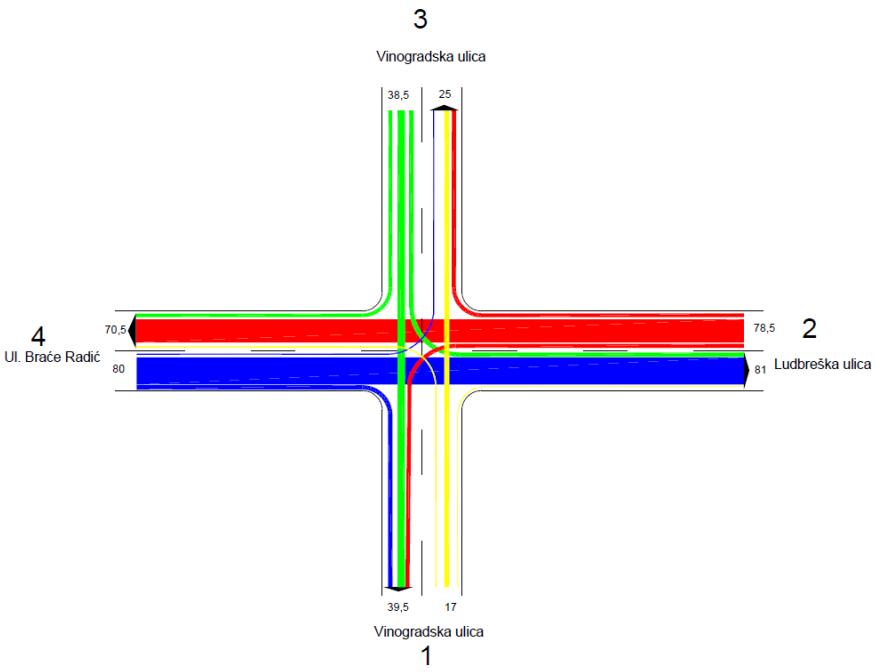
Slika 26. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 2" od 7 do 8 sati

U drugom jutarnjem vršnom satu državnom cestom D24 prolazi veći broj vozila u smjeru Varaždinskih toplica, dok u smjeru Ludbrega prolazi manji broj vozila za oko 20 EJA. Prometno opterećenje lokalne ceste tj. Vinogradske ulice slično je kao i u razdoblju od 7 do 8 sati.



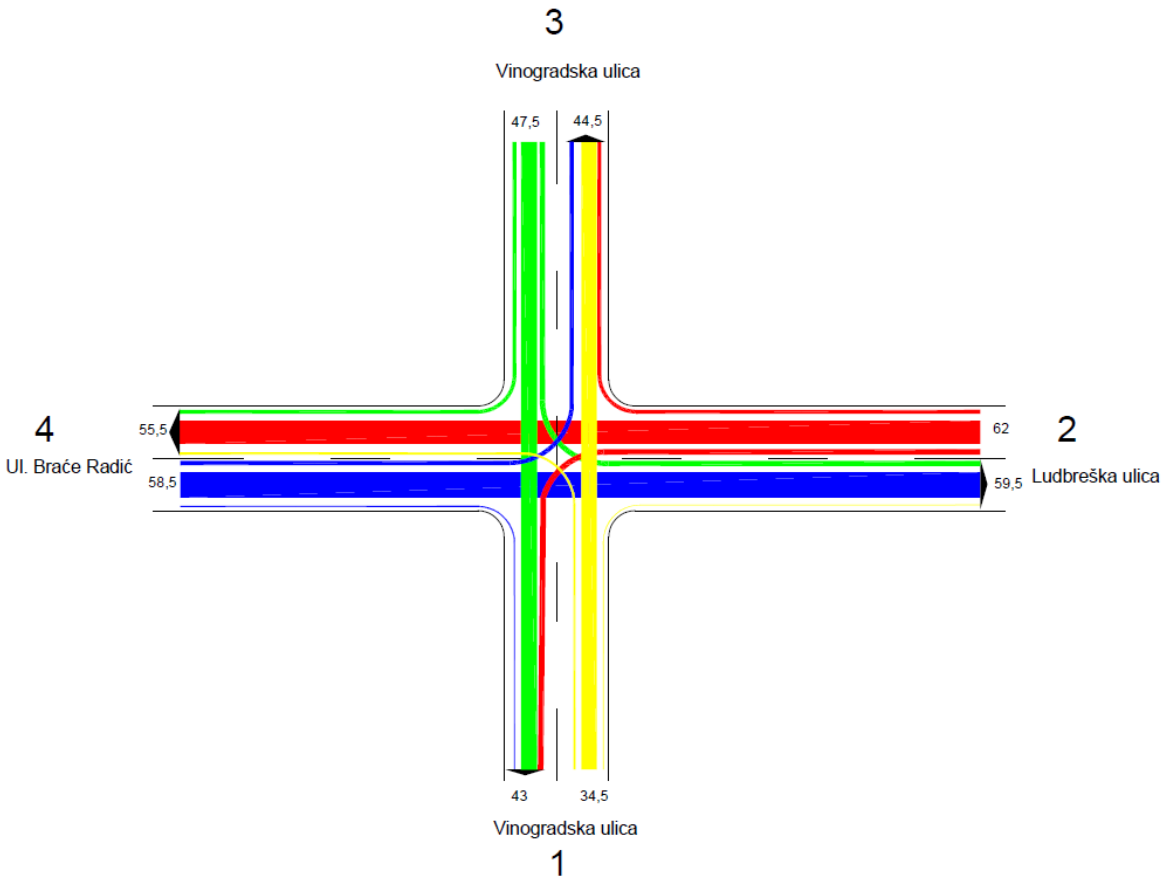
Slika 27. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 2" od 8 do 9 sati

Što se tiče popodnevnih vršnih satova od 15 do 17 sati prometna opterećenja biti će prikazana na Slici 28 i 29. U prvom popodnevnom vršnom satu državnom cestom u smjeru Ludbrega prolazi 81 EJA, dok u smjeru V. Toplica njih 70,5. Vidljivo je da u popodnevnom vršnom satu broj vozila sa sporedne ulice odnosno lokalne ceste dolazi do brojke od 40 EJA te se približava polovici vrijednosti na državnoj cesti.



Slika 28. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 2" od 15 do 16 sati

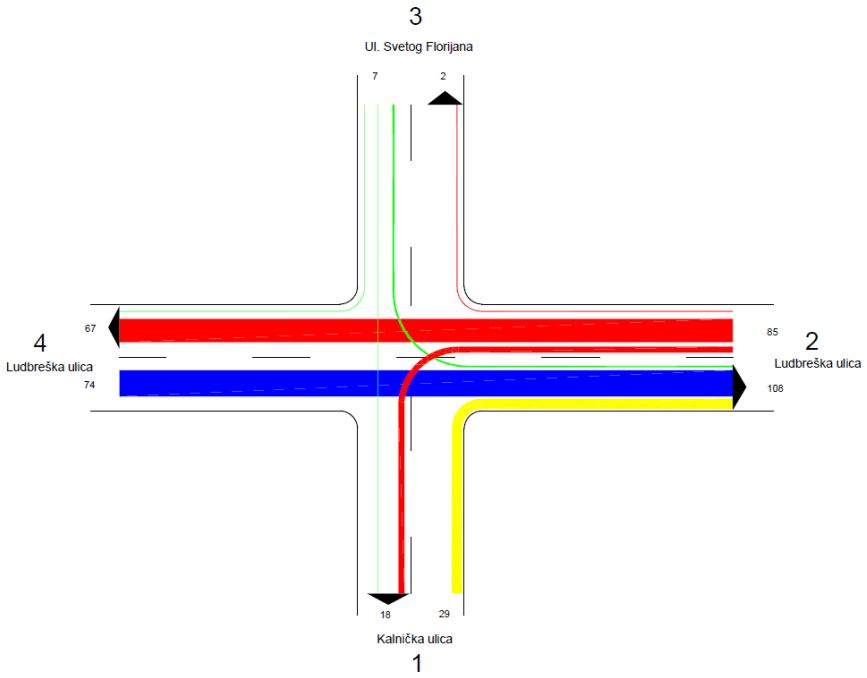
Drugi vršni sat popodnevnog brojanja donosi sam slično prometno opterećenje i na državnoj cesti i na lokalnoj cesti. Državnom cestom D24 u smjeru Ludbrega prolazi 59,5 EJA, dok u suprotnom smjeru 55,5 EJA. Lokalnom cestom iz smjera 3 ulazi i izlazi oko 45 EJA dok iz i u smjer 1 izlazi odnosno ulazi oko 40 EJA što je prikazano na Slici 29. Takvo prometno opterećenje nam ukazuje na konstantno ometanje vozila koja prolaze državnom cestom D24 jer prometno opterećenje lokalne ceste ukazuje na konstantan konflikt vozila državne i lokalne ceste.



Slika 29. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 2" od 16 do 17 sati

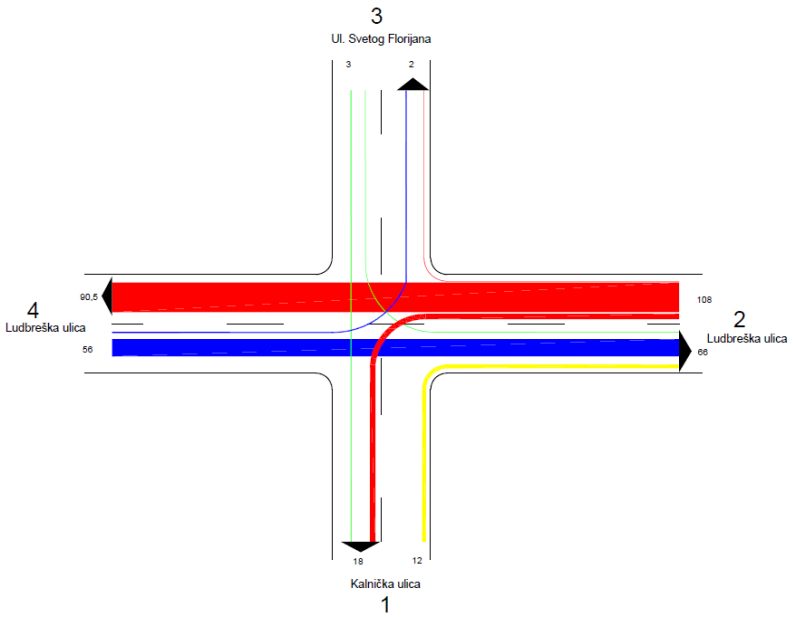
4.3. Analiza podataka brojanja prometa na „Lokaciji 3“

Na „Lokaciji 3“ u svrhu analiza brojanja prometa angažiran je jedan brojač koji je brojao vozila sa nerazvrstanih cesta odnosno sa Ulice Svetog Florijana i Kalničke ulice. Broj vozila nije pretjerano velik te se kreće do 30 EJA. U prvom jutarnjem vršnom satu treba spomenuti da zapažen broj vozila skreće desno iz Kalničke ulice što je prikazano na Slici 30.



Slika 30. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 3" od 7 do 8 sati

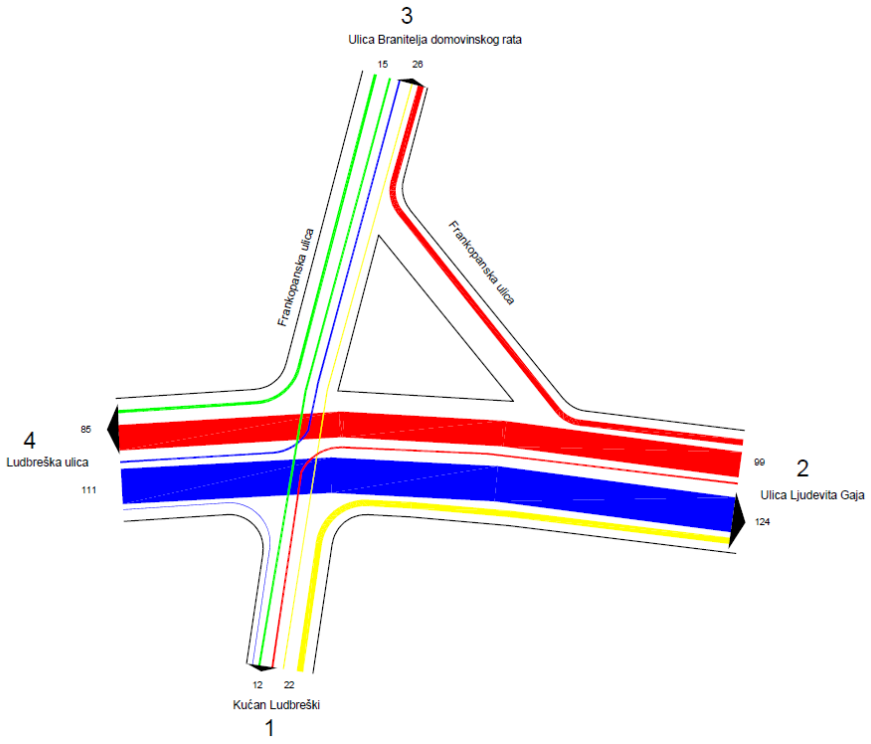
U drugom jutarnjem vršnom satu prometno opterećenje na nerazvrstanim cestama je još i manji nego u prvom jutarnjem satu te se broj vozila kreće do oko 20 EJA. Prikaz prometnog opterećenja je na Slici 31.



Slika 31. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 3" od 8 do 9 sati

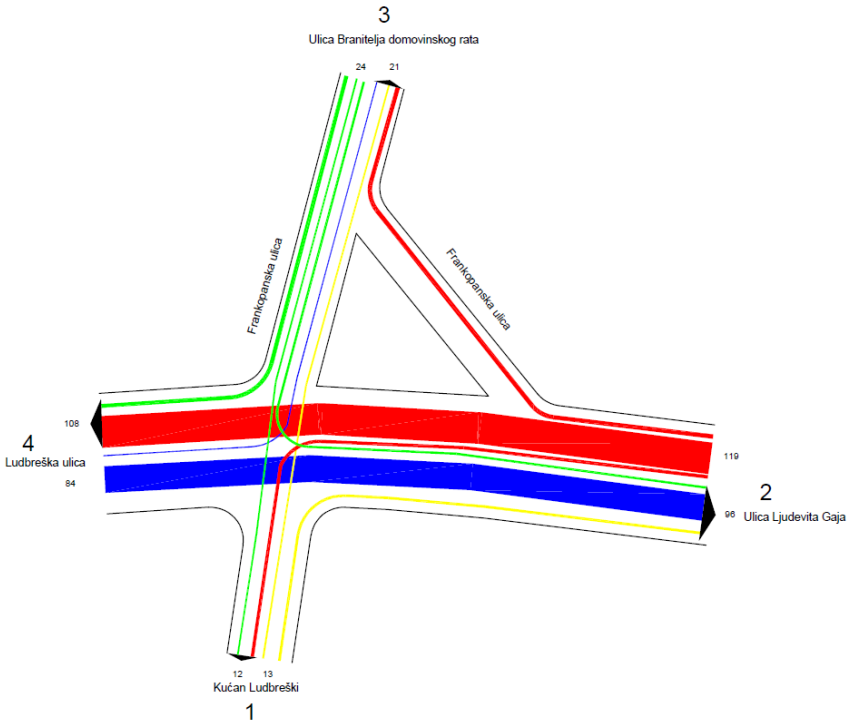
4.4. Analiza podataka brojanja prometa na „Lokaciji 4“

Zadnja lokacija brojanja je raskrižje državne ceste D24 i lokalnih cesta sa sjeverne i južne strane. Za potrebe analiza brojanja prometa angažirana su tri brojača na ovoj lokaciji. U prvom satu brojanja vozila vidljivo je da sa sporednih ulica nema većeg priljeva vozila, odnosno maksimalan broj vozila je iz ulice Kućan Ludbreški koji skreću u Ulicu Ljudevita Gaja i to njih 19 EJA. Što se tiče državne ceste D24 treba spomenuti da iz smjera Ludbrega (2) prema Varaždinskim Toplicama (4) odlazi 99 EJA od kojih njih 18 skreće u Frankopansku ulicu (3). Prometna opterećenja za prvi sat brojanja prometa na spomenutoj lokaciji prikazana su na Slici 32.



Slika 32. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 4" od 7 do 8 sati

U drugom satu brojanja vozila na „Lokaciji 4“ treba spomenuti da veći broj vozila na državnoj cesti D24 iz smjera 2 odnosno smjera Ludbrega ide prema smjeru 4, odnosno da manje vozila prolazi u suprotnom smjeru nego u prvom satu brojanja prometa. Što se tiče sporednih ulica nema većeg priljeva vozila. Prometno opterećenje za navedenu lokaciju u vremenskom periodu od 8 do 9 sati prikazano je na Slici 33.



Slika 33. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 4" od 8 do 9 sati

5. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA PROJEKTNIH ELEMENATA RASKRIŽJA NA DIONICI CESTE

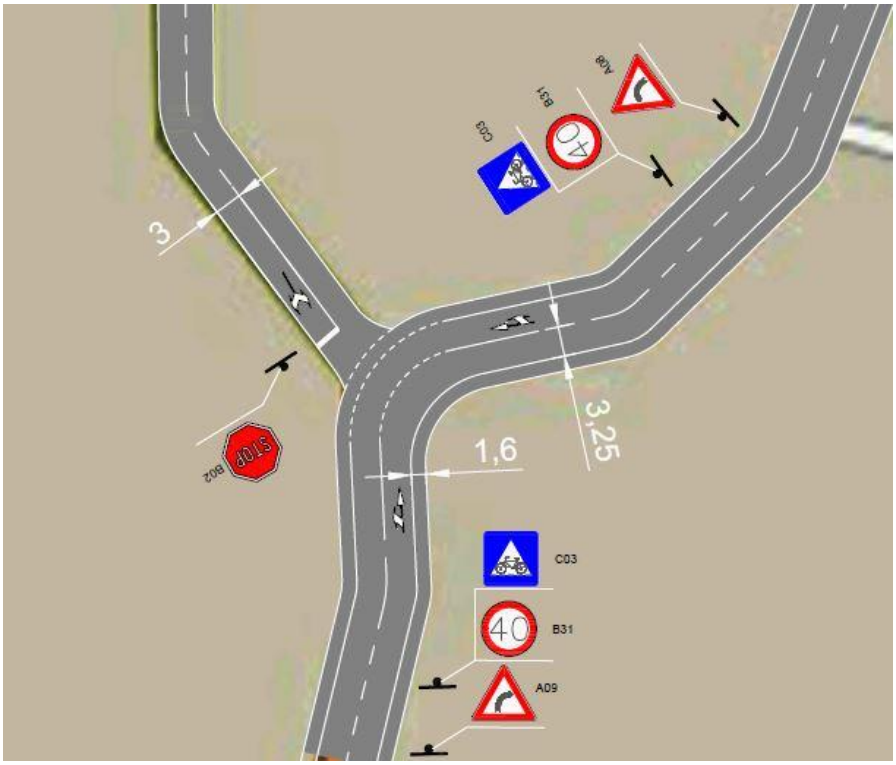
U ovom poglavlju osvrnut će se na analizu postojećeg stanja same dionice ceste i raskrižja koja se nalaze na navedenoj dionici te će se dati prijedlozi poboljšanja projektnih elemenata raskrižja i dionice državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega.

5.1. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na „Raskrižju 1“

Analizom postojećeg stanja uočeni su problemi na navedenom raskrižju kao što su nedostatak vertikalne signalizacije, nedovoljna širina prometnih traka, nepregledno raskrižje itd. Kao prijedlog za rješavanje tih problema na križanju državne i županijske ceste predlaže se sljedeće:

- proširenje prometnih traka državne ceste na 3,25 m za svaki smjer vožnje te dodavanje biciklističke trake od 1,60 m
- utvrđivanje bankine na državnoj cesti po uzoru na poprečni presjek dionice državne ceste D24 prikazan u poglavlju 5.5. i proširenje prometnih traka na 3,0 m
- postavljanje zrcala za povećavanje preglednosti vozilima koja se uključuju sa županijske ceste na državnu cestu
- postavljanje odgovarajuće vertikalne i horizontalne signalizacije na županijskoj i državnoj cesti

Prijedlozi poboljšanja prikazani su na Slici 34.



Slika 34. Prijedlog projektnih elemena na "Raskrižju 1"

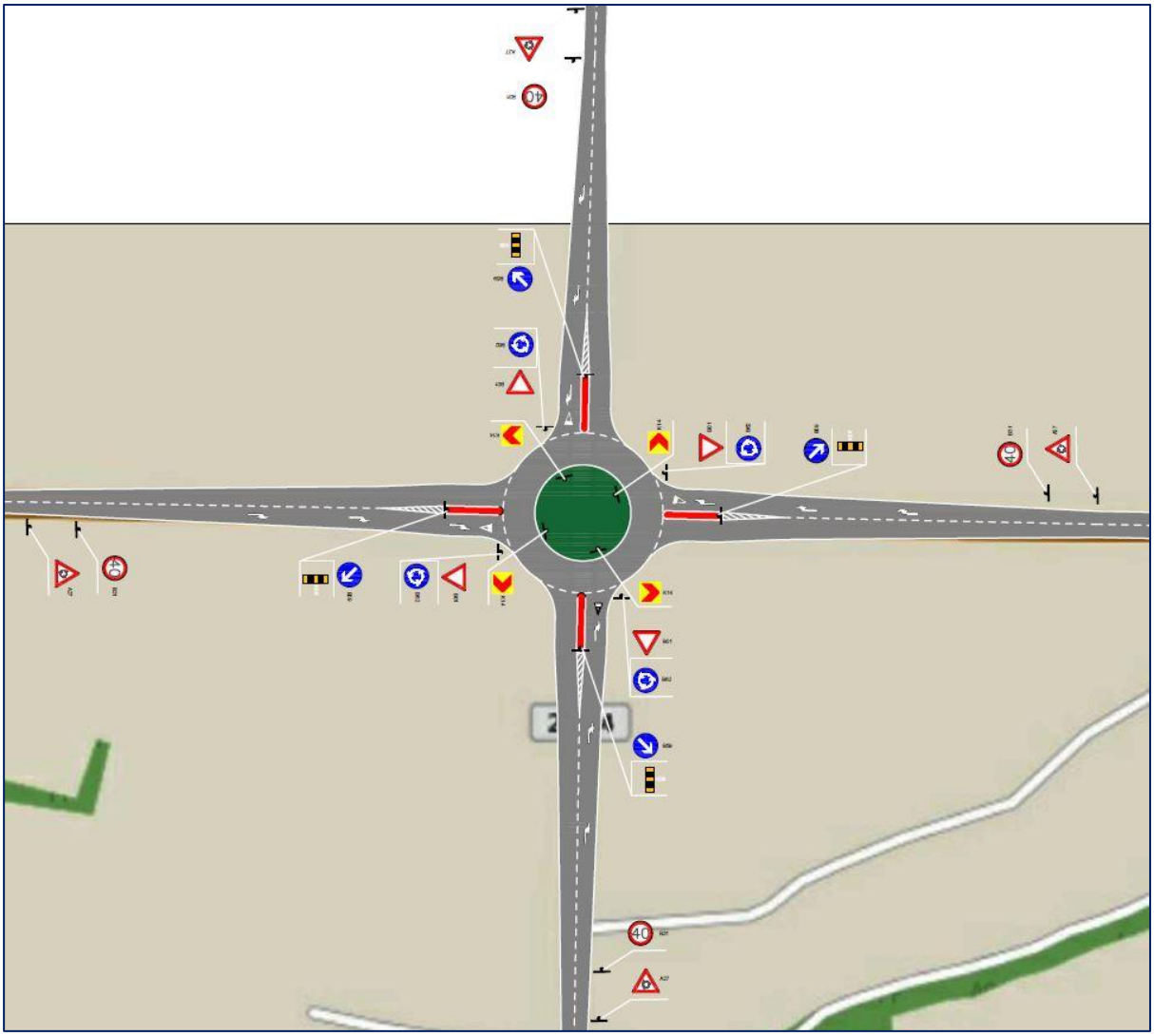
5.2. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na „Raskrižju 2“

Raskrižje državne ceste D24 i lokalne ceste 25094 je „crna točka“ dionice ceste od Slanja do Ludbrega kao što je već prije navedeno. Iz tog razloga, ali i mnogih drugih ovo raskrižje je ključno za rješavanje problema sigurnosti i protočnosti vozila na spomenutoj dionici ceste. Analizom postojećeg stanja uočili su se mnogi problemi koje treba riješiti poboljšanjem projektnih elemenata, pa su tako u svrhu povećanja sigurnosti i drugih prometno-tehničkih elemenata predložena dva prometna rješenja. Prijedlozi izgradnje raskrižja s kružnim tokom prometa i rekonstrukcija postojećeg četverokrakog raskrižja biti će prikazani u nastavku.

5.2.1. Prijedlog izgradnje raskrižja s kružnim tokom prometa

Zbog svih tih nedostataka koji su navedeni u analizi postojećeg stanja najpovoljnije rješenje bi bila izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa. Taj prijedlog rješenja ovog raskrižja može se smatrati i kao najučinkovitiji iz razloga što je već bilo prijedloga iz Hrvatskih cesta da se na spomenutom raskrižju izgradi kružni tok. Na taj način bi se znatno povećala sigurnost odvijanja prometa, riješio bi se i jedan od najvećih problema raskrižja, ulazak u

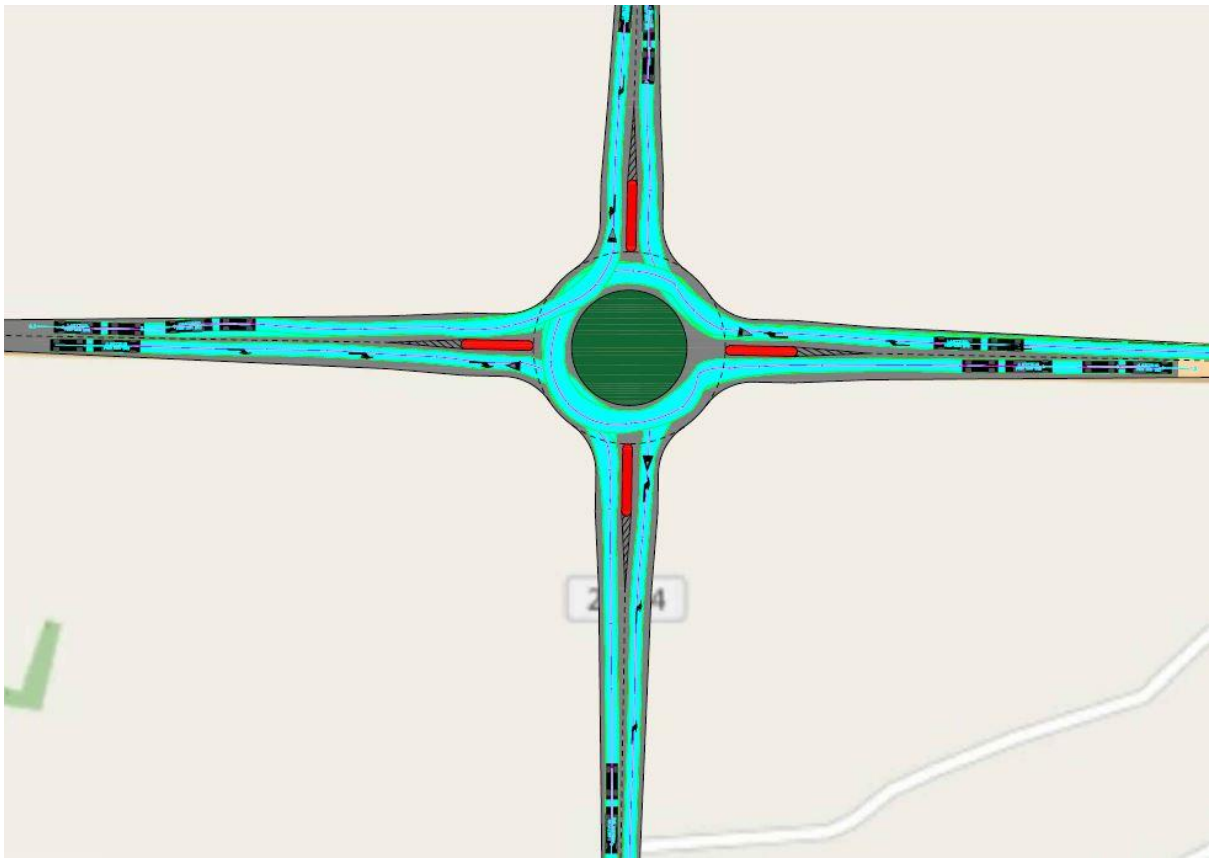
raskrižje velikom brzinom, te time smanjio broj prometnih nesreća i njihove posljedice. Iz analize podataka o brojanju prometa na raskrižju vidi se da je zadovoljen jedan od najvažnijih zahtjeva za pristupanje izgradnji raskrižja s kružnim tokom prometa, približno jednako opterećenje na svim privozima.



Slika 35. Prijedlog izgradnje raskrižja s kružnim tokom prometa

Na Slici 35. prikazano je raskrižje s kružnim tokom prometa i odgovarajućom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Vanjski polumjer raskrižja iznosi 20 m, dok polumjer središnjeg otoka iznosi 12 m. Kolnik u kružnom dijelu otoka izveden je s jednom prometnim trakom te je njegova širina 8 m, što je više od minimalne širine koja iznosi 5,5 m. Širine prilaznih i odlaznih trakova na svim privozima iznose 5,5 m. Ulazni radijusi u raskrižje kao i izlazni iznose 12 m. Razdjelni otoci su širine 2,0 m i duljine 15 m. Detaljan prikaz raskrižja s kružnim tokom prometa nalazi se u „PRILOGU 1“.

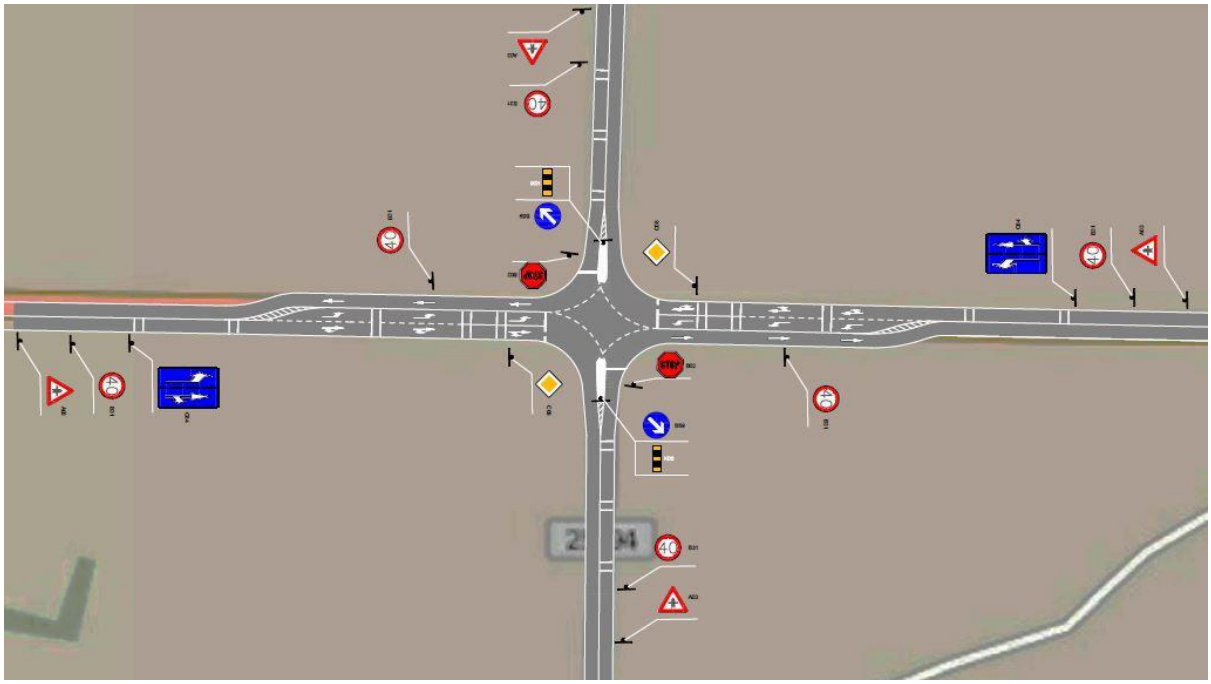
Slika 36. prikazuje provjeru trajektorija kružnog raskrižja pomoću programskog alata AutoTURN. Kod provjere trajektorije uzet je kamion s poluprikolicom Lastzug duljine 18,71 m. Iz slike je vidljivo da kamion s poluprikolicom može proći kroz raskrižje i s glavnih i sporednih privoza čime je zadovoljena provoznost kružnog raskrižja.



Slika 36. Raskrižje s kružnim tokom prometa u programskom alatu AutoTURN

5.2.2. Prijedlog rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja

Drugi prijedlog za poboljšanje postojećeg stanja je rekonstrukcija četverokrakog raskrižja. Naime, u analizi postojećeg stanja uočeni su problemi te bi se rekonstrukcijom odnosno dodavanjem odgovarajuće horizontalne i vertikalne signalizacije i dodavanjem dodatnih trakova za skretanja omogućio puno sigurniji i učinkovitiji promet na navedenom spornom raskrižju.



Slika 37. Prijedlog rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja

Na Slici 37. prikazan je prijedlog rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja. Na državnoj cesti D24 tj. na glavnim privozima dodana je traka za lijeve skretače širine 3,25 m, te traka za ravno i desno skretanje koja je također širine 3,25 m. Kaplje za odvajanje lijevih skretača izvedene su tako da je ulazni radijus 15 stupnjeva, dok je izlazni 30 stupnjeva. Prvenstveno je ovo izvedeno na taj način da se vozačima skrene pozornost na blagi lijevi zavoj kada napuštaju raskrižje da ne mogu više postizati velike brzine. Također je vidljivo da nakon prolaska vozila imaju ograničenje na 40 km/h. Na glavnom privozu postavljenje su i zvučne trake za upozoravanje vozača, koje pri prijelazu vozila proizvode tihe vibracije i upozoravaju vozače da smanje brzinu kretanja vozila. Trake su izvedene u paru na udaljenosti od 2,0 m, širine 0,3 m na međusobnom razmaku ovisno o brzini, tj. približavanjem raskrižju udaljenost traka za usporavanje se smanjuje. Radijusi za skretanje u desno iznose 12 m iz razloga kretanja teretnih vozila na toj dionici ceste. Što se tiče sporednih privoza širine prometnih traka iznose 3,25 m. Razdjelni otoci na sporednom privozu su širine 2,0 m i duljine 10,0 m. Također na sporednom privozu u svrhu smirivanja prometa predviđeno je postavljanje vibracijskih traka koje proizvode jače vibracije i zvučne efetke i time upozoravaju vozače da smanje brzinu. Trake su položene u paru na međusobnoj udaljenosti od 2,0 m, širine 0,3 m i na udaljenosti od po 14 m od početka sporednog privoza. Detaljan prikaz rekonstrukcije četverokrakog raskrižja nalazi se u „PRILOGU 2“.



Slika 38. Četverokrako raskrižju u programskom alatu AutoTURN

Kao i za raskrižje s kružnim tokom prometa tako i za rekonstrukciju četverokrakog raskrižja izvršena je provjera trajektorije u programskom alatu AutoTURN. Kod provjere trajektorija uzet je kamion Grober – Lkw duljine 10,10 m. Iz priložene slike vidljivo je da kamion može proći i s glavnog i sa sporednog privoza čime je zadovoljena provoznost četverokrakog raskrižja.

5.3. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na „Raskrižju 3“

Analizom postojećeg stanja uočeni su problemi na navedenom raskrižju kao što su nedostatak vertikalne signalizacije, nedovoljna širina prometnih traka, neutvrđena bankina itd. Kao prijedlog za rješavanje tih problema na predmetnom raskrižju predlaže se sljedeće:

- proširenje prometnih traka državne ceste na 3,25 m za svaki smjer vožnje te dodavanje biciklističke trake širine 1,60 m
- utvrđivanje bankine na državnoj cesti po uzoru na poprečni presjek dionice državne ceste D24 u poglavlju 5.5.
- postavljanje odgovarajuće vertikalne i horizontalne signalizacije na glavnom i sporednom pravcu
- povećavanje radijusa skretanja za vozila sa sporednog privoza

Prijedlozi poboljšanja za „Raskrižje 3“ prikazani su na Slici. 39.



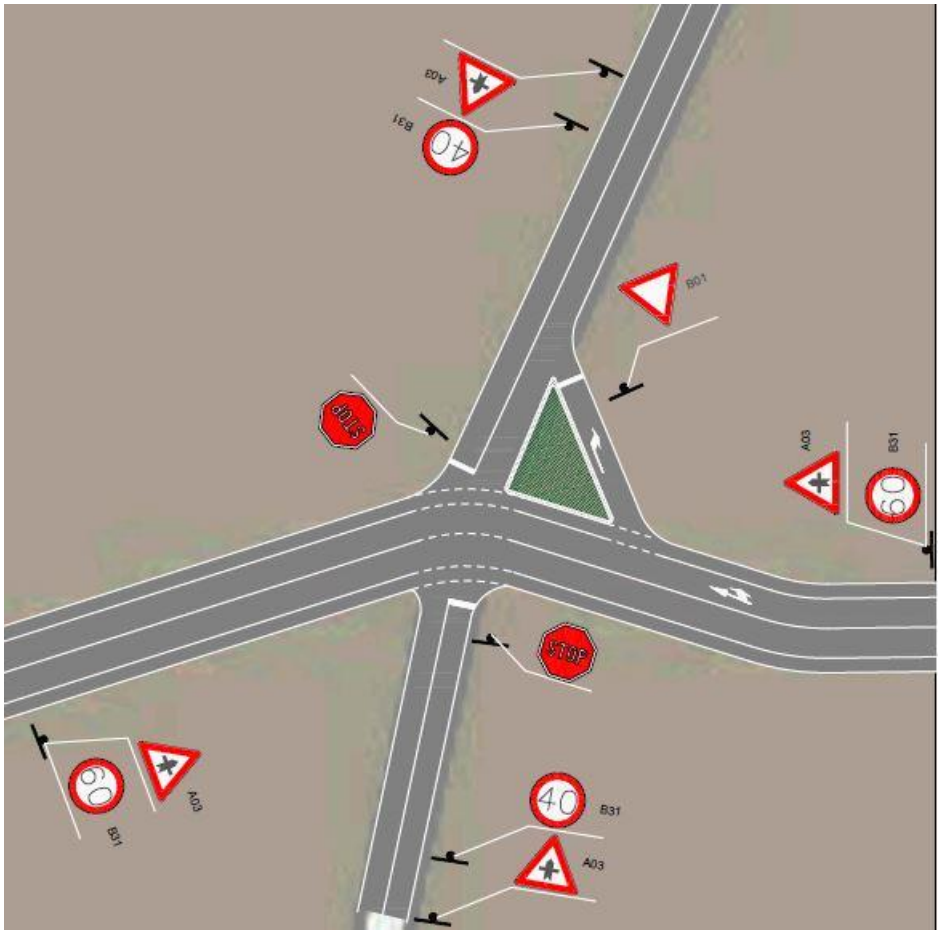
Slika 39. Prijedlog projektnih elemena na "Raskrižju 3"

5.4. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na „Raskrižju 4“

Posljednje analizirano raskrižje na dionici državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega je i najmanje problematično. Naime, ulica Ljudevita Gaja je u potpunosti rekonstruirana što je prikazano u analizi postojećeg stanja, a za ostale probleme predlaže se slijedeće:

- proširenje prometnih traka državne ceste u Ludbreškoj ulici na 3,25 m za svaki smjer vožnje te dodavanje biciklističke trake od 1,60 m
- utvrđivanje bankine na državnoj cesti po uzoru na poprečni presjek dionice državne ceste D24 u poglavlju 5.5.
- postavljanje odgovarajuće vertikalne i horizontalne signalizacije na glavnom i sporednom pravcu
- u sporednoj ulici dodavanje dvije prometne trake da se omogući lakše mimoilaženje vozila

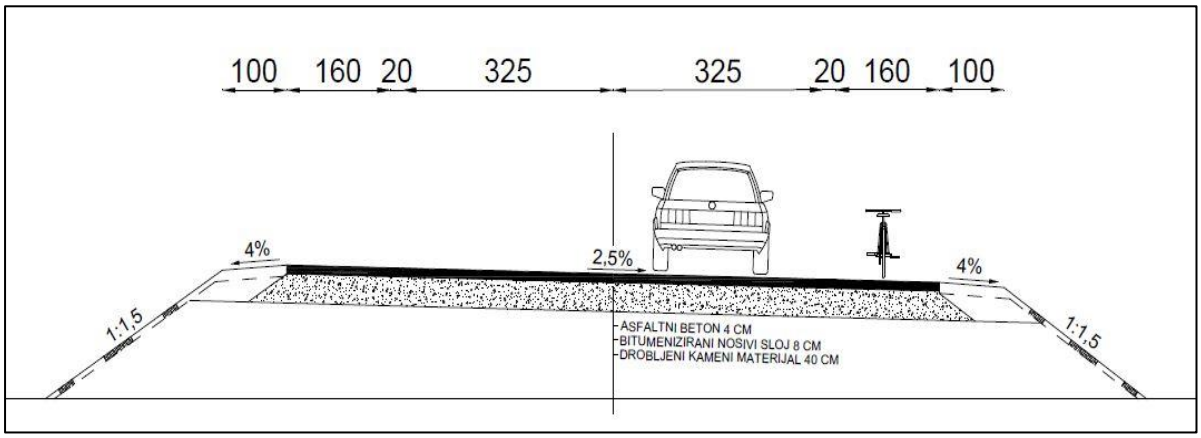
Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata na „Raskrižju 4“ prikazan je na Slici 40.



Slika 40. Prijedlog projektnih elemena na "Raskrižju 4"

5.5. Prijedlog poboljšanja projektnih elemenata dionice ceste D24 od Slanja do Ludbrega

Analizom postojećeg stanja utvrđeno je da dionica državne ceste D24 ne udovoljava zahtjevima kategorije same ceste, te svojim prometno-tehničkim elementima ugrožava sigurnost i protočnost svih sudionika u prometu. Problemi koji se najviše ističu na dionici su širine prometnih traka koje su na cijeloj dionici 2,75 m, neutvrđena bankina i nepostojanje biciklističke trake. Iz tih razloga predlaže se rekonstrukcija dionice ceste po uzoru na normalni poprečni presjek koji je prikazan na Slici 41.



Slika 41. Normalni poprečni presjek dionice državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega

Prijedlog rekonstrukcije državne ceste obuhvaća izgradnju dviju prometnih traka od 3,25 m, rubni trak od 0,2 m te izgradnju biciklističkih traka od 1,6 m i utvrditi bankine od po 1,0 m sa svake strane. Poprečni nagib kolnika iznosi 2,5 %, dok su bankine u nagibu od 4 %.

6. SIMULACIJA I EVALUACIJA VARIJANTNIH PRIJEDLOGA POBOLJŠANJA POSTOJEĆEG STANJA

U ovome radu u svrhu simulacije i evaluacije varijantnih prijedloga poboljšanja postojećeg stanja koristila su se dva simulacijska alata i to PTV Vissim i Sidra Intersection. PTV Vissim je mikroskopski simulacijski alat za modeliranje gradske prometne mreže i operacija javnoga gradskoga prijevoza te tokova pješaka. Za razliku od ostalih simulacijskih alata koji koriste konstantne brzine vozila i determinističku logiku slijeđenja, PTV Vissim koristi psihofizički model ponašanja vozača kojeg je razvio Rainer Wiedemann 1974. godine na Sveučilištu u Karlsruheu [8]. Pomoću mikrosimulacijskih modela Vissima-a mogu se simulirati sve vrste prometnih površina (autoceste, lokalne ceste, brze ceste, biciklističke staze, raskrižja itd.), sve vrste prometa (motorizirani i nemotorizirani) i javni promet (autobusi, tramvaji, podzemna željeznica i sl.) [9]. Prikaz simulacije u PTV Vissimu je na Slici 42.



Slika 42. Prikaz simulacije u PTV Vissimu

Dr. Rahmi Akçelik australski prometni stručnjak je osnovao originalnu verziju Sidra Intersection u periodu između 1975. – 1979. godine. SIDRA INTERSECTION je napredni mikro analitički računalni alat namijenjen za analizu alternativnih oblika raskrižja u pogledu propusne moći, razine usluge i ostalih prometnih parametara kao što su vrijeme kašnjenja, duljina repa čekanja, kretanje i zaustavljanje vozila i pješaka na raskrižju i slično. [12]

6.1. Simulacija i evaluacija postojećeg stanja „Raskrižja 2“ na dionici državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega

U mikrosimulacijskom alatu PTV Vissim i u Sidri Intersection izrađena je simulacija postojećeg stanja raskrižja državne ceste D24 i lokalne ceste 25094 odnosno Ulice braće Radić, Ludbreške ulice i Vinogradske ulice. U analizi postojećeg stanja analizirano je predmetno raskrižje te je uočeno niz nedostataka od kojih su najveći: nedovoljna širina prometnih traka, prevelike brzine kretanja na svim privozima, nedovoljna preglednost. Uz analizu izvršeno je i brojanje prometa i kao rezultat je relativno malo prometno opterećenje što najviše utječe na sigurnost jer se vozila kreću velikim brzinama i ne dobivaju dojam da se približavaju opasnom raskrižju. Rezultati simulacije postojećeg stanja biti će prikazani u slijedećim tabličnim prikazima.

Tablica 3. Prikaz rezultata simulacije postojećeg stanja u programskom alatu PTV Vissim

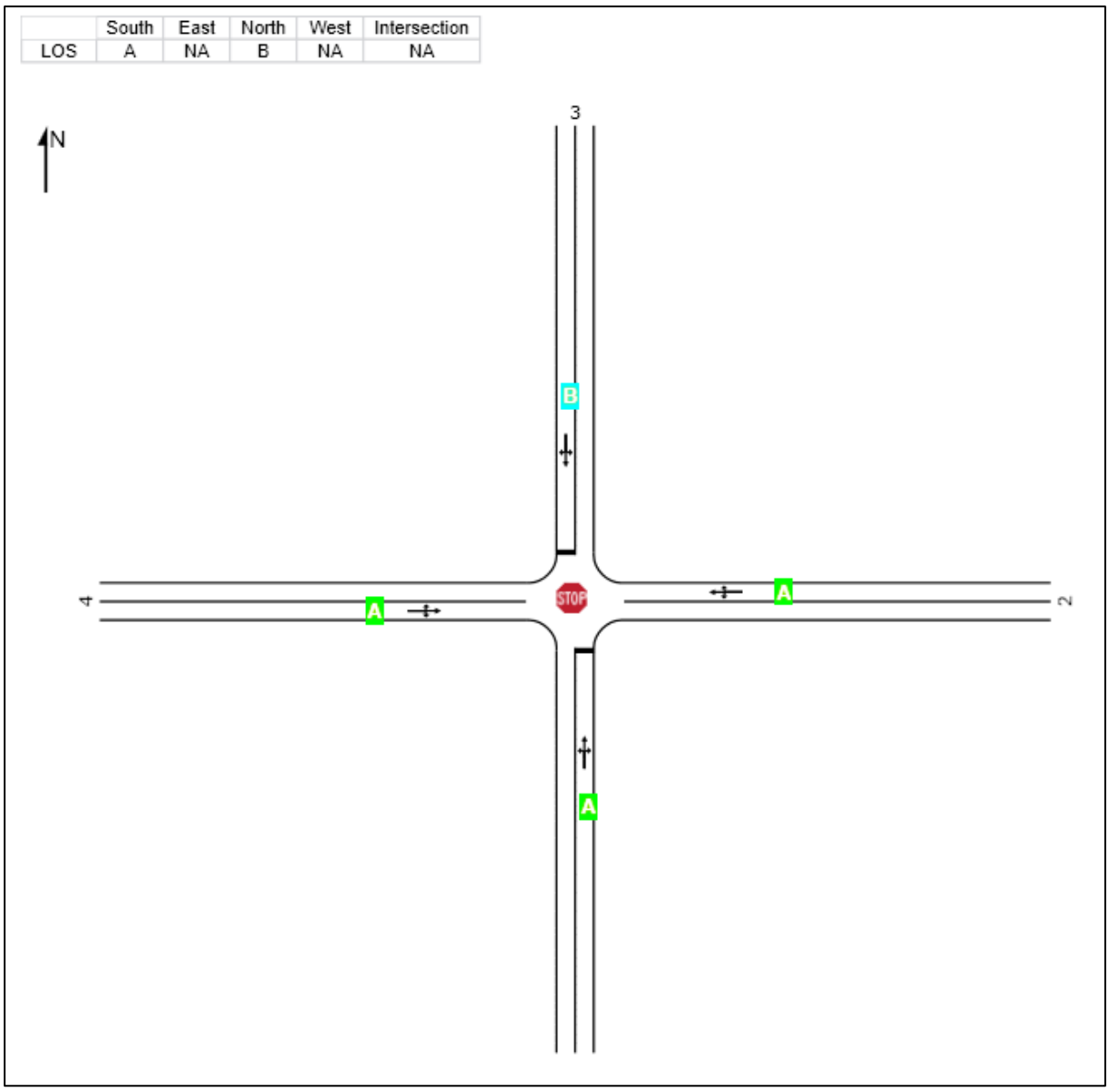
SMJER	BROJ VOZILA	VRIJEME KAŠNJENJA	RAZINA USLUGE	EMISIJA CO [PPM]	POTROŠNJA GORIVA [GALLON]
Ulica braće Radić-ulaz - Ludbreška ulica izlaz	61	0,08	A	25.772	0.369
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	7	0	A	2.311	0.033
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	2	0	A	0.659	0.009
Ludbreška ulica - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	49	0,03	A	21.726	0.311
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	5	0	A	1.550	0.022
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	8	0,06	A	2.660	0.038
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	6	0	A	1.927	0.028
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ludbreška ulica - izlaz	9	0,21	A	2.773	0.040
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	31	0,32	A	7.186	0.103
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	3	0	A	1.033	0.015
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ludbreška ulica izlaz	0	0	A	0.000	0.000
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	32	0,2	A	7.470	0.107

Iz Tablice 3. vidljivo je da sva vozila mogu normalno proći raskrižjem bez određenih problema uz određenu potrošnju goriva i zagađenje okoliša. Ovakva situacija je i realna jer na predmetnom raskrižju nije problem velikog prometnog opterećenja nego isključivo brzina kretanja kojom vozila prilaze raskrižju i ugrožavaju sigurnost.

Tablica 4. Prikaz rezultata simulacije postojećeg stanja u programskom alatu Sidra Intersection

SMJER	BROJ VOZILA	STUPANJ ZASIĆENJA	PROSJEČNA BRZINA KRETANJA (KM/H)
Ulica braće Radić-ulaz - Ludbreška ulica izlaz	53	0,04	67,8
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	9	0,04	60,5
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	2	0,04	61,3
Ludbreška ulica - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	49	0,042	67,0
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	8	0,042	60,6
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	11	0,042	59,9
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	8	0,069	45,4
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ludbreška ulica - izlaz	11	0,069	45,4
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	34	0,069	45,2
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	5	0,054	50,4
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ludbreška ulica izlaz	1	0,054	51,0
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	33	0,054	50,8

Simulacija postojećeg stanja u programskom alatu Sidra Intersection prikazana je u Tablici 4. Također i kod ove simulacije sva vozila mogu bez ikakvih problema proći analizirano raskrižje ali uz dosta velike brzine što je vidljivo iz tabličnog prikaza. Ovaj podatak odgovara realnoj situaciji što ugrožava sigurnost svih sudionika u prometu.



Slika 43. Prikaz razine usluge za postojeće stanje u programskom alatu Sidra Intersection

Na Slici 43. prikazana je razina usluge u programskom alatu Sidra Intersection te je vidljivo da iz svih smjerova skoro idealna situacija što se tiče protočnosti vozila, jedino je iz Vinogradske ulice razina usluge B.

6.2. Simulacija i evaluacija prijedloga rekonstrukcija postojećeg četverokrakog raskrižja

U nastavku će biti prikazani rezultati simulacije u programskim alatima PTV Vissim i Sidra Intersection za prijedlog rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja iz poglavlja 5.2.2.

Tablica 5. Prikaz rezultata simulacije prijedloga rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja u programskom alatu PTV Vissim

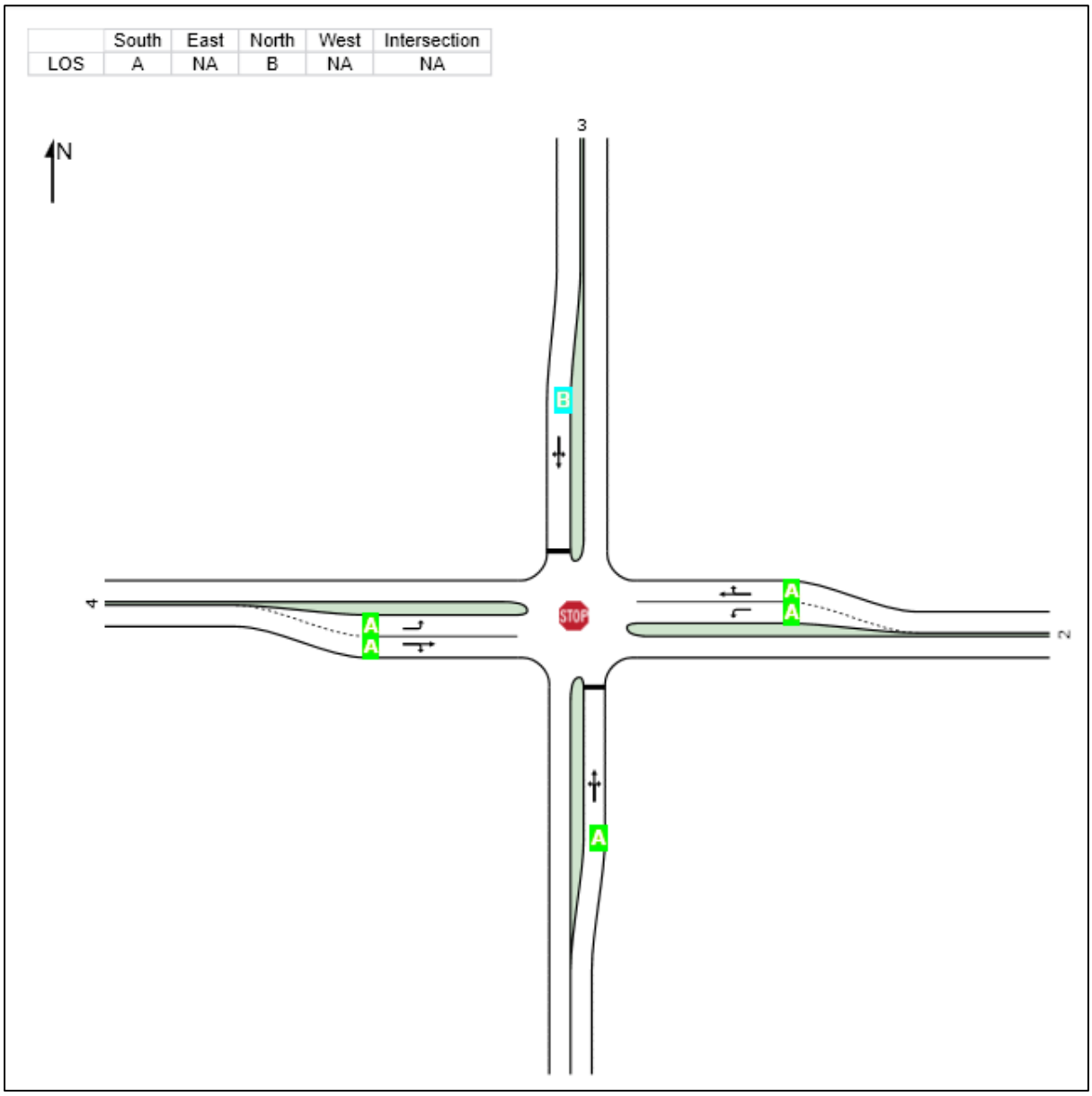
SMJER	BROJ VOZILA	VRIJEME KAŠNJENJA	RAZINA USLUGE	EMISIJA CO [PPM]	POTROŠNJA GORIVA [GALLON]
Ulica braće Radić-ulaz - Ludbreška ulica izlaz	61	0,083	A	21,358	0,306
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	7	0,057	A	3,704	0,053
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	2	0.119	A	0,547	0,008
Ludbreška ulica - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	45	0,092	A	15,772	0,226
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	8	0,124	A	1,851	0,026
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	10	0,07	A	3,786	0,054
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	6	0,099	A	1,527	0,022
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ludbreška ulica - izlaz	9	0,083	A	2,332	0,033
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	31	0,068	A	6,455	0,092
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	4	0,04	A	1,196	0,017
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ludbreška ulica izlaz	1	0,082	A	0,264	0,004
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	34	0,044	A	6,887	0,099

Tablica 5. prikazuje podatke simulacije prijedloga rekonstrukcije raskrižja iz programskog alata PTV Vissim, te je vidljivo je da i dalje vozila normalno prolaze kroz promatrano raskrižje uz malo veće vrijeme kašnjenja ali to skoro da ni ne utječe na razinu usluge uz određenu potrošnju i zagađenje okoliša koje je manje nego kod postojećeg stanja.

Tablica 6. Prikaz rezultata simulacije rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja u programskom alatu Sidra Intersection

SMJER	BROJ VOZILA	STUPANJ ZASIĆENJA	PROSJEČNA BRZINA KRETANJA (KM/H)
Ulica braće Radić-ulaz - Ludbreška ulica izlaz	53	0,032	39,9
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	9	0,06	38,1
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	2	0,032	40,1
Ludbreška ulica - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	49	0,034	39,8
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	8	0,034	39,9
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	11	0,07	38,1
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	8	0,07	34,1
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ludbreška ulica - izlaz	11	0,07	34,0
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	34	0,07	34,0
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	5	0,054	37,0
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ludbreška ulica izlaz	1	0,054	37,1
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	33	0,054	37,0

Iz Tablice 6. vidljivi su podaci simulacije rekonstrukcije postojećeg stanja četverokrakog raskrižja gdje treba uočiti smanjenje prosječne brzine kretanja vozila, iz razloga postavljanja traka za smirivanje prometa te odgovarajuće horizontalne i vertikalne signalizacije koja upozorava vozače na opasno raskrižje.



Slika 44. Prikaz razine usluge za rekonstrukciju postojećeg stanja četverokrakog raskrižja u programskom alatu Sidra Intersection

Slika 44. prikazuje razinu usluge prijedloga rješenja za analizirano raskrižje te je vidljivo da razina usluge ostaje ista kao i kod postojećeg stanja. Ova situacija je također realna jer količina prometa na ovom raskrižju relativno mala.

6.3. Simulacija i evaluacija raskrižja s kružnim tokom prometa

U nastavku će biti prikazani rezultati simulacije u programskim alatima PTV Vissim i Sidra Intersection za prijedlog rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja iz poglavlja 5.2.1.

Tablica 7. Prikaz rezultata simulacije raskrižja s kružnim tokom prometa u programskom alatu PTV Vissim

SMJER	BROJ VOZILA	VRIJEME KAŠNJENJA	RAZINA USLUGE	EMISIJA CO [PPM]	POTROŠNJA GORIVA [GALLON]
Ulica braće Radić-ulaz - Ludbreška ulica izlaz	62	1,16	A	27.722	0.397
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	7	0,52	A	2.966	0.042
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	2	0,34	A	0.718	0.010
Ludbreška ulica - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	49	0,28	A	21.270	0.304
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	5	0,12	A	1.522	0.022
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	8	0,09	A	3.229	0.046
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	6	0,49	A	2.015	0.029
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ludbreška ulica - izlaz	9	1,83	A	3.648	0.052
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	31	0,87	A	9.793	0.140
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	2	0,72	A	0.882	0.013
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ludbreška ulica izlaz	9	0,63	A	3.032	0.043
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	24	1,11	A	7.845	0.112

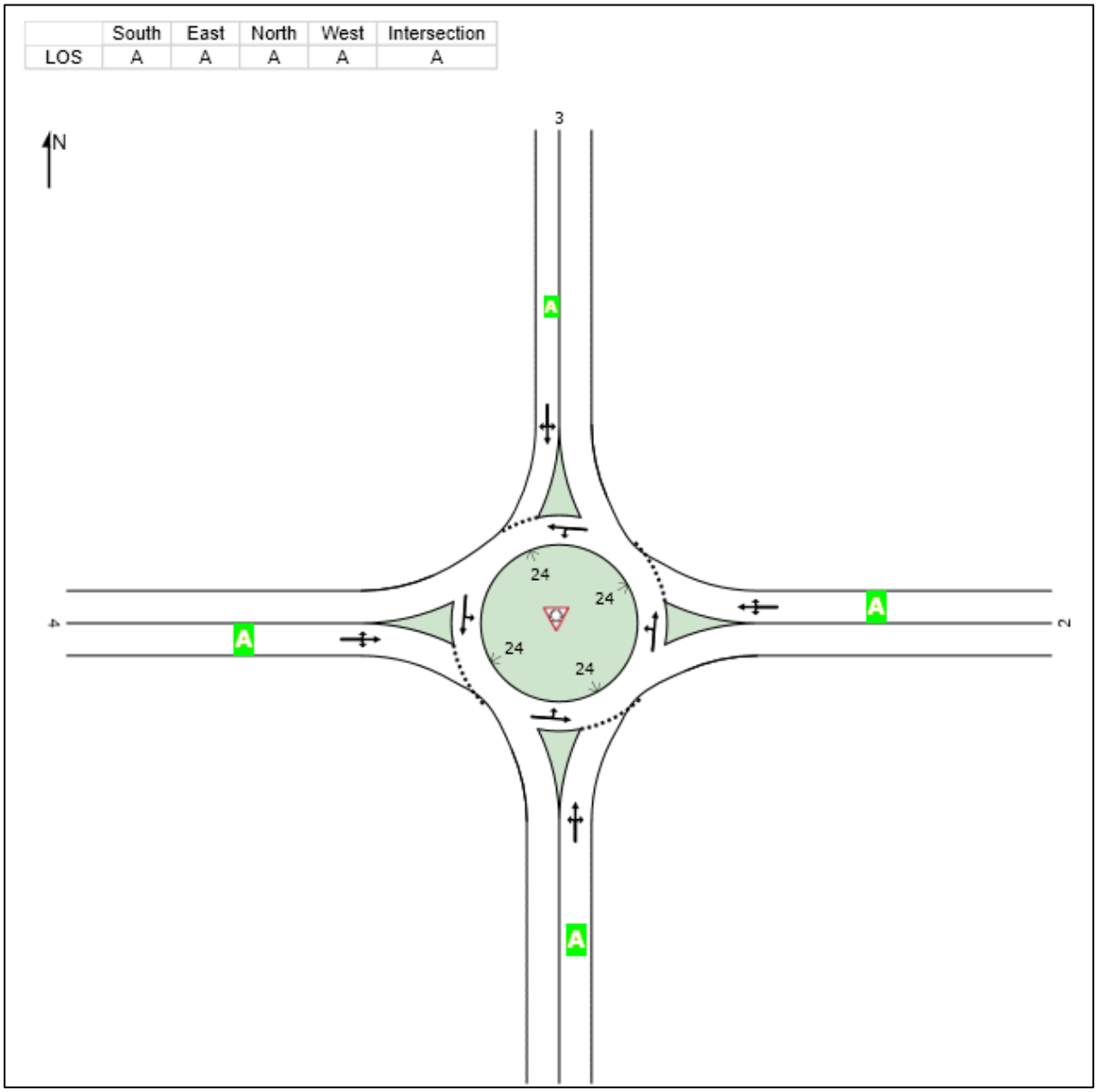
Tablica 7. prikazuje podatke simulacije prijedloga izgradnje raskrižja s kružnim tokom prometa iz programskog alata PTV Vissim, te je vidljivo da i dalje vozila normalno prolaze kroz promatrano raskrižje uz povećano vrijeme kašnjenja s obzirom na postojeće stanje, ali to skoro da ni ne utječe na razinu usluge. Također se može vidjeti povećanje potrošnje goriva i zagađenje okoliša u odnosu na postojeće stanje, ali to je i logičan slijed događanja jer se vozila duže zadržavaju na samom raskrižju i sa manjim brzinama prolaze spomenutu „crnu točku“.

Tablica 8. Prikaz rezultata simulacije raskrižja s kružnim tokom prometa u programskom alatu Sidra Intersection

SMJER	BROJ VOZILA	STUPANJ ZASIĆENJA	PROSJEČNA BRZINA KRETANJA (KM/H)
Ulica braće Radić-ulaz - Ludbreška ulica izlaz	53	0,066	39,0
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	9	0,066	39,5
Ulica braće Radić - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	2	0,066	38,1
Ludbreška ulica - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	49	0,069	38,9
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	8	0,069	38,0
Ludbreška ulica - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	11	0,069	39,4
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	8	0,055	38,0
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Ludbreška ulica - izlaz	11	0,055	39,4
Vinogradska ulica 3 - ulaz - Vinogradska ulica 1 - izlaz	34	0,055	38,9
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ulica braće Radič - izlaz	5	0,041	39,6
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Ludbreška ulica izlaz	1	0,041	38,2
Vinogradska ulica 1 - ulaz - Vinogradska ulica 3 - izlaz	33	0,041	39,1

Iz Tablice 8. vidljivi su podaci simulacije raskrižja s kružnim tokom prometa gdje treba uočiti smanjenje prosječne brzine kretanja vozila koja ne prelazi 40 km/h što je važan čimbenik

u povećanju sigurnosti samog opasnog mjesta. Protočnost je i dalje konstantno dobra, uz mali stupanj zasićenja koji ne utječe na smanjenje razine usluge.



Slika 45. Prikaz razine usluge za raskrižje s kružnim tokom prometa u programskom alatu Sidra Intersection

Slika 45. prikazuje razinu usluge za raskrižje s kružnim tokom prometa u programskom alatu Sidra Intersection, te se može zaključiti da količina prometa na analiziranom raskrižju nije uopće problem jer u svim simulacijama (postojeće stanje, četverokrako raskrižje, raskrižje s kružnim tokom prometa) razina usluge skoro pa idealna, nego je problem prvenstveno u smirivanju prometa i povećanju sigurnosti.

7. ZAKLJUČAK

Ubrzani razvoj života 21. stoljeća utjecao je i na razvoj cjelokupnog prometnog sustava, a posebice cestovnog prometa kao važnog elementa tog sustava. Unaprjeđenjem sektora prometne industrije vozila su svake godine tehnološki naprednija, dok nažalost prometna infrastruktura ne prati taj trend razvoja. Posljedica neujednačenog razvoja prometne industrije i infrastrukture je velik broj prometnih nesreća, koje uvelike smanjuju sigurnost prometa i svih sudionika u prometu.

U ovome radu napravljena je analiza projektnih elemenata raskrižja na dionici državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega s posebnim osvrtom na raskrižje Ulice braće Radić i Vinogradske ulice koje je proglašeno opasnim mjestom (tzv. crnom točkom) Varaždinske županije. Problem radi kojeg je predmetno raskrižje proglašeno opasnim mjestom je taj što su se u prvom polugodištu 2016. godine dogodile tri prometne nesreće, od koji su dvije bile s poginulim osobama. Analizom postojećeg stanja dobio se uvid u prometno-tehničke elemente raskrižja na dionici ceste te se ustvrdilo niz nedostataka, od kojih su najveći nedovoljna širina prometnih traka na državnoj cesti, nedovoljna preglednost i prevelike brzine kretanja. Uz prometno-tehničke, analizirali su se sigurnosni elementi tj. vrste i posljedice prometnih nesreća. Nakon analize postojećeg stanja izvršeno je brojanje prometa na raskrižjima promatrane dionice ceste da bi se dobili podaci o broju vozila i strukturi prometnog toka. Uzevši u obzir podatke o analizi postojećeg stanja i brojanja prometa uz sve navedene nedostatke predložene su mjere za poboljšanja projektnih elemenata raskrižja i same dionice državne ceste od Slanja do Ludbrega.

Mjere poboljšanja prometno-tehničkih i sigurnosnih elemenata raskrižja predložena su za četiri raskrižja na dionici državne ceste. Za prvo, treće i četvrto raskrižje predložene su relativno male rekonstrukcije u vidu proširenja prometnih traka, povećavanje preglednosti i postavljanje odgovarajuće vertikalne i horizontalne signalizacije. Raskrižje Ulice braće Radić i Vinogradske ulice je drugo po redu na državnoj cesti od Slanja do Ludbrega ali je iz već prije navedenih razloga najproblematičnije te su za ovo raskrižje predložena dva konkretna prijedloga poboljšanja projektnih elemenata. Prvi prijedlog je rekonstrukcija postojećeg četverokrakog raskrižja uz smirivanje prometa dodavanjem dodatnih traka za lijevo skretanje, uz postavljanje traka za smirivanje prometa na glavnom prometnom pravcu. Nadalje, dodavanje prometnih otoka na sporednom pravcu uz postavljenje vibracijskih traka također za

smirivanje prometne situacije. Također je potrebno proširiti prometne trake na svim privozima i postaviti odgovarajuću horizontalnu i vertikalnu signalizaciju. Drugi prijedlog nije rekonstrukcije nego izgradnja novog prometnog rješenja tj. izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa.

Simulacijom predloženih rješenja u programskim alatima PTV Vissim i Sidra Intersection dokazano da je razina usluge i dalje na najvećem mogućem nivou (razina usluge A) unatoč smirivanju prometa. Ovakva situacija je i logičan slijed događaja iz razloga što je prometno opterećenje na navedenoj dionici relativno malo, ali se predloženim rješenjima stanje sigurnosti znatno povećalo. Izbor optimalnog predloženog rješenja od kojih oba zadovoljavaju povećanje sigurnosti treba gledati sa dva aspekta. Naime, rekonstrukcija postojećeg stanja raskrižja s financijskog aspekta je puno isplativija nego raskrižje s kružnim tokom prometa jer nije potreban zakup zemljišta, dok je sa aspekta sigurnosti ipak raskrižje s kružnim tokom sigurnije za cjelokupan prometni sustav. S obzirom da je tematika ovog rada isključivo vezana uz povećanje razine sigurnosti na predmetnom raskrižju, kao optimalno rješenje izabrana je varijanta raskrižja s kružnim tokom prometa.

Literatura

[1] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta / Cestovne prometnice II, , Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb 2008.

[2] Zakon o cestama, „Narodne novine“, broj 92/14

[3] Zakon o sigurnosti prometa na cestama, „Narodne novine“, broj 67/08

[4] Pilko, H: Raskrižja s kružnim tokom prometa – Cestovne prometnice II, autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, akademska godina 2015./2016.

[5] *http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011_07_84_1790.html***,** 07.2016.

[6] *http://www.ss-tehnicka-prometna-st.skole.hr/upload/ss-tehnicka-prometna-st/images/static3/2417/File/PROMETNA%20INFRASTRUKTURA%201.pdf*, 08.2016.

[7] MUP HR – Policijska uprava varaždinska

[8] PTV Vissim 7 – USER MANUAL, 2015., Karlsruhe, Njemačka

[9] Šraml, M. i Jovanović, J. Mikrosimulacije u prometu (radni udžbenik s primjenom Vissima-a). Maribor: Fakultet za gradbeništvo; 2014.

[10] http://geoportal.dgu.hr/viewer/, 07.2016.

[11] https://www.google.hr/maps, 07.2016.

[12] SIDRA SOLUTIONS: SIDRA INTERSECTION User Guide, Akcelik & Associates Pty Ltd , Greythorn Victoria, Australia, 2012.

Popis slika

Slika 1. Prometne radnje u području raskrižja 7

Slika 2. Prikaz konfliktnih točaka 8

Slika 3. Raskrižje u razini (T priključak) 9

Slika 4. Zaustavna preglednost na sporednom privozu 10

Slika 5. Polje preglednosti kod približavanja 11

Slika 6. Privozna preglednost 12

Slika 7. Raskrižje s kružnim tokom prometa 13

Slika 8. Preglednost na ulazu ulijevo i pri ostalim prometnim radnjama 15

Slika 9. Čelna (zaustavna) preglednost, ovisnost o brzini 16

Slika 10. Preglednost ulijevo 17

Slika 11. Preglednost na kružnom kolniku 18

Slika 12. Preglednost do pješačkog prijelaza 19

Slika 13. Prikaz državne ceste 24 od Zaboka do Ludbrega 20

Slika 14. Prikaz analiziranih raskrižja na promatranoj dionici ceste od Slanja do Ludbrega 21

Slika 15. Elementi ceste 23

Slika 16. Prikaz "Raskrižja 1" 24

Slika 17. Prikaz "Raskrižja 2" 25

Slika 18. Prikaz problema na "Raskrižju 2" 26

Slika 19. Prikaz "Raskrižja 3" 27

Slika 20. Prikaz "Raskrižja 4" sa juga 27

Slika 21. Prikaz "Raskrižja 4" sa sjevera 28

Slika 22. Prikaz lokacija brojanja prometa 32

Slika 23. Brojački listić 33

Slika 24. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 1" od 7 do 8 sati 34

Slika 25. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 1" od 8 do 9 sati 35

Slika 26. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 2" od 7 do 8 sati 36

Slika 27. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 2" od 8 do 9 sati 37

Slika 28. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 2" od 15 do 16 sati 38

Slika 29. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 2" od 16 do 17 sati 39

Slika 30. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 3" od 7 do 8 sati 40

Slika 31. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 3" od 8 do 9 sati 40

Slika 32. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 4" od 7 do 8 sati 41

Slika 33. Prikaz prometnog opterećenja na "Lokaciji 4" od 8 do 9 sati 42

Slika 34. Prijedlog projektnih elemena na "Raskrižju 1" 44

Slika 35. Prijedlog izgradnje raskrižja s kružnim tokom prometa 45

Slika 36. Raskrižje s kružnim tokom prometa u programskom alatu AutoTURN 46

Slika 37. Prijedlog rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja 47

Slika 38. Četverokrako raskrižju u programskom alatu AutoTURN 48

Slika 39. Prijedlog projektnih elemena na "Raskrižju 3" 49

Slika 40. Prijedlog projektnih elemena na "Raskrižju 4" 50

Slika 41. Normalni poprečni presjek dionice državne ceste D24 od Slanja do Ludbrega 51

Slika 42. Prikaz simulacije u PTV Vissimu.....52

Slika 43. Prikaz razine usluge za postojeće stanje u programskom alatu Sidra Intersection...55

Slika 44. Prikaz razine usluge za rekonstrukciju postojećeg stanja četverokrakog raskrižja u programskom alatu Sidra Intersection 58

Slika 45. Prikaz razine usluge za raskrižje s kružnim tokom prometa u programskom alatu Sidra Intersection 61

Popis tablica

Tablica 1. Prikaz stručnih termina 4

Tablica 2. Opis stručnih termina 23

Tablica 3. Prikaz rezultata simulacije postojećeg stanja u programskom alatu PTV Vissim .. 53

Tablica 4. Prikaz rezultata simulacije postojećeg stanja u programskom alatu Sidra Intersection 54

Tablica 5. Prikaz rezultata simulacije prijedloga rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja u programskom alatu PTV Vissim 56

Tablica 6. Prikaz rezultata simulacije rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja u programskom alatu Sidra Intersection 57

Tablica 7. Prikaz rezultata simulacije raskrižja s kružnim tokom prometa u programskom alatu PTV Vissim 59

Tablica 8. Prikaz rezultata simulacije raskrižja s kružnim tokom prometa u programskom alatu Sidra Intersection 60

Popis grafikona

Grafikon 1. Podaci o posljedicama prometnih nesreća na dionici D24 od Slanja do Ludbrega 29

Grafikon 2. Podaci o vrsti prometnih nesreća na dionici D24 od Slanja do Ludbrega.....30

Grafikon 3. Podaci o posljedicama prometnih nesreća na raskrižju Ulice braće Radić i Vinogradske ulice 30

Grafikon 4. Podaci o vrsti prometnih nesreća na raskrižju Ulice braće Radić i Vinogradske ulice.....31

Popis priloga

Prilog 1. ……...72
Prilog 2. ……...74

Prilog 1.

(Prijedlog izgradnje raskrižja s kružnim tokom prometa)

Prilog 2.

(Prijedlog rekonstrukcije postojećeg četverokrakog raskrižja)