Mogućnosti primjene njemačkih smjernica za oblikovanje raskrižja u razini

Lučić, Marko

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:119:229312

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

Marko Lučić

MOGUĆNOSTI PRIMJENE NJEMAČKIH SMJERNICA ZA OBLIKOVANJE RASKRIŽJA U RAZINI

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 19. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Cestovne prometnice II**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3283

Pristupnik: **Marko Lučić (0135217293)**
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: **Mogućnosti primjene njemačkih smjernica za oblikovanje raskrižja u razini**

Opis zadatka:

U diplomskom radu treba dati pregled postojeće regulative za koncipiranje i oblikovanje klasičnih raskrižja u razini u Republici Hrvatskoj, te smjernica i pravilnika koji se primjenjuju u Njemačkoj. Za karakterističnо raskrižje treba izraditi prometno-tehničko rješenje primjenom pravilnika Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS). Treba analizirati pojedine elemente raskrižja oblikovanog prema HBS-u i postojećeg projektnog rješenja, te ocijeniti prednosti i nedostatke primjene njemačkih smjernica na oblikovno rješenje klasičnog raskrižja u razini. Zaključno treba odrediti preduvjete koji bi omogućili primjenu njemačkih smjernica za oblikovanje raskrižja u razini na području Republike Hrvatske.

Zadatak uručen pristupniku: 4. ožujka 2016.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

MOGUĆNOSTI PRIMJENE NJEMAČKIH SMJERNICA ZA OBLIKOVANJE RASKRIŽJA U RAZINI

Mentor: izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan

Student: Marko Lučić

JMBAG: 0135217293

Zagreb, Rujan, 2016.

MOGUĆNOSTI PRIMJENE NJEMAČKIH SMJERNICA ZA OBLIKOVANJE RASKRIŽJA U RAZINI

SAŽETAK:

Raskrižja cestovnih prometnica zbog izravnih križanja prometnih pravaca i tokova su najkritičnije točke unutar prometne mreže nekoga grada. Osim mogućnosti stvaranja repova čekanja i zastoja, izravno se narušava sigurnost sudionika u prometu. Na temelju toga potrebno je postaviti ispravnu prometnu analizu, te uzimajući u obzir sve nedostatke unutar prometnog sustava pristupiti odgovarajućim rješenjima. U radu je dan pregled njemačkih smjernica za oblikovno rješavanje klasičnih raskrižja u razini. Definirani su preduvjeti koji omogućavaju primjenu njemačkih smjernica i priručnika na raskrižja u Republici Hrvatskoj. Za karakteristično raskrižje u Gradu Vinkovcima (Ulica Hrvoja Vukčića Hrvatnića – Ulica Hansa Dietricha Genschera) izrađeno je prometno-tehničko rješenje primjenom pravilnika *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen* (HBS). Uspoređeno je dobiveno rješenje sa postojećim projektnim rješenjem raskrižja i temeljem detaljne analize pojedinih elemenata raskrižja izvršeno je vrednovanje rješenja.

KLJUČNE RIJEČI: raskrižje u razini; oblikovanje raskrižja; njemačke smjernice; priručnik HBS

POSSIBILITIES OF APPLYING GERMAN GUIDELINES IN CASE OF AT-GRADE INTERSECTIONS

SUMMARY:

Due to direct crossing traffic routes and flows road intersections are one of the most critical points within the transport network of a city. Besides the possibility of creating traffic jams and congestions, the safety of traffic participants is directly undermined. On this basis it is necessary to make an accurate traffic analysis, and taking into account all deficiencies within the transport system, to access appropriate solutions. This paper gives an overview of German guidelines for the design solution of classical at-grade intersections. It defines the prerequisites which enable the application of German guidelines and manuals on the intersections in Croatia. For a typical intersection in the City of Vinkovci (Hrvoje Vukčić Hrvatnića Street – Hans Dietrich Genscher Street) a transport-technical solution was made using the German manual *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen* (HBS). It compares the obtained solution with the existing design solutions of the intersections and based on a detailed analysis of individual intersection elements an evaluation of solutions was made.

KEYWORDS: at-grade intersection, intersection design, German guidelines, manual HBS

SADRŽAJ:

1. UVOD 1
2. PREGLED POSTOJEĆE REGULATIVE ZA OBLIKOVNO RJEŠENJE RASKRIŽJA U RAZINI 3
2.1. Zakon o sigurnosti prometa na cestama 4
2.2. Zakon o cestama 6
2.4. Smjernice za projektiranje raskrižja u razini sa stajališta sigurnosti prometa 8
2.4.1. Područje uporabe i primjena smjernica 8
2.4.3. Brzine unutar raskrižja 10
2.4.4. Projektna načela i mjerila 10
2.4.5. Razmaci između raskrižja 11
2.4.6. Polazišta za oblikovanje i korištenje 11
2.4.7. Osnovni oblici raskrižja 12
3. NJEMAČKE SMJERNICE OBLIKOVNOG RJEŠAVANJA RASKRIŽJA U RAZINI 16
3.1. Razvrstavanje gradskih prometnica 17
3.1.1. Prometna obilježja 18
3.1.2. Urbanistička obilježja 18
3.2. Izbor tipa raskrižja 19
3.3. Oblikovanje elemenata raskrižja 22
3.3.1. Priključci i raskrižja s pravilom desne strane 23
3.3.2. Priključci i raskrižja sa znakom prednosti prolaska 23
3.3.3. Trokutasti otoci 26
3.3.4. Provoznost i zaobljenja uglova 27
3.3.5. Vidna preglednost 29
4. PRIMJENA PRAVILNIKA HANDBUCH FÜR DIE BEMESSUNG VON STRAßENVERKEHRSANLAGEN NA RASKRIŽJA U RAZINI 31
4.1. Općenito 31
4.1.1. Uvod i primjena 31
4.1.2. Kvaliteta prometa 33
4.2. Gradske prometnice 35
4.2.1. Prometno opterećenje 36
4.2.1. Mjere za ocjenjivanje razine usluge na raskrižjima 38
4.2.2. Određivanje jačine prometa 39
4.2.3. Određivanje razine usluge na raskrižju 40

4.2.3.1. Određivanje kapaciteta na raskrižjima uređena pravilima prometnih znakova 41
4.2.3.2. Vremena čekanja na raskrižjima ustrojena znakovima prednosti prolaska..... 48
4.2.3.3. Računanje reda repova čekanja 50
5. PROJEKTNO OBLIKOVNI ELEMENTI KARAKTERISTIČNOG RASKRIŽJA TEMELJEM POSTOJEĆE PRAKSE 51
5.1. Projektno oblikovni elementi raskrižja 52
5.2. Izračun razine usluge na raskrižju primjenom izračuna iz priručnika HBS 56
6. PROVJERA PROJEKTNO-OBLIKOVNIH ELEMENATA KARAKTERISTIČNOG RASKRIŽJA PRIMJENOM NJEMAČKIH SMJERNICA 61
7. PREDUVJETI ZA PRIMJENU NJEMAČKIH SMJERNICA I PRIRUČNIKA NA RASKRIŽJIMA U REPUBLICI HRVATSKOJ 68
8. ZAKLJUČAK 69
LITERATURA 70
POPIS TABLICA 71
POPIS SLIKA 72
POPIS GRAFIKONA 73

1. UVOD

U ovom diplomskom radu obrađena je tema konstrukcije i oblikovanja prometno-tehničkih elemenata na raskrižju. Rad se bavi primjenom njemačkih smjernica za oblikovno rješenje raskrižja u razini, te je baziran na nesemaforiziranom raskrižju u Gradu Vinkovcima koje je odabrano kao jedan primjer raskrižja u razini na koje bi se mogla primjeniti saznanja iz njemačkih preporuka i smjernica. Prikupljeni su i analizirani podaci o prometnom opterećenju karakterističnog raskrižja, a kao temeljna literatura u radu korištena su njemačka izdanja smjernica i priručnika za oblikovanje raskrižja u razini.

Dakle, ovaj diplomski rad iznesen je kroz sljedeća poglavlja:

1. Uvod
2. Pregled postojeće regulative za oblikovno rješenje raskrižja u razini
3. Njemačke smjernice oblikovnog rješavanja raskrižja u razini
4. Primjena pravilnika Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen na raskrižja u razini
5. Projektno-oblikovni elementi karakterističnog raskrižja u razini temeljem postojeće prakse
6. Provjera projektno-oblikovnih elemenata karakterističnog raskrižja primjenom njemačkih smjernica
7. Preduvjeti za primjenu njemačkih smjernica i preporuka na raskrižjima u Republici Hrvatskoj
8. Zaključak

U drugom poglavlju rada dani su i pobliže opisani svi trenutačni propisi i regulative koje je potrebno uzeti u obzir prilikom oblikovnog uređenja raskrižja u Republici Hrvatskoj. Također ukratko je opisano interno izdanje smjernica za oblikovno rješenje raskrižja u razini koje je izdano kao potpora pri konstruiranju raskrižja, međutim koje kao službeno izdanje još uvijek ne postoji. U smjernicama su dane neke preporuke i veličine pojedinih elemenata raskrižja.

Treće poglavlje sadrži opis i analizu ključnih točaka i preporuka za uređenje prometnica koje se nalaze u njemačkim smjernicama *„Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen“* koja uključuju sve prometnice unutar naseljenih područja, te koje se bave analizom pojedinih tokova za svaki od oblika prometa motornih vozila, pješačkog prometa i biciklističkog prometa. Dana je kategorizacija i razvrstavanje prometnica s obzirom na položaj prometnice unutar prometnog sustava grada, te uzimajući to u obzir odabrana je mjerodavna funkcija prometnice.

Unutar četvrtog poglavlja opisani su bitni elementi i postupak donošenja ocjene za vrednovanje kvalitete razine usluge na prometnicama i raskrižjima prema njemačkom

priručniku za projektiranje i dimenzioniranje cesta *„Handbuch für Bemessung von Straßenverkehrsanlage“*.

Oblikovni elementi odabranog raskrižja u Vinkovcima su izneseni u petome poglavlju, a pomoću programskog sučelja AutoCAD su prikazane mjerne dimenzije svih relevantnih oblikovnih elemenata raskrižja.

Nakon toga u šestom poglavlju na temelju postojećih saznanja na raskrižju, dimenzionirali su se oblikovni elementi raskrižja s obzirom na preporuke dane njemačkim smjernicama, te se usporedilo realno stanje raskrižja sa stanjem raskrižja oblikovanoga uz preporuke smjernica.

U sedmom poglavlju izneseni su određeni zaključci i preduvjeti o primjeni njemačkih smjernica za oblikovanje na hrvatskim cestama i raskrižjima.

2. PREGLED POSTOJEĆE REGULATIVE ZA OBLIKOVNO RJEŠENJE RASKRIŽJA U RAZINI

Cestovno raskrižje je točka odnosno mjesto na ruti gdje se križaju dva ili više prometnih tokova ili cestovnih prometnica. Na raskrižjima dolazi do križanja, spajanja, uplitanja, isplitanja i preplitanja prometnih tokova i prometnih entiteta koji uz prometnu infrastrukturu čine jedan prometni sustav. S obzirom na polazište da se interakcija između pojedinih prometnih entiteta temelji na mehanici fluida važno je opskrbiti dovoljan protok vozila i na otvorenim dionicama cesta i na sjecištima prometnih pravaca, gdje se međutim ne smije zanemariti sigurnost na raskrižju.

U ovome poglavlju iznijet će se i analizirati mjerodavna regulativa za oblikovanje raskrižja s naglaskom na raskrižja u razini.

Iako u Republici Hrvatskoj postoji veliki broj stručnih radova i literature s temom obrade rješenja, sigurnosti i problematike svih tipova raskrižja, ako se izuzmu raskrižja s kružnim tokom ne postoji konkretan primjer regulative i smjernica ni za jednu vrstu raskrižja. Cijelo područje se oslanja na nekoliko pravnih akata koji su propisani od zakonodavnih tijela u Republici Hrvatskoj. Do sada su se izdale smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, te prijedlog i interno izadnje smjernica za projektiranje raskrižja u naseljima sa stajališta sigurnosti prometa.

Shodno tome kao podrška pri projektiranju koriste se neki zakonski akti i pravilnici izdani od zakonodavnih tijela Republike Hrvatske kao što su:

1) zakon o sigurnosti prometa na cestama [1]
2) zakon o cestama [2]
3) zakon o gradnji
4) zakon o prostornom uređenju
5) pravilnik o osnovnim uvjetima koje javne ceste moraju zadovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa
6) pravilnik o uvjetima za projektiranje i izgradnju priključaka na javnu cestu
7) pravilnik o biciklističkoj infrastrukturi
8) pravilnik o korištenju cestovnih zemljišta i obavljanju pratećih djelatnosti
9) pravilnik o mjerilima za izračun naknade za korištenje cestovnog zemljišta i naknade za obavljanje pratećih djelatnosti
10) odluka o visini naknade za osiguranje prava služnosti i prava građenja na javnoj cesti
11) pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama
12) pravilnik o označavanju autocesta, njihove stacionaže, brojeva izlaza i prometnih čvorišta te naziva izlaza, prometnih čvorišta i odmorišta
13) pravilnik o turističkoj i ostaloj signalizaciji na cestama
14) smjernice za projektiranje raskrižja u naseljima sa stajališta sigurnosti prometa [3]

15) smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama
16) smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama

Osim prethodno napisanih regulativa i zakona, važno je napomenuti da se u Republici Hrvatskoj smjernice i projektiranje najvećim dijelom oslanjaju na nekoliko stranih smjernica i priručnika poput američkog „Highway Capacity Manual“ (HCM) i u manjoj mjeri na njemački „Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“ (HBS), te ostale priručnike poput Švicarskih ili Nizozemskih priručnika.

U nekoliko idućih potpoglavlja iznijet će se ključne i najvažnije točke za projektiranje raskrižja u razini za neke od navedenih zakonskih akata i regulativa.

2.1. Zakon o sigurnosti prometa na cestama

U ovom zakonu [1] iznesene su neke odredbe, pravila, regulative, smjernice koje su od općeg značaja za promet i upravljanje prometom u cjelini. Zakon je izveden u 12 poglavlja:

- osnovne odredbe,
- ovlaštenja za nadzor i uređenje prometa,
- ceste,
- prometni znakovi,
- prometna pravila,
- dužnosti u slučaju prometne nesreće,
- športske i druge priredbe ili aktivnosti na cestama,
- ograničenje prometa,
- vozači,
- vozila,
- posebne mjere za sigurnost prometa,
- prijelazne i završne odredbe.

Kao važnije stavke za ovaj rad mogu se izdvojiti neke osnovne odredbe i definicije kao što su definicija raskrižja, javne ceste, te neke odredbe o signalizaciji na cestama i raskrižjima pa prema tome:

- cesta je svaka javna cesta, ulice u naselju i ne razvrstane ceste na kojima se obavlja promet,
- javna cesta je svaka površina od općeg značenja za promet kojom se svatko može slobodno koristiti uz uvjete određene Zakonom o sigurnosti na cestama (NN 64/15) i koju je nadležno tijelo proglasilo javnom cestom,
- raskrižje je površina na kojoj se križaju ili spajaju dvije ceste ili više cesta, a i šira prometna površina koja nastaje križanjem ili spajanjem cesta.

Zatim u poglavlju Ceste članku 6., stavku (1) stoji da ceste, kao osnova na kojoj se odvija promet, se moraju projektirati, izgrađivati, održavati, opremati i štititi na takav način da odgovaraju svojoj namjeni i zahtjevima sigurnosti prometa u skladu sa zakonskim odredbama. Opće odredbe također propisuju da pravna ili fizička osoba obrtnik koja je nadležna za održavanje cesta mora poduzimati takve mjere koje omogućuju nesmetano odvijanje prometa na cestama, te da se javne ceste i pojedini dijelovi na njima puštaju u promet onda kada se načinom propisanim posebnim zakonom utvrdi da ti dijelovi udovoljavaju propisanim sigurnosno tehničkim kriterijima. Propisane sigurnosno-tehničke kriterije donose nadležna državna tijela pri Republici Hrvatskoj.

U daljnim dijelovima se iznose kriteriji i propisi za upravljanje prometom na cestama, pa prema tome u poglavljima „Prometni znakovi“ i „Prometna svjetla i svjetlosne oznake“ izneseno je da ceste moraju biti propisano obilježene prometnim znakovima koji upućuju sudionike na opasnosti na određenim dijelovima ceste, obavještavaju o ograničenjima, zabranama i obvezama kojih se sudionici u prometu moraju pridržavati. Prometni znakovi su podijeljeni u nekoliko kategorija kao što su znakovi opasnosti, izričitih naredbi, znakovi obavijesti, promjenjivi prometni znakovi, prometna svjetla te svjetlosne oznake kao i oznake na kolniku i drugim površinama. Isto tako opisani su semafori i svjetlosne oznake, njihova funkcija, odnosno način regulacije prometa svjetlosnom signalizacijom.

U petome poglavlju Zakona o sigurnosti prometa na cestama iznesena su prometna pravila u skladu s kojima su sudionici u prometu dužni postupati ovisno o situaciji na određenom dijelu ceste. U članku 34. Zakona o sigurnosti u prometu nalaze se propisi o postupanju sudionika u prometu u odnosu na pojedini stupanj regulacije, te prema tome najviši stupanj regulacije na raskrižju imaju ovlaštene i nadređene osobe, zatim svjetlosni signali i prometni znakovi, dok najniži stupanj imaju prometna pravila. U ovome dijelu zakona iznesena su prometna pravila, ograničenja i dopuštene radnje unutar prometne mreže kao što su maksimalna dopuštena brzina kretanja na pojedinim prometnicama, prednosti prolaska i propuštanje vozila, regulacija osnovnih radnji vozila poput pretjecanja, mimoilaženja, parkiranja i zaustavljanja, vuča vozila, upotreba svjetala i zvučnih signala, pravila za kretanja pješaka, prijevoz tereta i prijevoz osoba.

Također u poglavlju devetom i desetom iznesena su pravila odnosno zahtjevi za mogućnost sudjelovanja u prometu za vozače i vozila. Prema tome motornim vozilom može upravljati samo ona osoba koja ima važeću vozačku dozvolu izdanu u Republici Hrvatskoj, inozemnu vozačku dozvolu ili međunarodnu vozačku dozvolu, za onu kategoriju vozila kojom upravlja u prometu na cesti. Vozač mora biti u ispravnom psihofizičkom stanju te mora imati znanje i vještinu upravljanja vozilom za koje se ospobljava u za to određenim ustanovama i školama. Vozila u prometu moraju udovoljavati zahtjevanim i propisanim gabaritima (masa vozila, osovinsko opterećenje), te imati ispravne uređaje i opremu. Vozila moraju udovoljavati tehničkim zahtjevima za sudjelovanje u prometu, zadovoljiti propisane sigurnosne i ekološke kriterije i imati važeću prometnu dozvolu i registarsku oznaku.

2.2. Zakon o cestama

Zakonom o cestama [2] u Republici Hrvatskoj utvrđuje se pravni aspekt cesta, odnosno načini korištenja javnih i nerazvrstanih cesta, razvrstavanje cesta, planiranje građenja i održavanja javnih cesta, upravljanje i nadzor nad javnim cestama, mjere za zaštitu javnih i nerazvrstanih cesta i prometa na njima, koncesije te financiranje javnih cesta, te je zakon usklađen s pravnim aktima Europske unije. Zakon o cestama je podijeljen prema idućim poglavljima:

- opće odredbe,
- javne ceste,
- planiranje i upravljanje javnim cestama,
- mjere za zaštitu javnih cesta i prometa,
- koncesije,
- pravne osobe koje upravljaju cestama,
- financiranje javnih cesta,
- nerazvrstane ceste,
- nadzor i inspekcija javnih cesta,
- prekršajne odredbe,
- prijelazne i završne odredbe.

U prvom dijelu iznesen je opis značenja pojedinih pojmova unutar zakona kao što su „javne ceste“, „autoceste“, „državne ceste“, „županijske ceste“, „raskrižje“, „križanje“, „zaštitni pojas“, „priključak na cestu“,...

- javne ceste su ceste koje svatko može koristiti na način pod uvjetima određenim Zakonom o cestama i drugim propisima,
- nerazvrstane ceste su ceste koje se koriste za promet vozilima, na način i pod uvjetima određenim Zakonom o cestama, a koje nisu razvrstane kao javne ceste u smislu Zakona o cestama,
- raskrižje je prometna površina na kojoj se u istoj razini ili različitim razinama križaju dvije ili više cesta ili na kojoj se više cesta spaja u širu prometnu površinu,
- križanje je prometna površina na kojoj se u istoj razini ili u različitim razinama križaju cesta i druga prometna infrastruktura,
- biciklistička traka je dio kolinika namjenjen za promet bicikala, označen odgovarajućom prometnom signalizacijom.

U drugom poglavlju Javne ceste iznesen je pravni status javnih cesta unutar Republike Hrvatske, te pojedini dijelovi javnih cesta i njihov opis. U članku 4. Zakona o cestama stoji da javnu cestu čini:

- cestovna građevina (donji ustroj ceste, kolnička konstrukcija, most, vijadukt, podvožnjak, nadvožnjak, propust, tunel, galerija, potponi i obložni zid, nasip, pothodnik, nadhodnik),

- građevine za odvodnju površinskih voda ceste, te one građevine za njihovo pročišćavanje,
- zemljišni pojasevi sa obje strane ceste potrebni za nesmetano održavanje i upravljanje ceste,
- cestovno zemljište,
- građevine na cestovnom zemljištu potrebne za održavanje ceste i pružanje usluga i naplate cestarine korisnicima ceste,
- stabilni mjerni objekti i uređaji za nadzor,
- priključci na javnu cestu izgrađeni unutar cestovnog zemljišta,
- prometni znakovi i uređaji za nadzor i sigurno vođenje prometa i opreme ceste uključujući instalacijske uređaje, opremu i telekomunikacijske uređaje,
- cestovne građevine i oprema za održavanje ceste poput vjetrobrana i snjegobrana, zaštitnih ograda,...

U zakonu o cestama članku 6. se javne ceste razvrstavaju ovisno o njihovom društvenom, prometnom i gospodarskom značenju odnosno na: autoceste, državne ceste, županijske ceste, lokalne ceste. Također u ovom dijelu zakona određene su naknade i cestarine za korištenje pojedinih dijelova ceste, te su iznesena opća načela planiranja, gradnje, rekonstrukcije i održavanja javnih cesta te prema tome javne ceste se planiraju sukladno najnovijim stručnim načelima i saznanjima iz područja planiranja, projektiranja i gradnje, te sa svim ekonomskim mjerilima za procjenu opravdanosti njihove izvedbe.

U trećem poglavlju Zakona o cestama napisani su zahtjevi vezani uz planiranje i postupke gradnje i održavanja javnih cesta. Postupci gradnje u smislu Zakona o cestama obuhvaćaju postupke pripreme, izrade i ustupanja izrade potrebnih studija te njihovu stručnu ocjenu, pokretanje postupaka vezanih za procjenu utjecaja gradnje i korištenja prometnice na okoliš i ekološku mrežu općenito, usluge projektiranja, te projektiranja opreme, pratećih sadržaja i prometne signalizacije, ishođenje svih potrebnih pravnih dokumenata i dozvola (lokacijska dozvola, građevinska dozvola, uporabna dozvola i drugi zakonski akti i dozvole na temelju kojih se dopušta građenje i korištenje prometne građevine), ustupanje geodetskih radova i radova građenja, rekonstrukcije i usluga stručnog nadzora, organizacija tehničkog pregleda i primopredaju javne ceste ili određenih njenih dijelova, investitorski nadzor nad provođenjem projekta. Ovim dijelom zakona regulirano je značenje održavanja javnih cesta i ostalih poslova upravljanja javnim cestama kao što su priprema dokumentacije i podloga za koncesije, vođenje podataka o javnim cestama te organizacija sustava javne naplate cestarina.

U poglavlju „Mjere za zaštitu javnih cesta i prometa“, radi zaštite javnih cesta i sigurnosti odvijanja prometa, navedene su određene nepropisne radnje i zabrane, postupci u slučajevima prekomjene uporabe i naknade šteta, tehničko-sigurnosni zahtjevi za preglednost i zaštitni pojas cesta i postavljanje infrastrukture i instalacija uz cestu, kao i minimalni sigurnosi zahtjevi za javne ceste.

2.4. Smjernice za projektiranje raskrižja u razini sa stajališta sigurnosti prometa

Ove smjernice [3] predstavljaju interno izdanje preporuka prilikom projektiranja raskrižja unutar razine. Izdane su od strane tvrtke Hrvatske ceste d.o.o., a njihov izvršitelj je Fakultet prometnih znanosti (FPZ) u Zagrebu. Cilj ovih smjernica je postizanje sigurnih, funkcionalnih i oblikovno zadovoljavajućih raskrižja u naseljima [3]. Smjernice su koncipirane na način da vode projektante od općih planerskih podataka i planiranja najnižeg stupnja do krajnjih oblikovno-funkcionalnih elemenata raskrižja. Također smjenice se oslanjaju na neka inozemna izdanja i preporuke za projektiranje raskrižja, a između ostaloga i na njemačke smjernice koje su obrađene u posebnom poglavlju. Polazni parametri zasnovani su na tipu i funkcionalnom rangu pojedinih prometnica koje se križaju u raskrižju. Cijela klasifikacija iznesena je u prvome i drugome poglavlju te se dijelom oslanja na njemačku klasifikaciju izdanu u *„Richtlinien für integrierte netzgestaltung – RIN“*, odnosno smjernicama za projektiranje prometne mreže. U drugome poglavlju sadržajno su napisani i opisani bitni parametri za utemeljenje projekta raskrižja poput vozno dinamičkih zahtjeva i polazišta, geometrijskih okvira, utvrđivanje hijerarhije unutar raskrižja, projektnih načela te polazišta za oblikovanje raskrižja. U trećem poglavlju opisana su opća svojstva i obavljena je podjela na osovne oblike raskrižja. Unutar četvrtog poglavlja predočena su modeliranja za izbor raskrižja, a posebno su istaknuta pojedina urbanistička ekološka i ekonomska mjerila. Peto poglavlje sadrži osnovne korake prilikom projektiranja, te dimenzioniranje pojedinih ključnih elemenata za oblikovanje, kao što su vođenje osnovne linije, prometnih trakova, razdjelnika, otoka i ostalih površina. Uvjeti za osiguranje dovoljne preglednosti opisani su u šestome poglavlju.

2.4.1. Područje uporabe i primjena smjernica

U naseljima se cestovna mreža može podijeliti na kategorije ili određene vrste, a to ponajviše ovisi o sljedećim karakteristikama prometnica:

- položaj (izvan ili unutar izgrađenih područja)

- stupanj izvedbe (izgrađeno ili ne izgrađeno)

- mjerodavna funkcija (povezivanje, priključivanje, pristupanje)

Prema tome, ceste je moguće razvrstati u nekoliko grupa:

- grupa A - ceste vrlo viskog učinka sa svojstvima autoceste, za povezivanje određenih dijelova grada i s mrežom primarnih javnih cesta

- grupa B - ceste viskog učinka kroz manje izgrađeno područje, s mjerodavnom funkcijom povezivanja sadržajno različitih gradskih cjelina u vidu javnog gradskog i individualnog prometa

- grupa C - ulice u izgrađenim gradskim produčjima za povezivanje pojedinih gradskih dijelova sa centrima aktivnosti

- grupa D - ulice u izgrađenim zonama s osnovnom funkcijom razdiobe ciljnog i izvornog prometa u okvirima cjelovitih urbanističkih zona

- grupa E - ulice sekundarnog prometnog značaja, s pretežitom funkcijom pristupanja izvorištu odnosno cilju putovanja.

Smjernice se odnose na ceste kategorija B, C i djelomično D.

Tablica 1. Prikaz kategorizacije prometnica, [4]

Opis i funkcija ceste		Poprečni presjek ceste	Raskrižje		Odmjeravanje elemenata raskrižja	Vrst raskrižja
Grupa/prostor	Podgrupa s funkcijom		V_{dop} [km/h]	V_k [km/h]		
1	2	3	4	5	6	7
A - neizgrađeno-izvan naselja, s funkcijom povezivanja	A1-povezivanje velikih područja	-dva kolnika (jedan kolnik)	100 (80)	90 (80)	vozno-dinamičko	RiR
	A5-povezivanje manjih područja	-jedan kolnik	60	60 (50)	vozno-geometrijsko	
B - neizgrađeno-ispred i unutar naselja, s unkcijom povezivanja	B2-cesta za brzi promet	-dva kolnika	70	70	vozno-dinamičko	RiR i RuR
	B3-glavna cesta (avenija)	-dva kolnika -jedan kolnik	70 70	70 70		RuR
	B4-glavna sabirna cesta	-jedan kolnik	60 (50)	50	vozno-geometrijsko	
C - izgrađeno-unutar naselja, s funkcijom povezivanja	C3-glavna gradska ulica -gradska cesta	-dva kolnika -jedan kolnik	50 50	50 50		
	C4-sabirna cesta/ulica	-jedan kolnik	50	50		
D - izgrađeno-unutar naselja, s funkcijom priključivanja	D4-priključna cesta/ulica	-jedan kolnik	≤50	≤50		RuR (iznimno)
	D5-pristupna cesta	-jedan kolnik	≤50	≤50		lokalni pristupi

2.4.3. Brzine unutar raskrižja

Određivanje brzine na privozima i u samom raskrižju potrebno je radi definiranja voznodinamičkih parametara i osnovnih geometrijskih elemenata. Ponajprije će se iznijeti pojedini pojmovi i opisi brzina važni za razumijevanje problematike raskrižja.

- Projektna brzina V_p (km/h) – najveća brzina za koju je zajamčena potpuna sigurnost u prometnom toku pod optimalnim vremenskim uvjetima i uz dobro održavanje ceste,
- računska brzina V_r (km/h) – najveća očekivana brzina sigurne vožnje u slobodnom prometnom toku u skladu s prihvaćenim modelom njezina utvrđivanja, te ovisno o tlocrtnim i visinskim elementima toga dijela ceste,
- 85 postotna brzina V_{85} (km/h) – brzina koju dostiže 85% vozila unutar prometnog toka,
- brzina unutar raskrižja V_k (km/h) – brzina mjerodavna za određivanje pojedinih bitnih elemenata raskrižja,
- dopuštena brzina V_{dop} (km/h) – mjerodavna brzina za određivanje svojstava pojedinih tokova unutar raskrižja, te oblikovnih elemenata i međusobnih razmaka raskrižja.

U pravilu, brzina unutar raskrižja se određuje na glavnim pravcima odnosno na glavnom prometnom toku. Isto tako važno je voditi računa o tome da se primjenjuju jednake ili tek nešto niže brzine od onih koje su već postavljene na glavnim pravcima kretanja.

Kada se u širem području raskrižja ograničava najveća dopuštena brzina kretanja sa V_{dop}, potrebno je u tome slučaju brzinu provjeriti u odnosu na vrijednosti dane u tablici 1., pomoću koje se određuje brzina u raskrižju uzimajući u obzir oblikovno-tehničke elemente raskrižja.

2.4.4. Projektna načela i mjerila

Ovisno o položaju u mreži i prostoru, te funkciji i uporabnoj vrijednosti raskrižja potrebno je odrediti hoće li se projekt koncipirati po načelu razdjeljivanja ili miješanja prometnih tokova, odnosno da li će se brzine unutar raskrižja smanjivati ili će ostajati iste kao i na otvorenim dionicama.

Načelo razdjeljivanja tokova prometa se u praksi provodi obično pomoću odgovarajućih konstrukcijskih rješenja za ceste određene kategorije npr. postavljanje izdignutih rubnjaka i sl., dok načelo miješanja prometa se provodi samo kod najnižih kategorija prometa. Prijelazni oblici između ova dva načela mogu se primjeniti u onim

slučajevima kada se na kolnicima ne dopušta miješanje prometa zbog prolaska posebnim zonama većih naselja poput starih povijesno važnih gradskih jezgri i četvrti.

Također, važno mjerilo prilikom projektiranja raskrižja je vozna dinamika i provozna geometrija. Pri koncipiranju neophodno je utvrditi hoće li se projektni elementi za mjerodavnu brzinu V_k određivati na osnovu voznodinamičkih parametara ili samo provoznih mjerila.

2.4.5. Razmaci između raskrižja

S obzirom da raskrižja izravno utječu na prometni tok i propusnost, potrebno je na cestama viših kategorija postaviti dovoljno velike razmake između raskrižja da ne dođe do narušavanja kvalitete prometne usluge. Generalno razmak između raskrižja ovisi o području raskrižja, veličini prometnog toka, prometnom ustrojstvu i signalizaciji. Prilikom projektiranja razmaka između raskrižja na prometnicama s velikim brzinama, važno je voditi računa o dovoljnom razmaku da bi se postigla dostatna horizontalna preglednost za pretjecanje. Dakle, najmanje vrijednosti određuju se na temelju dostatne sigurnosti za pretjecanje, uplitanje, isplitanje, odnosno na temelju oblikovnih rješenja trakova za usporavanje i ubrzavanje. Dostatan razmak između raskrižja prikazan je u ovisnosti o brzini kroz raskrižje u tablici 2..

Tablica 2. Razmaci između raskrižja

V_k – brzina u raskrižju (km/h)	50	60	70	80	90	100
Razmak između raskrižja (m)	140	170	205	235	270	300

Izvor: [4]

2.4.6. Polazišta za oblikovanje i korištenje

Glavna ciljna mjerila i kriteriji za ocjenjivanje pojedinog raskrižja prema [3] su:

1) sigurnost prometa
2) odvijanje prometa
3) utjecaj prometa na okoliš i prostor, te ekonomičnost rješenja

Sva navedena polazišta i mjerila su preuzeta iz njemačkih smjernica i preporuka, te su temeljem toga iskorištena i primjenjena na interno izdanje hrvatskih smjernica za projektiranje raskrižja u razini.

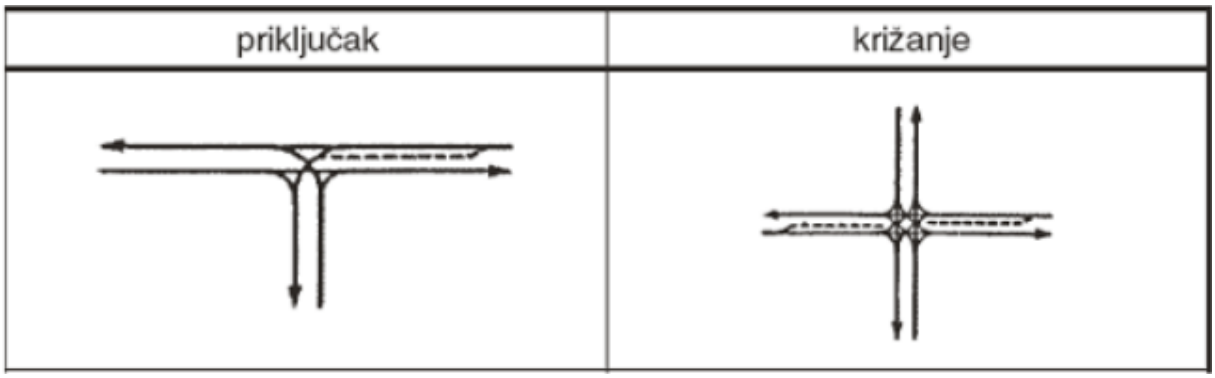
2.4.7. Osnovni oblici raskrižja

S obzirom da su u ovom radu načelno obrađena raskrižja u samo jednoj razini, u ovome potpoglavlju opisat će se samo ona oblikovna rješenja koja se nalaze kod raskrižja u razini. Bitne norme za određivanje oblikovnog rješenja raskrižja određene su u ovisnošću o:

- mjerodavnim funkcijama dvaju ulica koje se križaju
- broju kolničkih i prometnih trakova
- općenitoj formi raskrižja (u razini, izvan razine)
- očekivanim brzinama unutar raskrižja

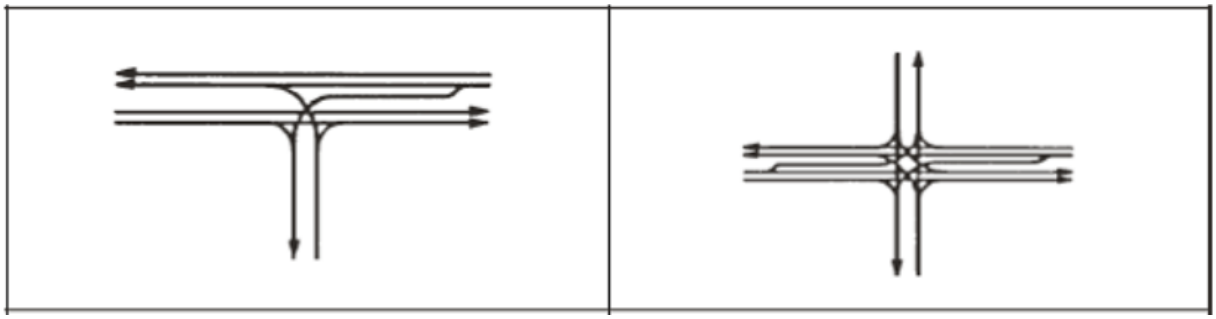
Prije odabira oblikovnih elemenata potrebno je odrediti ciljeve prometne mreže, kakav geometrijski oblik raskrižje treba imati i da li postoji zahtjev za semaforizacijom raskrižja. Dakle, odabir oblika raskrižja ovisi o funkciji prometnice unutar cijele mreže, formi raskrižja, projektnoj brzini, količini prometa odnosno jakosti prometnog toka. U narednim slikama shematski su prikazane osi prometnih trakova kod raskrižja u razini prema [3].

- Osnovni oblik I. (slika 1.) – nastaje na mjestima gdje se križaju dvije dvotračne ceste. Jesu li potrebna dodatna proširenja i trakovi za lijeva skretanja ovisi o prometno ogranizacijskim potrebama.



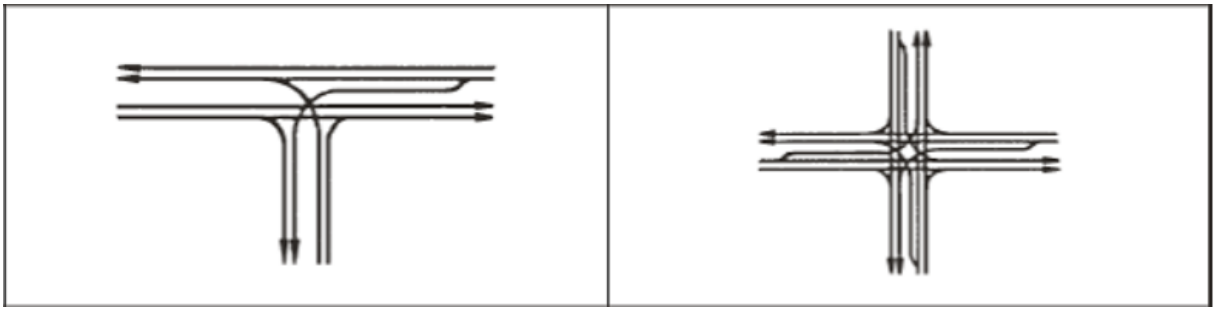
Slika 1. Osnovni oblik raskrižja I., [3]

- Osnovni oblik II. (slika 2.) – nastaje na mjestima križanja jedne dvotračne ceste s glavnom cestom s četiri ili više trakova. U pravilu ovakvi oblici raskrižja zahtjevaju uvođenje svjetlosne signalizacije odnosno semafora te ograničenja brzine prometnih tokova na 70 km/h, odnosno unutar naselja 50 km/h. Kod raskrižja izgrađenih izvan naselja uvode se posebni trakovi za lijeva skretanja.



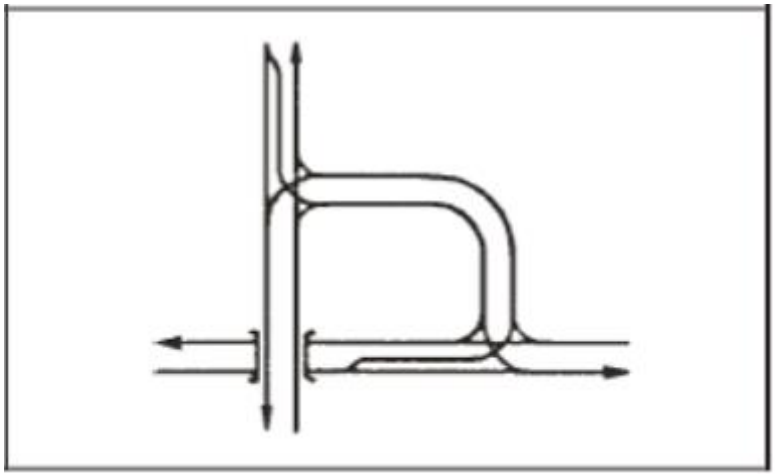
Slika 2. Osnovni oblik raskrižja II., [3]

- Osnovni oblik III. (slika 3.) – slučaj kod raskrižja gdje se križaju ceste s dva kolnička traka. Kod ovoga oblika gotovo uvijek postoji svjetlosna signalizacija odnosno semafori. Također, predviđeni su posebni trakovi za lijevo skretanje, dok je brzina izvan naselja ograničena na 70 km/h.



Slika 3. Osnovni oblik raskrižja III., [3]

- Osnovni oblik IV. (slika 4.) – oblik raskrižja koji je izveden djelomično izvan razine, te predstavlja raskrižje dvije dvotračne ili dvije ceste sa dva kolnika. Skretanje je predviđeno pomoću posebnih rampi koje omogućuju neprekinut prometni tok. Zbog kompleksnosti izgradnje raskrižja, mosta i prilaznih rampi, troškovi izgradnje su veći nego kod prethodnih oblika raskrižja, te je prilikom odabira ovoga oblika raskrižja potrebno taj zahtjev posebno obrazložiti.



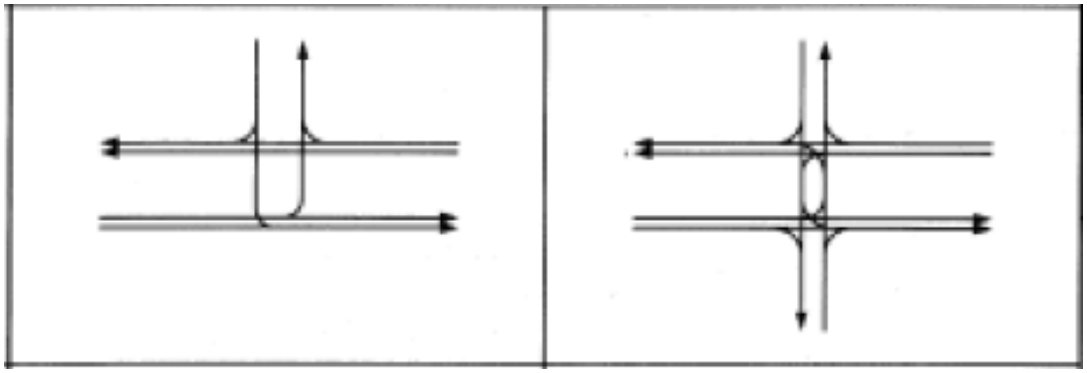
Slika 4. Osnovni oblik raskrižja IV. [3]

- Osnovni oblik V. (slika 5.) – oblik raskrižja kod križanja između dvije dvotračne ceste kod kojeg su raskrižja međusobno različito locirana i imaju dva odmaknuta priključka.



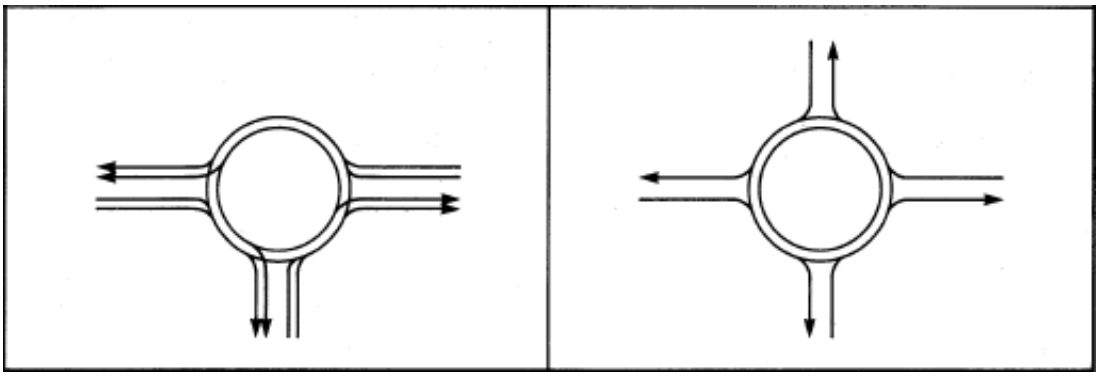
Slika 5. Osnovni oblik raskrižja V., [3]

- Osnovni oblik VI. (slika 6.) – oblik kod križanja između jedne ceste s dva kolnička traka i ceste s dva prometna traka. Kod ovih oblika sa svjetlosnom signalizacijom moguće je postići visoke kapacitete uz manji broj faza. Unutar naseljenih područja brzina kod ovakvih raskrižja nije veća od 70 km/h.



Slika 6. Osnovni oblik raskrižja VI., [3]

- Oblik raskrižja VII. (slika 7.) – ovaj oblik raskrižja predstavlja raskrižja s kružnim tokom, odnosno oblik raskrižja gdje se dvije ili više prometnica spaja na području kružnog toka. U pravilu kod ovoga oblika raskrižja se ne provodi svjetlosna signalizacija, dok je najveća dopuštena brzina prometnog toka ograničena na 70 km/h.



Slika 7. Oblik kružnog raskrižja, [3]

3. NJEMAČKE SMJERNICE OBLIKOVNOG RJEŠAVANJA RASKRIŽJA U RAZINI

U ovome poglavlju navode se i analiziraju mjerodavni elementi za oblikovno rješavanje raskrižja u jednoj razini koje se nalaze u Njemačkim smjernicama za uređenje gradskih prometnica *(Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen – RASt)* [5]. Ove smjernice izdane su od strane Društva za istraživanje prometnih znanosti *(Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV)* sa sjedištem u njemačkom gradu Kölnu. Do danas je izadano nekoliko izadnja smjernica, a u ovome radu primjenjeno je trenutno važeće izdanje iz 2006. godine. Smjernice se koriste za planiranje i oblikovanje prometnica i raskrižja unutar gradova i naselja, te se temelje na prethodno izdanim preporukama za uređenje priključnih i glavnih prometnica unutar naselja *(Empfehlungen für die Anlage von Erschließungsstraßen EAE, Empfehlungen für die Anlage von Hauptverkehrsstraßen EAHV)*.

Prema postojećim smjernicama ceste i raskrižja za javni promet mogu se promatrati u ovisnosti o [6]:

- položaju (izvan ili unutar raskrižja),
- funkciji unutar prometne mreže (povezivanje, priključivanje, pristupanje),
- prostornoj izgrađenosti (neizgrađeno, predviđeno za izgradnju ili izgrađeno),

te se u vezi s tim ceste mogu razvrstati u nekoliko kategorija:

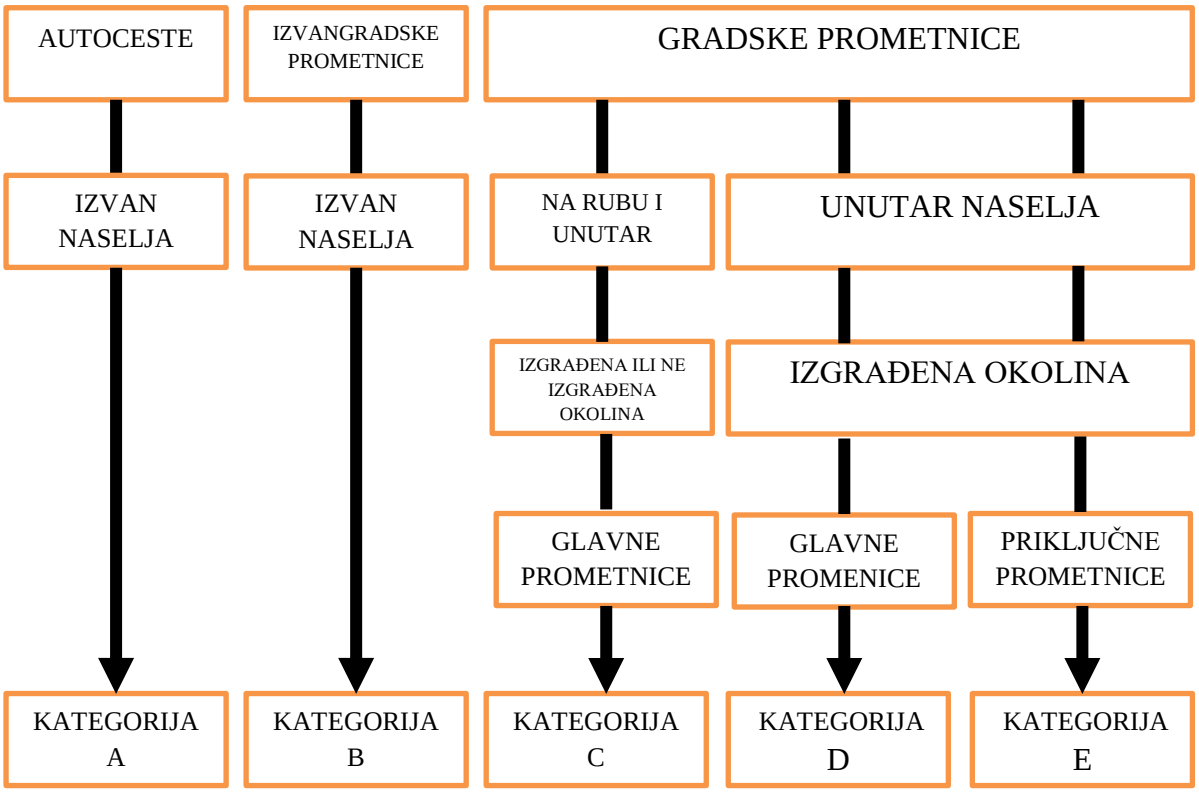
ceste kategorije A – državne, regionalne ceste izvan naseljenih područja, ceste sa velikim brzinama prometnog toka koje spajaju naseljena područja ili regije. U pravilu imaju relativno velike razmake između raskrižja i sastoje se u pravilu od više prometnih trakova (autoceste),

ceste kategorije B – brze ceste, glavne ceste i sabirne ceste unutar i između gradskih i prigradskih odnosno naseljenih područja. Služe kao poveznica između pojedinih dijelova naseljenih područja te kao poveznica sa cestama A kategorije. S obzirom da se radi o cestama koje su u naseljenim područjima i koje izravno sudjeluju u lokalnoj prometnoj mreži, međusobni razmaci su znatno manji nego kod cesta A kategorije. Iz istog razloga brzina kod ove kategorije je ograničena na 50 do 80 km/h u nekim slučajevima i na 90 km/h,

ceste kategorije C – predstavljaju glavne prometnice i tokove unutar gradske prometne mreže. Funkcija cesta kategorije C je spajanje manjih gradskih cesta te odvodnja tokova na ceste više kategorije. Kod ovih cesta brzina prometnog toka je ograničena najčešće na 50 km/h,

ceste kategorije D – sve sabirne i priključne ceste unutar manjeg lokalnog područja na kojima osim motoriziranog postoji i znatna količnina pješačkog i biciklističkog prometa. Upravo zbog veće količine pješačkog i biciklističkog prometa nužno je osigurati dovoljnu sigurnost te je u slučaju potrebe potrebno poduzeti odgovarajuće mjere smirivanja prometa. Brzine prometnog toka u ovoj kategoriji iznose oko 30 km/h,

ceste kategorije E – najvećim dijelom manje i sporedne ulice koje nisu od općeg značaja za promet. Predstavljaju najnižu kategoriju unutar prometne mreže, te se kao takve mogu izvesti kao zone smirenog prometa. Brzina prometnog toka kod ove kategorije ne prelazi 30 km/h.



Slika 8. Kategorizacija prometnica

Izvor: [6]

S obzirom na navedene kategorije izdane su smjernice za svaku navedenu razinu prometa, pa prema tome u uporabi su i smjernice za uređenje prometnica na autocestama, smjernice za uređenje prometnica izvan naseljenih područja. U ovome radu konkretan primjer raskrižja nalazi se unutar grada, te prema tome će se upotrebljavati smjernice za uređenje gradskih prometnica [5].

3.1. Razvrstavanje gradskih prometnica

Glavni cilj kod oblikovanja i planiranja gradskih prometnica je udovoljavanje i kompatibilnost svih korisničkih zahtjeva unutar prometne mreže, uključujući poboljšanje prometne sigurnosti.

Prometnice unutar naselja i gradova mogu se razlikovati s obzirom na određena njihova obilježja. Prema tome mogu se promatrati njihove prometne karakteristike i

urbanističke karakteristike. Prometna obilježja gradskih prometnica uključuju prometna opterećenja prometnica, te njihovu funkciju unutar mreže (funkcija spajanja ili povezivanja). Urbanistička obilježja prometnica su osobina područja i sredine gdje se cesta nalazi, te uređenje cestovnih površina.

3.1.1. Prometna obilježja

Priključna funkcija prometnica određuje se kroz način i stupanj iskorištenja i izgrađenosti okoline iz koje proizlazi broj putovanja koja na tom području započinju odnosno završavaju, te tranzit vozila kroz područje i učestalost otpremno dopremnih radnji. Isto tako može biti različita za svaku vrstu prometa, te može biti konkurentna sa funkcijom priključivanja.

Prema [5] funkcija priključivanja je vrlo važno obilježje za glavne prometnice i određuje se s obzirom na:

- lokalni značaj mjesta koja se povezuju,
- udaljenost između tih mjesta,
- prometnu povezanost.

Kod procjene priključne funkcije neke prometnice, sve vrste prometa odnosno prometnih sredstava moraju se gledati posebno. To se očituje u slučajevima gdje npr. prometnica sa velikim značajem povezivanja za motorni promet, može biti od jako male važnosti za biciklistički promet i obrnuto. Prometno opterećenje unutar toka obuhvaća sva vozila koja su u tranzitu te ona koja na određenom području završavaju ili započinju svoja putovanja. Slijedom toga dana gustoća prometa te njena vremenska raspodjela tijekom dana može biti krajnje različita, što vrijedi i za potražnju za parkirnim mjestima kod prometa u mirovanju koja ovisi o zaposjednosti zemljišta, ponudi parkirnih mjesta, te povezanosti sa ostalim vrstama prometa (biciklistički promet, javni promet).

3.1.2. Urbanistička obilježja

Urbanistički značaj gradskih prometnica određen je strukturom gradske mreže, povijesnim karakteristikama grada te oblikovno-građevinskim značajkama gradskih površina. Posebno oblikovno važna obilježja su:

- karakteristike naselja
- način i stupanj izgrađenosti zemljišta

- prostorno-cestovna situacija.

Iz karakteristika naselja proizlazi glavno uporište za cjelovito oblikovanje cestovnih prometnica, te prvenstveno dolazi do izražaja njihov povijesno-urbanistički značaj. Kroz stupanj iskorištenja zemljišta, te kroz stupanj i način izgrađenosti okolnog područja prometnice utvrditi će se odnos između obiju strana prometnica i okruga prometnice. Situacija unutar prometnog prostora je osnovni temelj za prostornu raspodjelu i koncept prometnog plana kao i za izradu oblikovnih elemenata ceste, širina prometnih trakova i raspodjele tokova.

3.2. Izbor tipa raskrižja

Izbor odgovarajućeg tipa raskrižja ovisi o funkciji prometnica koje se križaju, o gustoći prometa, učestalosti prometnih nesreća, kao i cjelokupnoj prostornoj i urbanističkoj situaciji područja gdje bi se raskrižje trebalo nalaziti. Nakon što se odredi tip raskrižja slijedi oblikovanje raskrižja i svih njegovih prometno-tehničkih elemenata.

Tablica 3. Izbor tipa raskrižja

Raskrižja priključnih ulica	Priključci/Raskrižja			Kružni tok			Rješenja u polu razini
	Sa pravilom desne strane	Sa znakom prednosti prolaska	Signalni plan	Mini kružna	Mala kružna	Velika sa semaforizacijom	
Raskrižje jednakog ranga	+*	●	-	+*	+*	-	-
Različitog ranga	●	+	●	+	+*	-	-
Vezna raskrižja							
Priključna i gl. ulica sa dva p. traka	-	+	+	●	+	-	-
Priključna i gl. ulica sa 4 ili više p. traka	-	●**	+	-	-	-	-
Raskrižja glavnih ulica							
Dvije gl. ulice sa po dva p. traka	-	●	+	●	+	-	-
Gl. ulica sa 2 p.t. sa gl. ulicom sa 4 ili više trakova	-	-	+	-	●	+	●
Dvije gl. ulice sa 4 p. traka	-	-	+	-	-	+	●
Glavne ulice sa rampama za autocestu	-	-	+	-	+	+	●

*) ujednačen redosljed raskrižja, zajamčeno očuvanje karaktera okoline

**) u slučaju potrebe kod raskrižja lokalnih ulica sa srednjim i malim prometnim opterećenjem

\+ prikladno

● uvjetno prikladno uz odgovarajuće mjere

\- ne prikladno

Izvor: [5]

Da bi se se bolje razumjela područja upotrebe i prikladnost pojedinih raskrižja u tablici 3. prikazana su područja upotrebe raskrižja s obzirom na vrstu i funkcionalnu razinu prometnica u raskrižju, te njihov ustroj. Raskrižja će se podijeliti prema funkcionalnoj razini prometnica odnosno na raskrižja priključnih prometnica, glavnih prometnica i raskrižja spojnih cesta, dok će se kolnici podijeliti na one sa dva prometna traka i one sa četiri ili više prometnih trakova. Iz razloga što u pravilu može biti dva ili više raskrižja koja su prikladna za

izvedbu, potrebno je ponajprije odvagati sve prednosti i nadostatke svakog pojedinig tipa raskrižja. Ako to nije dostatno za izbor optimalnog tipa raskrižja potrebno je kriterije konkretnije odrediti i vrednovati ciljana područja poput prometnih traka za skretanje ili vođenja prometa unutar raskrižja. Kao alternativni kriteriji mogu se uzeti u obzir i razmak između raskrižja ili očuvanje krajolika i okoline područja u kojem je raskrižje smješteno.

Raskrižja kod kojih je promet reguliran pomoću standardnog pravila desne strane priklada su u sljedećim slučajevima:

- kada je raskrižje izvedeno u jednoj razini
- kod manjih brzina prometnog toka
- kada broj vozila na svim tokovima ne prelazi 800 voz/h.

Ovakav ustroj raskrižja sa pravilom desne strane u slučaju da postoji svakodnevni javni linijski promet dolazi u obzir samo kada je negativni utjecaj takvog načina upravljanja prometom na raskrižju neznatan ili opravdan. Također u slučaju da raskrižjem prometuje i tramvajski promet ovakav način upravljanja prometom je potpuno isključiv.

Priključci ili raskrižja kod kojih je promet reguliran sa znakom prednosti prolaska se upotrebljavaju kod sljedećih slučajeva:

- kada se na raskrižju susreću dvije prometnice različitog ranga
- kada postoji jasna razlika između broja vozila na pojedinim privozima raskrižja
- na jednoj prometnici prometuje javni gradski promet
- kada su na sporednoj prometnici predviđeni privozi sa samo jednim prometnim trakom kojim je onemogućeno pogodno postavljanje vozila koja čekaju na uključenje u raskrižje.

Također u sljedećim situacijama ovakvo uređenje i regulacija tokova unutar raskrižja nije prikladna:

- kada kod glavnog privoza postoji tako veliki kapacitet prometa da sporedni privoz mora koristiti pre kratke vremenske praznine za uključenje
- kada na sporednom privozu postoji veliki broj vozila, a na glavnom privozu velike brzine prometnog toka
- kada se očekuje da će najveća dopuštena brzina vozila biti premašena za više od 15% vozila unutar prometnog toka.

Priključci i raskrižja sa svijetlosnom signalizacijom (u pravilu sa zaštitnim vremenima za lijeva skretanja) su prikladna u slučajevima:

- kada je već u fazi planiranja i izgradnje novog ili rekonstrukcije postojećeg raskrižja poznato da drugi oblici regulacije prometa na raskrižju ne bi bili dovoljni za ostvarivanje dovoljne razine sigurnosti na raskrižju
- ako se na postojećim raskrižjima događaju ili je za očekivati povećani broj prometnih nesreća posebice kod odabira smjera kretanja odnosno kod

lijevih skretanja, te nesreće između motornih vozila i biciklista ili pješaka, a koje bi se mogle izbjeći upotrebom signalnog plana ili kada druge mjere ne pokazuju dostatne rezultate
- prilikom organizacije raskrižja s koordiniranim signalnim planom
- kada se žele poboljšati prijelazi za bicikliste i pješake
- za reguliranje i uvođenje prioritetnih tokova kretanja unutar raskrižja.

Kod oblikovanja raskrižja sa signalno-svjetlosnim uređajima potrebno je uvažiti odnos između signalnog plana i zemljišta odnosno kraći vremenski ciklusi kod pojedinih raskrižja zahtijevaju više kraćih trakova za postavljanje jednu kraj druge, dok duži vremenski ciklusi zahtjevaju manji broj trakova koje međutim moraju biti dulje u prostoru izvedene. Također, svaka pojedina dodatna faza za svaki smjer kretanja zahtjeva posebnu prometnu traku. Točnije smjernice za projektiranje ovoga tipa raskrižja dane su u posebnom izdanju smjernica za signalne planove *(Richtlinien für Lichtsignalanlagen - RiLSA).*

3.3. Oblikovanje elemenata raskrižja

Prema [5] glavni uvjeti kojima raskrižja moraju udovoljavati su:

- raskrižja moraju biti pravovremeno raspoznatljiva,
- biti pregledna kako bi svi sudionici pravovremeno mogli odabrati smjer kretanja odnosno izbjeći konflikte s ostalim sudionicima,
- biti shvatljiva odnosno svi sudionici moraju razumjeti ustroj raskrižja te način regulacije prometnih tokova i prednosti prolaska,
- dobro i sigurno provozna.

Broj prometnih trakova unutar raskrižja ovisi o zahtjevima koji proizlaze iz prometnih dionica, broju vozila koja mijenjaju smjer kretanja, željenoj kvaliteti prometnog toka, posebnim zahtjevima za biciklistički i pješački promet, zahtjevima za javni prijevoz te okolini. Broj provoznih trakova za ravno bi trebao u pravilu i posebice kod semaforiziranih raskrižja trebao ostati ne promijenjen, te se ne smije unutar privoza raskrižja promijeniti u trak za promjenu smjera kretanja. U slučaju da određeni trak u prilazu raskrižju mijenja značenje odnosno smjer kretanja, to je potrebno izvesti na dovoljnoj udaljenosti od raskrižja, te s odgovarajućom signalizacijom. Dodatni provozni trakovi mogu unutar semaforiziranih raskrižja biti svrsishodni u slučaju potrebe da određena kvaliteta odvijanja prometnog toka na privozima bude održana kao i na ostalim dionicama ceste. Provozni trakovi pri raskrižju bi trebali imati širinu kao i na otvorenoj trasi ceste. Kod skučenih gradskih prostora mogu biti 0,25 m uži nego kod otvorenih dionica. Kod višetračnih privoza i pri najvećoj dopuštenoj brzini od 50 km/h širina može biti 3,00 m, a u iznimnim slučajevima kod unutrašnjih trakova 2,75 m, ako se jedino na taj način mogu izvesti prometni trakovi. Prometni trakovi za

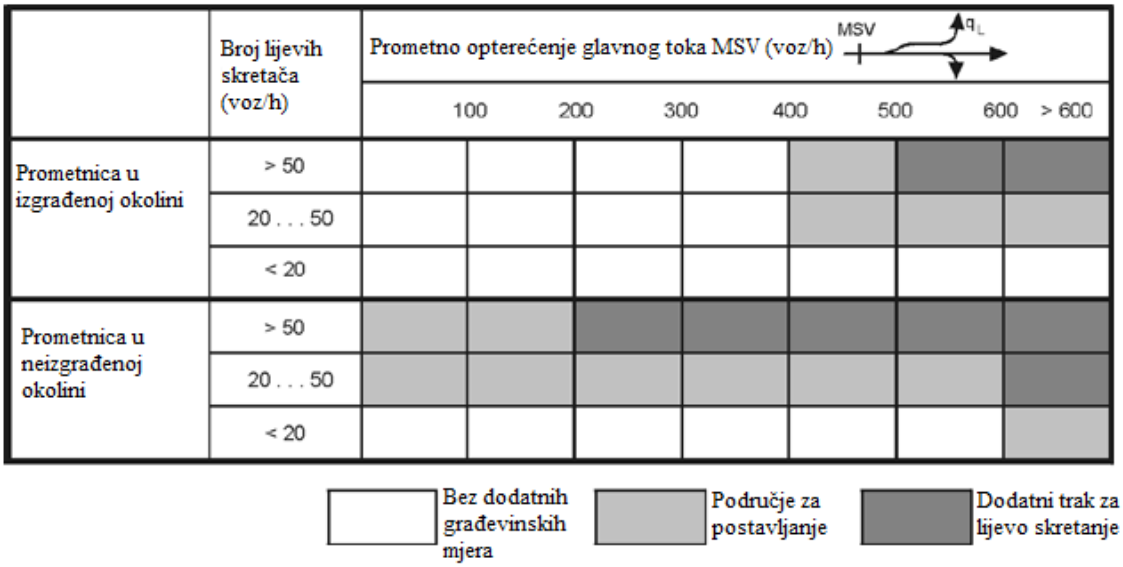
skretanje mogu biti 0,25 m uži od onih provoznih za ravno, ali nikako uži od 2.75m, odnosno 3,00m u slučaju da raskrižjem prometuje i javni gradski promet.

3.3.1. Priključci i raskrižja s pravilom desne strane

Primjena pravila desne strane dolazi u obzir pretežno kod raskrižja priključnih ulica istoga ranga u zonama smirenog prometa. Kod ulica sa svakodnevnim linijskim autobusnim prometom, pravilo desne strane primijenjuje se samo u iznimnim slučajevima. Ovaj tip raskrižja mora biti pravovremeno raspoznatljiv i jasno shvatljiv, te svi oni elementi koji ugrožavaju shvatljivost raskrižja moraju biti izbjegnuti. Osim toga potrebno je zajamčiti dostatnu preglednost na raskrižju, te oblik raskrižja mora biti homogen, a uz određene pomake i smicanja privoza moguće je poboljšati shvatljivost raskrižja. Ovo je nužno u slučaju raskrižja priključnih cesta različitog ranga odnosno različite gustoće prometa.

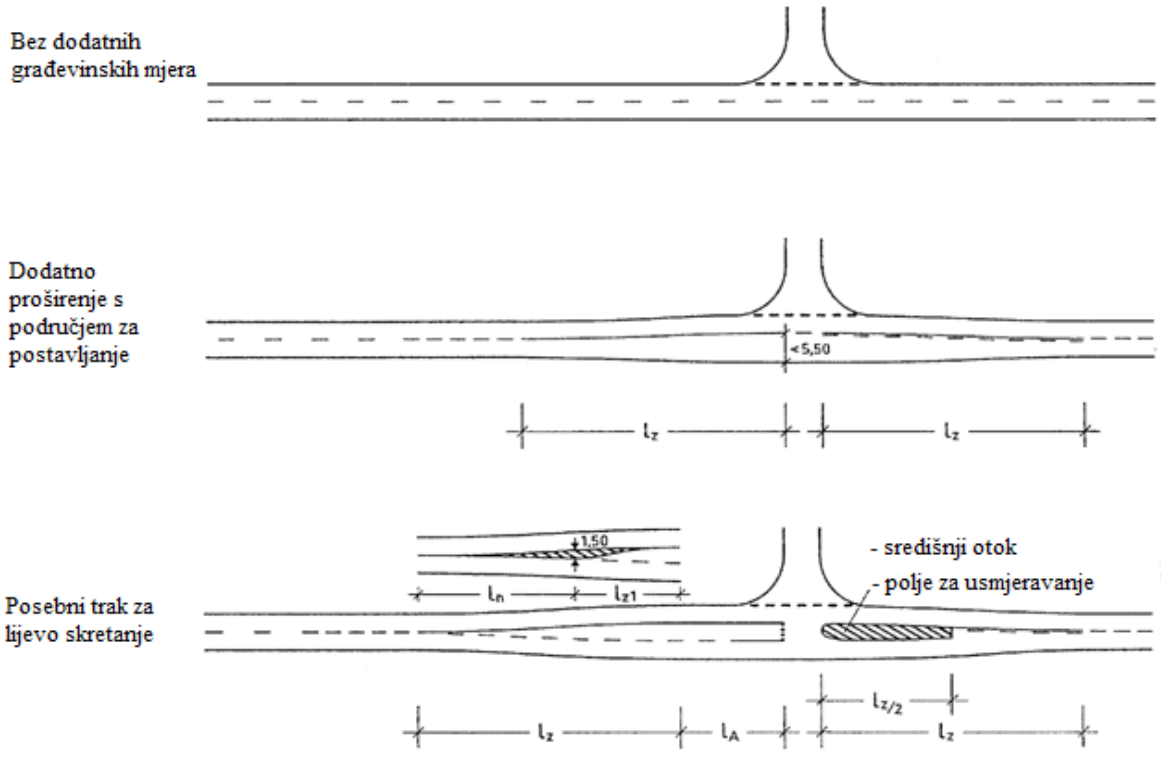
3.3.2. Priključci i raskrižja sa znakom prednosti prolaska

Ovaj tip upravljanja tokovima na raskrižju se najčešće primijenjuje na raskrižjima priključnih cesta različitih rangova i na veznim raskrižjima priključnih ulica na dvotračne glavne ceste. Glavna međusobna razlika između ovakvih raskrižja je način izvedbe građevnog rješenja za skretanja u lijevo. Ovisno o broju vozila koja skreću u lijevo, te jakosti konfliktnih tokova biti će utvrđeno je li potreban posebni trak ili će se primjeniti oblikovno rješenje s područjem za postavljanje vozila. Također da bi se provjerila opravdanost izvođenja dodatnog traka za lijevo skretanje može poslužiti sljedeća slika 9..



Slika 9. Primjena dodatnih trakova za lijevo skretanje s obzirom na prometno opterećenje, [5]

Postoje tri oblikovna rješenja za lijeva skretanja (slika 10.).



Slika 10. Oblikovna rješenja izvedbe traka za lijevo skretanje, [5]

Međutim, u svrhu povećanja prometne sigurnosti moguća je izvedba prometnih trakova za lijeve skretače neovisno o prometnom opterećenju npr. kada brzina vožnje prelazi

50km/h. Ovakvi trakovi za lijevo skretanje izvedeni su iz područja za razvlačenje (l_Z) i postavljanje (l_A). Na raskrižjima glavnih prometnica u izgrađenim područjima dostatni su najčešće kraći trakovi za razvlačenje u dužini od 10 m do 20 m. Na prometnicama izvan izgrađenih područja duljina ovakvih trakova određuje se s obzirom na najveću dopuštenu brzinu vožnje i s obzirom na proširenja trakova u svrhu provoznosti koje se računa prema sljedećoj formuli.

$$L_z = V_k \cdot \sqrt{\frac{i}{3}} \qquad (1)$$

Duljina za razvlačenje izvodi se od početne točke prostora namjenjenog za prijelaz, a također može biti izvedena uz pomoć područja za razvrstavanje i zone zatvorenog tipa prijelaza na kojem je širina 1,5 m. Ukupna duljina područja za razvlačenje je u tome slučaju maksimalno 30 m (l_Z-$l_N \geq l_{ZI} \leq 30$m).

Duljina dijela za postavljanje započinje od kraja duljine za razvlačenje do linije za zaustavljanje. Ovisno o prostoru duljine trakova mogu varirati. Potrebna duljina se može odrediti iz analize jakosti konfliktnih tokova. Bez toga može se odrediti pomoću sljedeće tablice.

Tablica 4. Duljine dijela za postavljanje

PODRUČJE UPOTREBE	DULJINA – L_a
Standardna mjera	20,00 m
Najmanja mjera	10,00 m

Izvor: [5]

Širina traka za lijevo skretanje i područja za postavljanje može varirati ovisno o dostupnom području za izgradnju.

Tablica 5. Širina traka za lijevo skretanje

ELEMENT	ŠIRINA
Područje za postavljanje	< 5,50 m (≥ 4,75 m)**
Trak za lijevo skretanje*	≥ 3,00 m (≥2.75 m)**
*) maksimalno 0,25 m uže od prolaznih trakova **) kod skučenih prostora	

Izvor: [5]

3.3.3. Trokutasti otoci

Na glavnim prometnicama unutar izgrađenih područja trebali bi se u iznimnim slučajevima primjeniti trokutasti otoci koji su izvedeni uz trakove za desno skretanje kao temelj za rješenja problematičnih tokova pješaka i biciklista. Kada na raskrižju postoji izveden dodatni prometni trak za desno skretanje, u slučaju postojanja nogostupa i većeg pješačkog prometa trebalo bi se ići na rješenje izvedbe dodatnog vizualnog izbočenja da bi se naglasila prednost pješačkog prometa i smanjila brzina vožnje, te na taj način povećala sigurnost prometa. Kada su kolnici odnosno trakovi za desno skretanje izvedeni bez dodatnih signalnih upozorenja, potrebno ih je izvesti sa što manjim polumjerima. U slučaju veće prostorne potražnje za trajektoriju kretanja vozila većih gabarita može se izvesti širi trak kako bi se osigurala provoznost takvih vozila. Glavni polumjeri provoznosti dani su u tablicama.

Tablica 6. Odgovarajući polumjeri za zaobljenja bez izvedenog trokutastog otoka

Kut promjene smjera	Središnji polumjer R	
	Skretanja sa sporednog pravca	Skretanja s glavnog pravca
80 gon	8,00 m	12,00 m
100 gon	8,00 m	12,00 m (15,00 m)*
120 gon	8,00 m	8,00 m
Vrijednosti manje od R_2 = 7,00 m se ne smiju primjenjivati * R_2 = 15,00 m samo u slučaju kada je izgrađena kaplja		

Izvor: [5]

Tablica 7. Polumjeri u slučaju izvedenih trokutastih otoka

Kut promjene smjera	Središnji polumjer R
80 gon	20,00 m
100 gon	25,00 m
120 gon	25,00 m
Mogu se uključiti međuvrijednosti	

Izvor: [5]

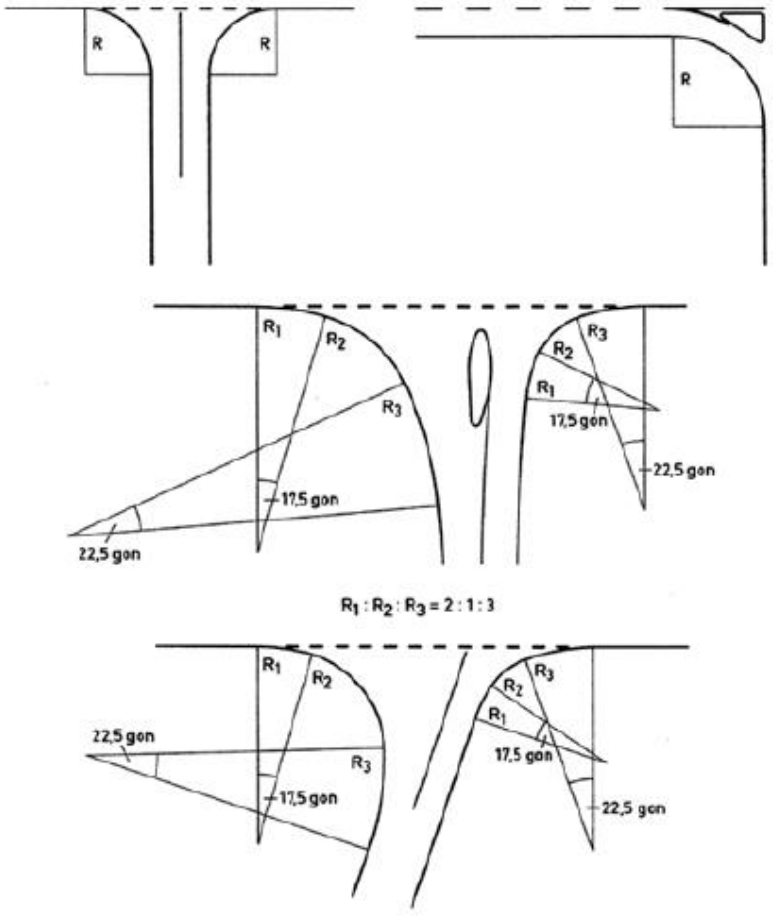
Rubovi trokutastih otoka kod kraćih dužina mogu biti izvedeni i ravno bez zaobljenja ali isto tako ne smiju biti kraći od 5,00 m.

3.3.4. Provoznost i zaobljenja uglova

Mjerodavno vozilo s najvećim dopuštenim gabaritima mora imati mogućnost prolaska kroz raskrižje barem pri niskim brzinama i uz korištenje dijela traka suprotnog toka.

Geometrijske mjere kod priključaka i raskrižja moraju biti ispitane i utvrđene uz pomoć trajektorije odnosno linije kretanja mjerodavnoga vozila. U kolikoj mjeri je omogućeno zauzeće dijela trake jednog od suprotnih tokova ovisit će obujmu i količini prometa, te o prouzročenim smetnjama.

Za dimenzije zaobljenja važno je paziti da ovisno o danoj situaciji mjerodavno vozilo može uspješno proći uglove i zaobljenja. Pod zaobljenjima se podrazumjevaju jednostavni kružni luk ili trodjelni lukovi za fina zaobljenja skretanja. Zaobljenja s tri luka postavljaju se obično češće na križanjima važnijih prometnica kako bi se omogućila dostatna provoznost svih vozila. Na raskrižjima glavnih prometnica u ne naseljenoj okolini treba izabrati središnji polumjer R_2 za zaobljenja bez traka za desno skretane ili klinastih izvoza (slika11.), te je uz to važno da su zaobljenja za desne skretače oblikovana tako da naglašavaju obvezu čekanja i da povećaju preglednost u smjeru nadolazećih tokova. U slučaju potrebe dodatnih kolnika i traka za desne skretače odabrati će se mjere dane u tablici 7.



Slika 11. Izvedbe i zaobljenja uglova kolnika, [5]

3.3.5. Vidna preglednost

Pravodobno uočavanje vozila predstavlja temelj sigurnosti prometa na cestama. Vozači motornih vozila uključujući i bicikliste i pješake trebaju na vrijeme raspoznati moguće konflikte i opasnosti, te ih uspješno izbjeći. Na raskrižjima te na biciklistčkim i pješačkim prijelazima mora se omogućiti prostorna preglednost između visine od 0,80 m i 2,50 m zbog prepreka u tom dijelu vidnoga polja, parkiranih vozila i teških vozila većih gabarita, te okolnog raslinja. Drveća, signalni stupovi i svijetlosna rasvjeta su u tome području dopušteni, ali također ne smiju pridonositi umanjenju vidljivosti i raspoznatljivosti. Kod istraživanja vidnog polja i preglednosti kao polazne veličine uzete su visina očiju vozača osobnog vozila od 1,00 m, visina očiju vozača teških vozila 2,00 m i visina za opažanje vozila koja imaju prednost prolaska od 1,00 m. Prvenstveno vidna preglednost odnosi se na:

- zaustavnu preglednost
- privoznu preglednost
- preglednost za pješake i bicikliste.

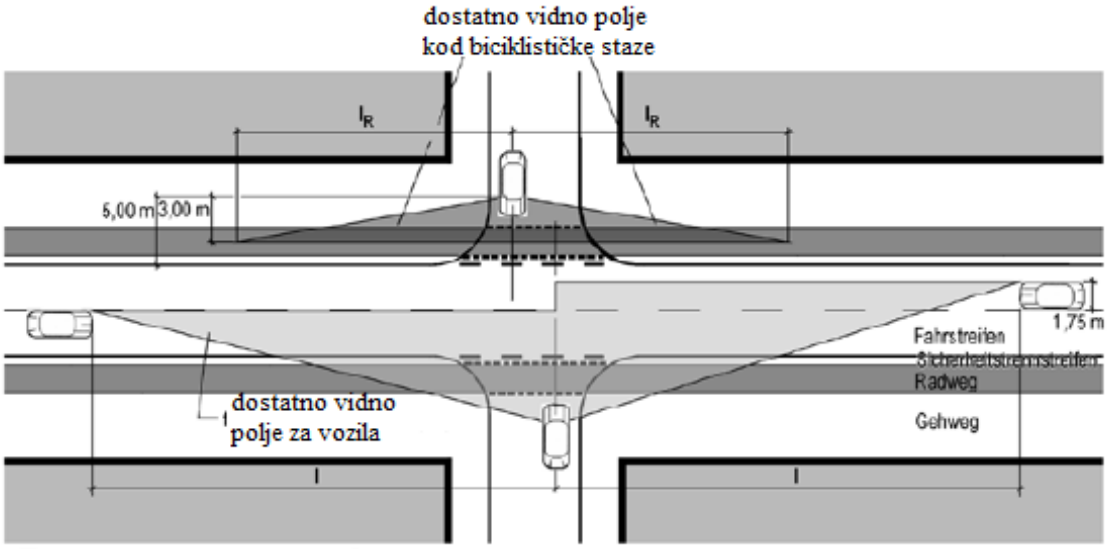
Privozna preglednost označena je kao preglednost koju mora imati vozač vozila koji je na udaljenosti od 3,00 m od ruba kolnika. Taj uvjet biti će omogućen ako je osigurano dostatno polje preglednosti.

Tablica 8. Širine krakova preglednosti s obzirom na brzinu

V_{dop}	Širina kraka (l)
30 km/h	30 m
40 km/h	50 m
50 km/h	70 m
60 km/h	85 m
70 km/h	110 m

Izvor: [5]

Također kod odmaknute bicklističke staze razmak mora biti povećan na 5 m. Krak sigurnog odmaka kod biciklističkih traka obično iznosi 30 m, dok kod skučenih prostora i konfiguracije trase može biti umanjen na 20 m. Ukoliko dostatnu preglednost nije moguće u dovoljnoj mjeri postići, preporučljivo je pristupiti ostalim mjerama za povećanje sigurnosti.



Slika 12. Polje preglednosti između vozila i biciklista, [5]

4. PRIMJENA PRAVILNIKA HANDBUCH FÜR DIE BEMESSUNG VON STRAßENVERKEHRSANLAGEN NA RASKRIŽJA U RAZINI

U ovome poglavlju prikazani su za rad bitni sadržajni dijelovi njemačkog priručnika za dimenzioniranje prometnih uređenja i infrastrukture *Handbuch für Bemessung von Straßenverkehrsanlage - HBS* [7]. Priručnik je izdala udruga za istraživanje prometnih znanosti *(Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV)* sa sjedištem u njemačkom gradu Kölnu. Također ista udruga izdala je smjernice za projektiranje oblikovnih rješenja pojedinih dijelova prometnica. Do sada su izdana tri izdanja ovog priručnika, a u ovome radu koristit će se najnoviji izdani priručnik iz 2015. godine. Priručnik se oslanja na zakonodavne akte i propise koji vrijede u Njemačkoj, te na izdane smjernice za projektiranje. Priručnik pomaže projektantima kod planiranja određenih dijelova prometnica, te standardizaciji oblikovanja građevnih elemenata prometne infrastrukture. Priručnik HBS podijeljen je u tri dijela s obzirom na tip i vrstu okruženja prometnice unutar prometne mreže.

1) Dio A – Autoceste
2) Dio B – Ceste izvan naselja
3) Dio C – Ceste unutar gradova i naselja

4.1. Općenito

4.1.1. Uvod i primjena

HBS sadrži standardizirane metode pomoću kojih se u ovisnosti o infrastrukturnim i prometnim uvjetima za različite načine prometnog uređenja može utvrditi kapacitet prometnice, te na temelju kojeg je dan određen stupanj kvalitete prometne usluge. Koncept stupnja kvalitete prometne usluge u uskoj je vezi sa američkim priručnikom Highway Capacity Manual (HCM). Usporedba kapaciteta i postojeće ili planirane prometne potražnje omogućuje donošenje zaključaka o tome da li je postojeće ili planirano prometno uređenje dovoljno učinkovito. Za određivanje prometno-tehničkih i ekonomskih parametara važno je znati u kojoj mjeri je učinkovito odvijanje prometa, odnosno pod kojom razinom usluge se odvija promet unutar tokova. U tu svrhu vrednovat će se različita prometna uređenja prema prikladnim kriterijima za ocjenu razine kvalitete odvijanja prometa, te će se ocjene podijeliti u šest razina kvalitete od razine A do razine F, gdje razina A predstavlja najvišu i najbolju razinu, dok razina F predstavlja onu najlošiju. Prednost takvih pokazatelja je razjašnjenje i bolje razumjevanje prometnih situacija. Pomoću HBS-a pokazat će se utjecaj mjera poput ograničenja brzine, vođenja tokova, smirivanja prometa na cjelokupnu kvalitetu prometa.

Prometno tehničke analize dolaze u više planskih razina koje se razlikuju s obzirom na detaljnost plana i to su:

1) ukupno planiranje i predistraživanja,
2) konkretna ispitivanja građevinskih poduhvata,
3) odlučivanje u granicama vođenja prometa i prometnog managementa.

Zahtjev za dostupnim ulaznim veličinama kao i za točnost i pouzdanost rezultata povećava se od prve prema trećoj razini, te tako te tri razine zahtjevaju različita prometno tehnička gledišta. Područje unutar kojega se primjenjuje HBS je druga razina. To područje obuhvaća standardizirana ispitivanja oblika novih ili postojećih prometnih uređenja i planova. K tome bitno je poznavati zadane veličine za principijelno oblikovanje prometnih elemenata, te podatke o očekivanoj prometnoj potražnji. Također, metode i postupci unutar HBS-a mogu se sagledavati kao metode za analizu defekata i kvarova unutar tekućeg prometnog sustava na način da se pomoću parametara HBS-a utvrđuju kritični prometni tokovi kod kojih može doći do pucanja i prekida prometnog sustava kao npr. utvrđivanje preopterećenih prometnih tokova gdje se zatim može na temelju ispitanog i poznatog stanja djelovati i spriječiti uska grla na prometnicama i na prometnoj mreži. Pomoću priručnika HBS vrednuje se kvaliteta pojedinih ustroja i djelova prometne mreže isključivo kroz prometno-tehničke poglede orjentirane prema korisniku.

Postupci i izračuni u HBS-u usklađeni su sa aktualnim smjernicama za planiranje i oblikovanje pojedinih prometnih rješenja u Njemačkoj kao što su *Richtlinien für integrierte netzgestaltung (RIN)* iz 2008. prema kojima je dana klasifikacija prometne mreže, *Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA)* iz 2008., *Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL)* iz 2012., *Richtlinien für die Lichtsignalanlagen (RiLSA)* iz 2010. godine, te već prethodno spomenute i opisane smjernice za uređenje gradskih prometnica (RASt) iz 2006. godine. Dakle priručnik uključuje sve dionice i djelove autocesta, cesta izvan i unutar naselja uključujući raskrižja izvedena u jednoj ili više razina, kao i uređenje biciklističkog, pješačkog i smirenog prometa.

Prometni tok na prometno uređenje utječe kroz sljedeće čimbenike:

- oblikovno-tehnički čimbenici,
- upravljačko-tehničke veličine,
- prometne veličine,
- općenite vanjske čimbenike.

Prometno-tehnički čimbenici obuhvaćaju geometrijske parametre oblikovnih elemenata prometnica i raskrižja, te se izvode ovisno o značaju i rangu ceste i prometnim tokovima i prometnoj potražnji. Pod pojmom geometrije uključuje se broj i širina prometnih trakova, proširenja i zaobljenja rubova cesta za omogućavanje provoznosti vozila većih gabarita poput teških vozila, te prostori za vođenje biciklističkog i pješačkog prometa.

Upravljačko-tehnički čimbenici predstavljaju hijerarhijska uređenja upravljanja prometom na prometnicama i raskrižjima kao što su prednost prolaska, prometni znakovi, svjetlosna signalizacija, zabrane i obveze kretanja i najveće dopuštene brzine.

Prometne čimbenike predstavlja razina i veličina prometa, jakost i gustoća prometa, udio pojedinih prometnih entiteta u prometnom toku, te raspodjela tokova.

Vanjske čimbenike predstavljaju smetnje unutar prometnog toka poput prometnih nesreća, kvarovi na vozilima ili infrastrukturi, posebni i ekstremni vremenski uvjeti. Međutim pri izračunima ovi čimbenici nisu uvaženi iz razloga što na njih planerski nije moguće utjecati, nego se pretpostavlja da su ti uvjeti idealni, odnosno da su prometnice suhe i pri dnevnom svjetlu, te da ne postoje smetnje za kapacitet i odvijanje prometa.

Propusna moć je najveći broj vozila odnosno protok kojeg može postići određeni prometni tok u nekom vremenskom intervalu na nekoj prometnici pri danim oblikovno-tehničkim uvjetima i vođenju prometa uz suhu cestu i povoljne vremenske uvjete. Prometni tok obuhvaća sve prometne entitete koji se kreću u istom smjeru po nekoj dionici ceste. Različiti načini ponašanja sudionika u prometu imaju za uzrok da kapacitet jednog prometnog uređenja nema konstantu unutar cijelog sustava, nego može varirati iz razloga što različita vozila imaju različite ciljeve i svrhu putovanja. Iz toga razloga HBS opisuje srednje očekivano stanje koje u stvarnom vremenu može biti veće ili manje nego ono prikazano u teoriji u HBS-u.

4.1.2. Kvaliteta prometa

Pod kvalitetom prometa u Priručniku [7] se podrazumjeva kvalitativni opis stanja prometnog toka sa stajališta korisnika prometa. Kao indikatori razine kvalitete prometa služe računski kriteriji pomoću kojih se može opisati kvaliteta odvijanja prometnih tokova. Ti kriteriji opisuju mogućnost i slobodu kretanja pojedinačnih sudionika prometa unutar toka, odnosno stupanj međusobnog ometanja sudionika unutar nekog dijela prometnice ili raskrižja. Kod prisilnih prekida tokova zbog prometnih pravila poput prednosti prolaska, kriteriji označavaju i prikazuju veličinu negativnog utjecaja tih prekida (vremena čekanja, repovi čekanja). U sljedećoj tablici dani su mjerni kriteriji ovisno o prometnom uređenju.

Tablica 9. Kriteriji za procjenu razine prometne usluge

Način uređenja	Kriterij	Oznaka
Dionice autocesta	Stupanj opterećenja	x
Raskrižja u više razina na autocestama	Stupanj opterećenja	x
Dionice prometnica izvan naselja	Gustoća prometa	k
RiR na cestama izvan naselja	Gustoća prometa	k
Seaforizirana raskrižja u razini	Vrijeme čekanja	t_w
Nesemaforizirana raskrižja u razini	Vrijeme čekanja	t_w
Dionice glavnih cesta	Gustoća prometa	k
Uređenja biciklističkog prometa	Stopa ometanja	S
Uređenja pješačkog prometa	Gustoća prometa	k
Promet u mirovanju	Vrijeme ulaza/izlaza	t_d

Izvor: [7]

Kriteriji za ocjenjivanje podjeljeni su u šest kvalitativnih razina označenih slovima od A do F. Ukoliko je za određen ustroj prometa razina odrediva taj kapacitet odgovara granici između razina E i F. Tamo gdje se ta granica ne može odrediti, ona se određuje pomoću prihvatljive procjene vodeći računa o sigurnosti prometa i pogonskim zahtjevima. Za određivanje međusobnih granica između razina se također uzima u obzir subjektivan osjećaj i zahtjev za kretanjem ili promjenom smjera sudionika, te izbjegavanje zastoja na raskrižju. Za svako uređenje vrijedi jednak način utvrđivanja razina usluge. Pojednostavljeno razine kvalitete odvijanja prometa se mogu prikazati opisno na ovaj način:

- QSV A – individualna sloboda kretanja je gotovo ne narušena. Slobodan prometni tok,
- QSV B – individualna sloboda kretanja je u maloj mjeri narušena. Prometni tok gotovo slobodan,
- QSV C – Individualna sloboda kretanja je osjetno narušena. Prometni tok je stabilan,

- QSV D – individualna sloboda kretanja jasno narušena, međutim prometni tok je još uvijek stabilan,
- QSV E – individualna sloboda kretanja je gotovo stalno narušena i onemogućena, tok nestabilan, dostatna funkcionalna sposobnost,
- QSV F – individualna sloboda kretanja onemogućena u potpunosti i ne postoji mogućnost funkcioniranja sustava.

Za vrste prometnog opterećenja gdje se kao kriterij kvalitete razine usluge uzima vrijeme čekanja razgraničene su slijedeće razine:

- QSV A – vremena čekanja neznatna,
- QSV B – kratka vremena čekanja,
- QSV C – osjetna vremena čekanja,
- QSV D – znatna vremena čekanja,
- QSV E – vremena čekanja dugačka i znatno raspršena,
- QSV F – jako velika vremena čekanja, nefunkcionalnost sustava.

Postupak i metoda proračuna na dijelovima s raskrižjima su nešto drugačiji nego metode određivanja razine usluge otvorenih dionica. Na raskrižjima se ukupna razina usluge uzima kao razina onog privoza tj. toka koji ima najlošiju razinu.

4.2. Gradske prometnice

Dio priručnika s gradskim prometnicama obrađuje metode za procjenu kvalitete prometa gradskih prometnica. Prema njemačkim smjernicama RIN [6] u tu skupinu spadaju glavne, sporedne, priključne i vezne prometnice unutar ne izgrađenih i izgrađenih okolina unutar naselja. Ovaj dio HBS priručnika odnosi se zapravo na iste vrste prometnica kao i u prethodno spomenutim smjernicama RASt iz 2006. godine. Dio Gradske prometnice podjeljen je u deset poglavlja i prvo poglavlje sadrži važne činjenice i područja primjene. Unutar drugog poglavlja opisano je određivanje i utvrđivanje prometne potražnje i mjerodavnog prometnog opterećenja, te način određivanja prognoze stanja tokova. U trećem poglavlju obrađene su otvorene dionice prometnica dok su u četvrtom i petom poglavlju obrađena semaforizirana odnosno nesemaforizirana raskrižja u razini. Zbog praktične primjene na analizirano raskrižje, rad se oslanja na peto poglavlje. U ostalim poglavljima donose se načini izračuna kvalitete biciklističkog, pješačkog i prometa u mirovanju, kao i javnog prometa. Dakle, s obzirom da je u ovome radu kao praktični primjer rada razmatrano raskrižje u razini bez signalnog plana, u radu će se obraditi samo oni za rad bitni elementi.

Metode i proračuni za vrednovanje razine kvalitete odvijanja prometnog toka služe kao dokaz da se na određenom nesemaforiziranom raskrižju u razini može odvijati očekivana prijevozna potražnja unutar željene i planirane razine kvalitete. Kvaliteta prometa utvrđena je kroz oblikovna i prometna obilježja raskrižja, koja kod već izgrađenih raskrižja proizlaze iz

stvarnih postojećih dimenzija i karakteristika, dok kod planiranih raskrižja iz tekućeg procesa planiranja i odnosa u okolini. Izračuni u ovom dijelu priručnika vrijede za sva gradska raskrižja izvedena u razini ili djelomično u razini, točnije:

- priključke i raskrižja upravljana prometnim znakovima,
- raskrižja s kružnim tokom prometa,
- priključke i raskrižja uređena pravilom desne strane.

Praktični primjer rada uključuje raskrižje u razini upravljano prometnim znakovima koji ukazuju na prednost prolaska glavnih privoza. Proračuni se primjenjuju za raskrižja unutar izgrađenih područja naselja na kojima se povezuju dvije prometnice s jednim kolnikom ili cesta s jednim kolnikom i cesta s dvije kolničke trake, odnosno za ona raskrižja koja su obrađena i u smjernicama RASt iz 2006. godine.

4.2.1. Prometno opterećenje

Prema Priručniku [7] prometno opterećenje (q) predstavlja broj prometnih entiteta (M) koji prolaze određenim presjekom prometnice unutar nekog zadanog vremenskog intervala (t).

$$q = \frac{M}{\Delta t} \qquad (2)$$

gdje je dakle:

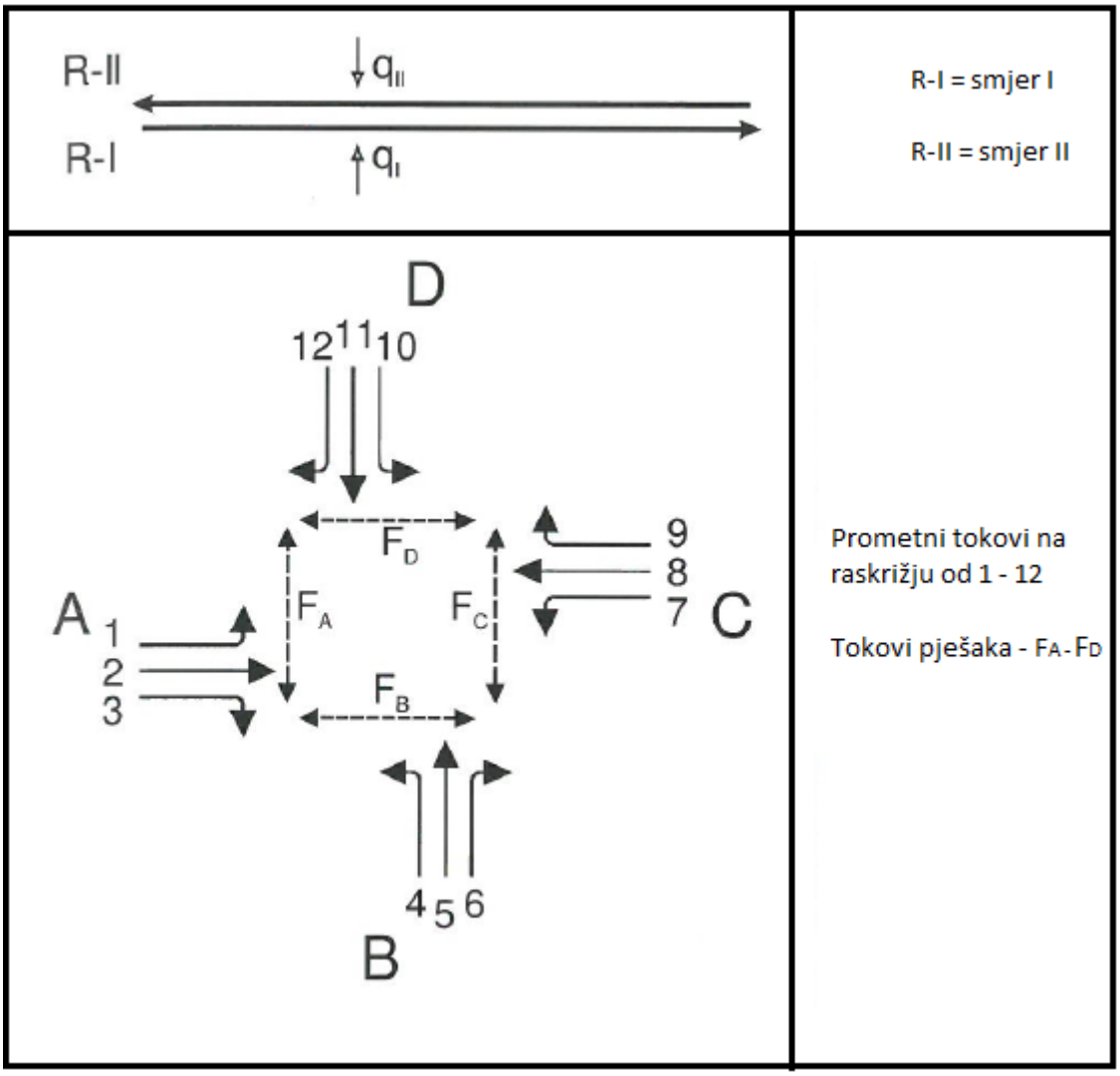
q – prometno opterećenje jednog prometnog toka [prometnih entiteta/vremenskoj jedinici]

M – broj prometnih entiteta [vozila, pješaka, biciklista]

Δt – određeni vremenski interval [vremenska jedinica]

Razlikuju se prometni tokovi motornih vozila, teških vozila, biciklističkog prometa, pješačkog prometa, javnog gradskog prometa.

Dionice cesta su oni dijelovi cesta koji se nalaze na otvorenim područjima prometnica između raskrižja. Prema tome kao dionica prometnice u ovome smislu se podrazumijevaju prometni tokovi na otvorenim dijelovima gradskih cesta u jednome odnosno drugome smjeru kretanja kao što je prikazano na slici 13. Prometni tokovi na raskrižju uključuju sve smjerove kretanja na svakom od danih privoza dakle pri klasičnom četverokrakom raskrižju smjerove od 1 do 12, te uključujući pješački i biciklistički promet.



Slika 13. Prikaz raspodjele tokova na raskrižju, [7]

Bitan čimbenik kod određivanja jakosti tokova predstavlja vremenski čimbenik, odnosno koji vremenski interval je uzet kao mjerodavan kod brojanja prometa. Što su ti intervali manji, variranje vrijednosti između slijedećih intervala međusobno je veće. Iz razloga što je prometni tok prilično ne ravnomjeran uzima se u pravilu vrijednost manjih intervala od jednoga sata kako bi se pokazala pulsiranja količine prometa na nekoj prometnici ili raskrižju. Veći vremenski intervali zahtjevaju razumijevanje prometa kroz prikaz vršnih opterećenja u danom intervalu npr. jednome danu.

Ocjenjivanje razine usluge prometa i oblikovanje pojedinih prometnih uređenja zahtjeva znanje o mjerodavnom prometnom opterećenju i njegovim vrijednostima. Mjerodavno opterećenje će se općenito označiti kao q_B. Mjerodavno opterećenje predstavlja prometnu potražnju na određenoj prometnici ili raskrižju koja je dana iz uzetog vremenskog intervala. Također, mjerodavno opterećenje služi kao bazno opterećenje za računanje budućeg stanja opterećenja na zadanoj lokaciji.

4.2.1. Mjere za ocjenjivanje razine usluge na raskrižjima

S obzirom da se mjera kvalitete prometnog toka promatra sa gledišta korisnika, kao glavni kriterij za opis razine kvalitete prometa koristi se srednje vrijeme čekanja. Kod raskrižja u razini uređenih prometnim znakovima prednosti prolaska računa se srednje vrijeme čekanja za svaki pojedini privoz, te također i za biciklistički i pješački promet. Bitno je naglasiti da je za ukupnu ocjenu razine usluge raskrižja mjerodavan najlošiji pojedinačni privoz na raskrižju. Isto tako uz vrijeme čekanja može biti mjerodavna i veličina repa čekanja koja se odnosi na vozila koja čekaju na uključenje u prometni tok i uzima se u obzir u onim slučajevima kada utječe na sigurno odvijanje toka susjednog raskrižja.

Za određivanje razine prometne usluge na raskrižju koriste se srednja vremena čekanja dana u slijedećoj tablici:

Tablica 10. Mjerodavna vremena čekanja za svaku razinu kvalitete prometne usluge, [7]

QSV	Srednje vrijeme čekanja t_w [s]			
	Raskrižja uređena znakom prednosti		S pravilom desne strane	
	Motorni promet	Biciklisti i pješaci	Raskrižje	priključak
A	≤ 10	≤5	≤10	≤10
B	≤20	≤10	≤10	≤10
C	≤30	≤15	≤15	≤15
D	≤45	≤25	≤20	≤15
E	>45	≤35	≤25	≤20
F	-[1]	>35	>25[2]	>20[2]

[1] – razina F je postignuta kada je prometna potražnja veća od kapaciteta prometnice

[2] – u tome području ne vrijedi više pravilo desne strane

Sve razine se također mogu dati i opisno na sljedeći način:

- QSV A – većina sudionika može gotovo neometano prolaziti raskrižjem, vremena čekanja su prilično mala,
- QSV B – protok vozila koja moraju čekati je ometan od strane vozila na glavnom prometnom toku, ali vremena čekanja su i dalje mala,
- QSV C – vozila na sporednom privozu moraju paziti na osjetniji broj vozila na glavnom privozu, uz osjetna vremena čekanja. Dolazi do stvaranja

zastoja i repova čekanja koja ipak s obzirom na njihovo prostorno širenje i vrijeme pražnjenja još uvijek nemaju negativan utjecaj,

- QSV D – većina vozila i sudionika na sporednom toku mora na mjestima uključenja prihvatiti veće vremenske gubitke i čekati na vremenske praznine, međutim prometno stanje je i dalje stabilno,
- QSV E – tvore se zastoji koji se pri danom opterećenju ne mogu ukloniti odnosno isprazniti, vremena čekanja prilično visoka, te je dostignut kapacitet raskrižja,
- QSV F – broj vozila koji prolaze privozom raskrižja je preko jednog sata veći od kapaciteta toga privoza. Oblikuju se dugački repovi čekanja s posebno visokim vremenima čekanja. Raskrižje preopterećeno.

4.2.2. Određivanje jačine prometa

Preduvjet za primjenu postupka je određivanje mjerodavnog prometnog opterećenja za svaki pojedini tok i privoz. Kod raskrižja uređenih s pravilom prednosti prolaska potrebno je odvojiti teški promet od lakih vozila. Pod pojmom teški promet podrazumijevaju se kamioni i autobusi teži od 7,5t. Također važno je voditi računa o nemotoriziranom prometu i ubrojiti pješački i biciklistički promet za svaki pojedini privoz i prijelaz. Zbog međusobnih razlika prometnih entiteta (masa, gabariti, sposobnost ubrzanja i usporenja), sva vozila potrebo je svesti na zajedničku vrijednost koja će opisivati stanje unutar toka. To se izvodi pomoću jednadžbe koja ubraja sve entitete u toku i čiji rezultat daje jedinstvenu ekvivalentnu jedinicu vozila $q_{PE.}$

$$q_{PE} = f_{PE} \cdot q \qquad (3)$$

gdje je:

q_{PE} – prometno opterećenje jednoga toka izraženo u ekvivalentnim jedinicama automobila [EJA/h]

f_{PE} - faktor preračunavanja za sva vozila

q- prometno opterećenje jednog prometnog toka,

pri čemu se faktor preračunavanja f_{PE} računa na način:

$$f_{PE} = \frac{0{,}5 \cdot q_{bic} + q_{LV} + 1{,}5 \cdot q_{LTV+BUS} + 2{,}0 \cdot q_{TTV}}{q_{bic} + q_{LV} + q_{LTV+BUS} + q_{TTV}} \qquad (4)$$

gdje je:

f_{PE} – faktor preračunavanja za vozila [EJA/voz]

q_{bic} – broj biciklista [bic/h]

q_{LV} – broj lakih vozila [voz/h]

$q_{LTV+BUS}$ – broj lakih teretnih vozila i autobusa do 7,5 t [voz/h]

q_{TTV} – broj teških teretnih vozila iznad 7,5 t

U slučaju da razdioba između lakog i teškog teretnog prometa nije poznata, tada laki i teški teretni promet se računa zajednički i onda jednadžba izgleda sljedeće:

$$f_{PE} = \frac{0{,}5 \cdot q_{bic} + q_{LV} + 1{,}7 \cdot q_{TV}}{q_{bic} + q_{LV} + q_{TV}} \qquad (5)$$

gdje oznaka q_{TV} predstavlja broj teških vozila unutar sata.

Ukoliko nema informacija o udjelu pojedinih vrsta vozila unutar prometnog toka, kao zadana vrijednost faktora za preračunavanje na zajedničku ekvivalentnu voznu jedinicu uzma se vrijednost od $f_{PE} = 1{,}1$.

Za mješovite prometne tokove i privoze na kružnim raskrižjima, faktor preračunavanja između zajedničke vozne jedinice i broja vozila računa se pomoću ove jednadžbe:

$$f_{PE,m} = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i \cdot f_{PE,i}}{\sum_{i=1}^{n} q_i} \qquad (6)$$

gdje je:

$f_{PE,m}$ – faktor preračunavanja prometa za mješoviti tok

n – broj prometnih tokova unutar mješovitog toka

q_i – prometno opterećenje toka i

$f_{PE,i}$ – faktor preračunavanja za tok i

4.2.3. Određivanje razine usluge na raskrižju

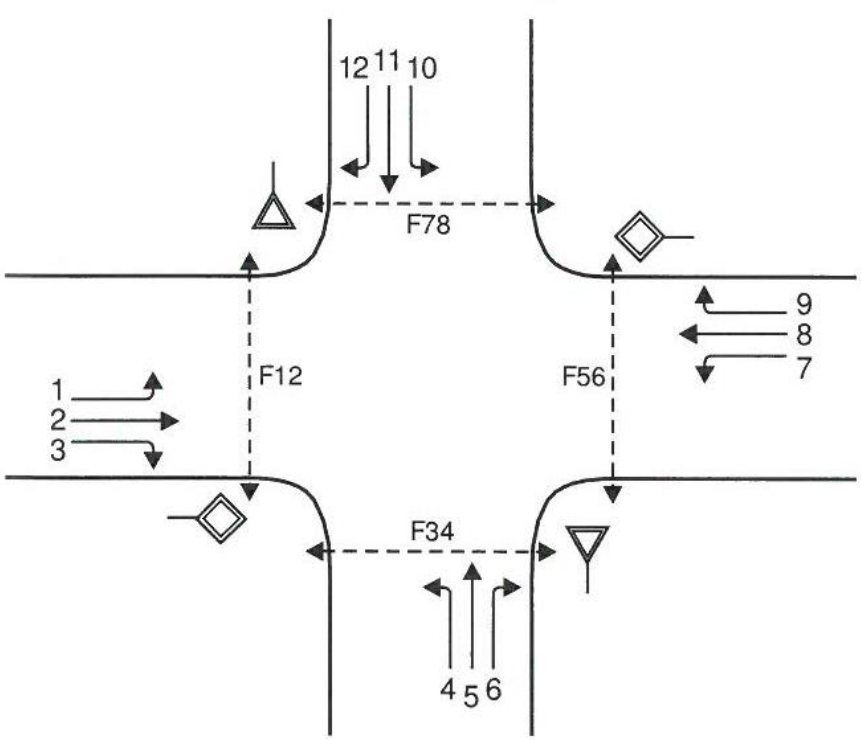
Načini i metode za određivanje razine usluge na raskrižjima reguliranim znakovima prednosti prolaska obuhvaćaju sljedeće etape:

1) određivanje kapaciteta za sporedne manevre odnosno tokove,
2) određivanje srednjeg vremena čekanja za svaki pojedini tok i manevar na osnovu kapaciteta rezervi,
3) vrednovanje vremena čekanja kroz zadane parametre i vrijednosti pojedinih stupnjeva razine usluge,
4) određivanje duljine repova čekanja,

5) određivanje razine kvalitete za pješake i bicikliste.

4.2.3.1. Određivanje kapaciteta na raskrižjima uređena pravilima prometnih znakova

Pravilima iznesenim zakonom [1] raskrižje uređeno znakovima prednosti prolaska ustrojeno je hijerarhijski na način da određeni prometni tokovi (sporedni) moraju propustiti sva vozila koja nailaze na raskrižje, a koja se nalaze na glavnom pravcu i prometnom toku. Odnosi i način ustroja raskrižja iznesen je u slici 14.



Slika 14. Raspodjela tokova na raskrižju, [7]

Za svaki sporedni tok odredit će se prometno opterećenje njegovog konfliktnog toka prema načinu danom u tablici 11. Također, biciklistički promet koji je izveden na kolniku ući će u proračun mjerodavnog konfliktnog toka.

Tablica 11. Određivanje opterećenja mjerodavnih tokova

Sporedni tok	broj	Opterećenje mjerodavnog konfliktnog toka (voz/h)
Lijeva skretanja sa glavnog privoza	1	q_8 [6] + q_9 [1]
	7	q_2 [6] + q_3 [1]
Desna skretanja sa sporednog privoza	6	q_2 [2) 6)] + 0,5·q_3 [3)] + q_{10} [5)]
	12	q_8 [2) 6)] + 0,5·q_9 [3)] + q_4 [5)]
Tokovi za ravno na sporednim privozima	5	q_2 [6)] +0,5·q_3 [3)] + q_8 [6)] + q_9 [1)] + q_1 [6)] + q_7 [6)]
	11	q_8 [6)] + 0,5·q_9 [3)] + q_2 [6)] + q_3 [1)] + q_1 [6)] + q_7 [6)]
Lijeva skretanja sa sporednog privoza	4	q_2 [6)]+0,5·q_3 [3)] + q_8 + 0,5·q_9 [3)] + q_1 [6)] + q_7 [6)] +q_{12} [1) 4)] + q_{11} [4) 6)]
	10	q_8 [6)] + 0,5·q_9 [3)] + q_2 + 0,5·q_3 [3)] + q_1 [6)] + q_7 [6)] + q_6 [1) 4)] + q_5 [4) 6)]

Izvor: [7]

Indeksi i brojevi odnose se na raspoređene tokove prema slici 14. Također eksponenti kod svakog pojedinog toka imaju značenje:

1) Ukoliko su tokovi 3, 6, 9 ili 12 odvojeni posebnim trokutastim otokom ti se tokovi zanemaruju,
2) Ukoliko su tokovi 2 i 8 izvedeni s dva prometna traka, uzimat će se u obzir, ako je poznata, ona količina prometa koja je na desnom traku. Međutim ako podatci o pojedinim količinama prometa unutar traka nisu poznati uzet će se podatci $q_2/2$ odnosno $q_8/2$,
3) Ukoliko na prometnim tokovima 3 i 9 postoje posebni prometni trakovi za desno skretanje ti tokovi će se zanemariti,
4) Ukoliko je na sporednim privozima za tokove 11, 12, 5 i 6 nalazi poseban znak obaveznog zaustavljanja, ti tokovi će se zanemariti,
5) Samo kada su tokovi za desno skretanje na sporednom privozu 6 i 12 izvedeni sa dodatnim trokutastim otokom, tada dolazni tokovi za lijevo skretanje 4 i 10 imaju prednost prolaska, te će se tako vrenovati i u proračunima,
6) Tokovi biciklističkog prometa koji idu istim smjerom kao i provozni tokovi toga traka će se također uzet u obzir i nadodati.

Prometno opterećenje mjerodavnih glavnih tokova, služi kao ulazna veličina pri određivanju baznih kapaciteta $G_{PE,}$i za sporedne tokove.

$$G_{PE,i} = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{qp}{3600}\left(t_g - \frac{t_f}{2}\right)} \qquad (7)$$

gdje je:

$G_{PE,i}$ – bazni kapacitet sporednog toka i [EJA/h]

q_p – opterećenje mjerodavnog toka prema tablici 11. [voz/h]

t_g - kritična vremenska praznina dana prema tablici 12. [s]

t_f – srednje vrijeme slijeđenja prema tablici 12. [s]

Tablica 12. Vrijednosti kritičnih vremenskih praznina i vremena slijeđenja

Sporedni tok	Broj	Kritična vremenska praznina - t_g [s]	Vrijeme slijeđenja - t_f [s]	
			Znak raskrižje s cestom s prednošću prolaska – BO1	Znak obaveznog zaustavljanja – B02
Lijevo skretanje sa glavnog privoza	1 7	5,5	2,8	
Desno skretanje sa sporednog privoza	6 12	5,9	3,0	3,9
Ravno sa sporednog privoza	5 11	6,7	3,3	3,8
Lijevo skretanje sa sporednog privoza	4 10	6,5	3,2	3,8
Ravno i lijevo skretanje iz sporednog privoza kod jednotračnih kolnika u glavnom privozu	4 5 11 10	5,6	3,2	3,8

Izvor: [7]

Prometni tokovi 1, 3, 6, 7, 9 i 12, sve dok tokovi 3, 6, 9 i 12 nisu odvojeni trokutastim otokom, su zakonski dužni propustiti sve pješake koji nailaze na pješačke prijelaze na tim tokovima. Tada kapaciteti za te tokove se računaju prema sljedećoj jednadžbi:

$$C_{PE,i} = f_{f,EK,j} \cdot G_{PE,i} \qquad (8)$$

gdje je:

$C_{PE,i}$ – kapacitet toka i [EJA/h] – ukoliko su tokovi 3, 6, 9 ili 12 odvojeni trokutastim otokom tada vrijedi - $C_{PE,3}=G_{PE,3}$, $C_{PE,6}=G_{PE,6}$, $C_{PE,9}=G_{PE,9}$, $C_{PE,12}=G_{PE,12}$

i – tokovi 1, 3, 6, 7, 9 ili 12

$f_{f,EK,i}$ – faktor umanjenja s obzirom na pješačke tokove (j) prikazane na grafikonu 1.

- za i=1; j=F78

- za i=3; j=34; ako biciklistički tokovi imaju isti smjer kao i tok 2, treba ih također uvažiti u proračunima

- za i=6; j=F56

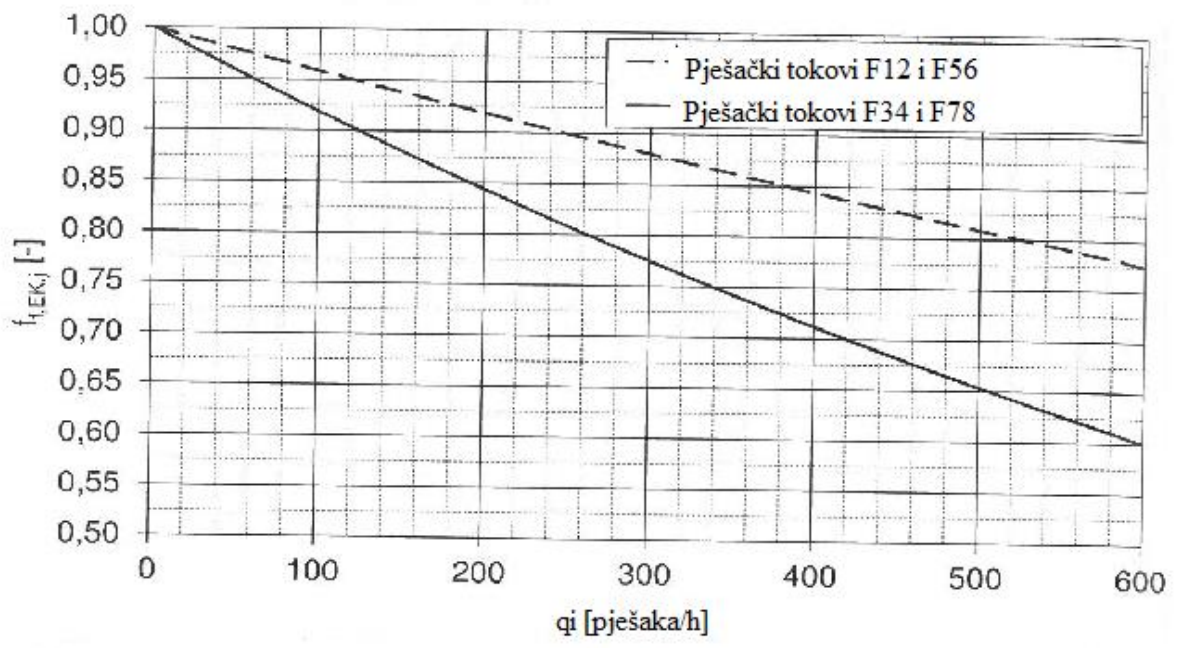
- za i=7; j=F34

- za i=9; j=F78; ako biciklistički promet vođen istim smjerom kao i tok 8 ima zasebnu traku, također ga treba uključiti u proračun

- i=12; j=F12

$G_{PE,i}$ – bazni kapacitet prometnog toka i [EJA/h];

- $G_{PE,3}$ i $G_{PE,9}$ = 1600 EJA/h
- $G_{PE,1}$, $G_{PE,6}$, $GPE_{,7}$ ili $G_{PE,12}$ prema zadanoj jednadžbi



Grafikon 1. Faktor umanjenja s obzirom na pješačke tokove, [7]

Prometni tokovi na sporednom privozu moći će proći raskrižjem samo u slučaju ako se unutar tokova lijevih skretača na glavnom privozu ne stvaraju repovi čekanja. Dakle, iz toga proizlazi da vjerojatnost da nema reda čekanja na privozima za lijevo na glavnom toku, izravno utječe na vjerojatnost da nema reda čekanja na sporednim tokovima za ravno. Također ta vjerojatnost ovisi o broju mjesta za postavljanje za lijeve skretače na glavnome toku. Vjerojatnost da nema repova čekanja za tokove 1 i 7 računa se:

$$p_{0,1} = max\begin{cases}1 - x_{1+2+3}\\0\end{cases} \qquad (9)$$

$$p_{0,7} = max\begin{cases}1 - x_{7+8+9} \\ 0\end{cases} \qquad (10)$$

gdje je:

- $p_{0,1}$, $p_{0,7}$ – vjerojatnost da nema redova čekanja na tokovima 1, 2, 3 odnosno 7,8,9

- x_{1+2+3}, $x_{7+8+9,}$ – zajednički stupanj opterećenja prometnih tokova 1, 2 i 3 odnosno 7, 8, i 9 u ovisnošću o mogućem broju mjesta za postavljanje lijevih skretača

Ovisnost broja mogućih mjesta za postavljanje lijevih skretača n_L:

kada je $n_L = 0$

$$x_{1+2+3} = \begin{cases}\frac{x_1}{1-x_2-x_3} \\ 1\end{cases} \qquad (11)$$

za $1 - x_2 - x_3 > 0$

$1 - x_2 - x_3 \leq 0$

$$x_{7+8+9} = \begin{cases}\frac{x_7}{1-x_8-x_9} \\ 1\end{cases} \qquad (12)$$

za $1 - x_8 - x_8 > 0$

$1 - x_8 - x_9 \leq 0$

kada je $n_L>0$ određuje se pomoću tablica.

- x_{1-9} – stupanj opterećenja tokova od 1 do 9, računa se na sljedeći način, no međutim ako tokovi 3 i 9 imaju trokutaste otoke u jednadžbama za vjerojatnost repova čekanja računaju se x_3 i $x_9 = 0$

$$x_{1\text{-}9} = \frac{q_{PE,x}}{C_{PE,x}} \qquad (13)$$

- $q_{PE,1\text{-}9}$ – pojedino prometno opterećenje prometnih tokova od 1-9 [EJA/h]
- $C_{PE,1\text{-}9}$ – pojedini kapacitet tokova od 1-9 [EJA/h] ($C_{PE,2} = C_{PE,8} = 1800$ EJA/h), kapaciteti za tokove 1, 3, 7 i 9
- n_L – broj mjesta za postavljanje za lijevo skretanje [voz]

Kapaciteti tokova za ravno (prometni tokovi 5 i 11) na sporednom privozu određuju se na način:

$$C_{PE,5} = p_x \cdot G_{PE,5} \qquad (14)$$

$$C_{PE,11} = p_x \cdot G_{PE,11} \qquad (15)$$

gdje je:

$C_{PE,5}$ i $C_{PE,11}$ – kapacitet prometnih tokova 5 i 11

p_x – vjerojatnost da istodobno nema repova čekanja na oba glavna privoza

$G_{PE,5}$ i $G_{PE,11}$ – bazni kapacitet prometnih tokova 5 ili 11

Vjerojatnost da istodobno na oba glavna privoza nema redova čekanja može se izračunati uz pomoć formule:

$$p_x = p_{0,1} \cdot p_{0,7} \qquad (16)$$

gdje je:

- $p_{0,1}$ i $p_{0,7}$ – vjerojatnost stanja bez repova čekanja na privozima 1, 2 i 3 odnosno 7, 8, i 9

Kapaciteti lijevih skretača na tokovima 4 i 10 proizlaze iz redova čekanja prometnih tokova za lijevo na glavnom privozu, tokova za desno na 6 i 12, kao i tokova za ravno na sporednom privozu 5 i 11. Nakon izračuna pojedinih vjerojatnosti redova čekanja odrediti će se faktori $p_{z,5}$ i $p_{z,11}$.

$$p_{0,i} = \begin{cases} 1 - \frac{q_{PE,i}}{C_{PE,i}} \\ 0 \end{cases} \qquad (17)$$

gdje je:

- $p_{0,i}$ – vjerojatnost da nema redova čekanja na toku i
- $q_{PE,i}$ – opterećenje pojedinog toka i
- $C_{PE,i}$ – kapacitet pojedinog toka i

$$p_{z,5} = \frac{1}{\frac{1}{p_x} + \frac{1}{p_{0,5}} - 1} \qquad (18)$$

$$p_{z,11} = \frac{1}{\frac{1}{p_x} + \frac{1}{p_{0,11}} - 1} \qquad (19)$$

gdje je:

- $p_{z,5}$ i $p_{z,11}$ – vjerojatnost da istodobno nema redova čekanja na oba glavna privoza te na tokovima 5 i 11
- p_x – vjerojatnost da istodobno nema redova čekanja na oba glavna privoza
- $p_{0,5}$ i $p_{0,11}$ – vjerojatnost da nema redova čekanja na tokovima 5 i 11

Kapaciteti tokova za lijevo 4 i 10 određuju se prema jednadžbama:

$$C_{PE,4} = f_{f,EK,F12} \cdot p_{z,11} \cdot p_{0,12} \cdot G_{PE,4} \quad (20)$$

$$C_{PE,10} = f_{f,EK,F56} \cdot p_{z,5} \cdot p_{0,6} \cdot G_{PE,10} \quad (21)$$

gdje je:

- $C_{PE,4}$, $C_{PE,10}$ – kapacitet prometnih tokova 4 i 10 [EJA/h]
- $f_{f,EK,F12}$ i $f_{f,EK,F56}$ – faktori umanjenja s obzirom na pješačke tokove (prema grafikonu 1. uzimajući u obzir tokove q_{F12} i q_{F56} - opterećenje pješačkih tokova F12 i F56)
- $p_{z,5}$ i $p_{z,11}$ - vjerojatnost da istodobno nema redova čekanja na oba glavna privoza te na tokovima 5 i 11
- $p_{0,12}$ i $p_{0,6}$ – vjerojatnost da nema redova čekanja na tokovima 12 i 6, no međutim ako postoje posebno izgrađeni trokutasti otoci na tim privozima vrijednosti $p_{0,12}$ i $p_{0,6}$ se zanemaruju
- $G_{PE,4}$ i $G_{PE,10}$ – bazni kapacitet prometnih tokova 4 i 10
-

Nakon proračuna pojedinih kapaciteta za svaki prometni tok, potrebno je izračunati i kapacitete zajedničkih trakova. Kapacitet jednog zajedničkog traka sporednog privoza biti će veći ako su izvedena proširenja kako bi se vozila mogla jedno do drugoga postaviti za ulazak u raskrižje. Broj mogućih mjesta za postavljanje u tome slučaju će se označiti sa n_F. Iz toga proizlazi da kapacitet zajedničkih tokova 4+5+6, odnosno 10+11+12 je moguće izračunati na sljedeći način:

$$C_{PE,4+5+6} = min\left\{\frac{q_{PE,4}+q_{PE,5}+q_{PE,6}}{x_4+x_5+x_6} \cdot f_{A,4+5+6} \atop 1800\right. \quad (21)$$

gdje je vrijednost $f_{A,4+5+6} = 1$, ako je $n_F = 0$.

Odnosno,

$$f_{A,4+5+6} = \frac{x_4}{\sqrt[n_f+1]{x_4{}^{(n_f+1)}+(x_5+x_6)^{(n_f+1)}}} + \frac{x_5+x_6}{\sqrt[n_f+1]{(x_4+x_5)^{(n_f+1)}+x_6{}^{n_f+1}}} \quad (22)$$

ako je $n_F > 0$, odnosno za tokove 10, 11 i 12:

$$C_{PE,10+11+12} = min\left\{\frac{q_{PE,10}+q_{PE,11}+q_{PE,12}}{x_{10}+x_{11}+x_{12}} \cdot f_{A,10+11+12} \atop 1800\right. \quad (23)$$

kada je $n_F = 0$, te $f_{A,10+11+12} = 1$.

Odnosno,

$$f_{A,10+11+12} = \frac{x_{10}}{\sqrt[n_f+1]{x_{10}{}^{(n_f+1)}+(x_{11}+x_{12})^{(n_f+1)}}} + \frac{x_{11}+x_{12}}{\sqrt[n_f+1]{(x_{10}+x_{11})^{(n_f+1)}+x_{12}{}^{n_f+1}}} \quad (24)$$

ako je $n_F > 0$.

- $C_{PE,\ 4+5+6}$, $C_{PE,\ 10+11+12}$ – kapaciteti zajedničkih trakova

- x_i – stupanj opterećenje pojedinog toka i (u ovom slučaju 4, 5, 6, 10, 11, 12)

- $q_{PE,\ 4+5+6}$, $q_{PE,\ 10+11+12}$ – prometna opterećenja zajendičkih trakova

- $f_{A,4+5+6}$, $f_{A,10+11+12}$ – koeficijent s obzirom na proširenje

Ukoliko za lijeve skretače na glavnim privozima ne postoji poseban trak, ili je na raspolaganju kraći prometni trak za lijevo skretanje, zbog vozila koja čekaju na skretanje, može doći do stvaranja zastoja na prometnim tokovima za ravno i desno. Kapacitet takvih zajedničkih tokova se izračunava pomoću sljedeće jednadžbe:

$$C_{PE,1+2+3} = min\begin{cases}\frac{q_{PE,1}+q_{PE,2}+q_{PE,3}}{1-p_{o,1}} \\ 1800\end{cases} \qquad (25)$$

$$C_{PE,7+8+9} = min\begin{cases}\frac{q_{PE,7}+q_{PE,8}+q_{PE,9}}{1-p_{o,7}} \\ 1800\end{cases} \qquad (26)$$

gdje je:

- $C_{PE,\ 1+2+3}$, $C_{PE,\ 7+8+9}$ – kapaciteti zajedničkih tokova (u ovom slučaju 1, 2, 3, 7, 8, 9)

- $q_{PE,\ 1+2+3}$, $q_{PE,\ 7+8+9}$ – prometna opterećenja tokova (1, 2, 3, 7, 8, 9)

- $p_{o,1}$, $p_{o,7}$ – vjerojatnost da nema zastoja u tokovima 1 i 7 (prema jednadžbi 9 i 10)

Ukoliko stoji kraći prometni trak za lijeva skretanja, kapacitete zajedničkih tokova potrebno je provjeriti samo u slučaju ako duljine repova čekanja N_{95} na tokovima lijevih skretača (1 i 7) su veće od broja mjesta za postavljanje na prometnom traku za lijevo.

4.2.3.2. Vremena čekanja na raskrižjima ustrojena znakovima prednosti prolaska

Za određivanje vremena čekanja nužni su prethodno dobiveni podaci o kapacitetima. Kapacitet C pojedinačnih prometnih tokova (voz/h) može se dobiti uz jednadžbu:

$$C_i = \frac{C_{PE,i}}{f_{PE,i}} \qquad (27)$$

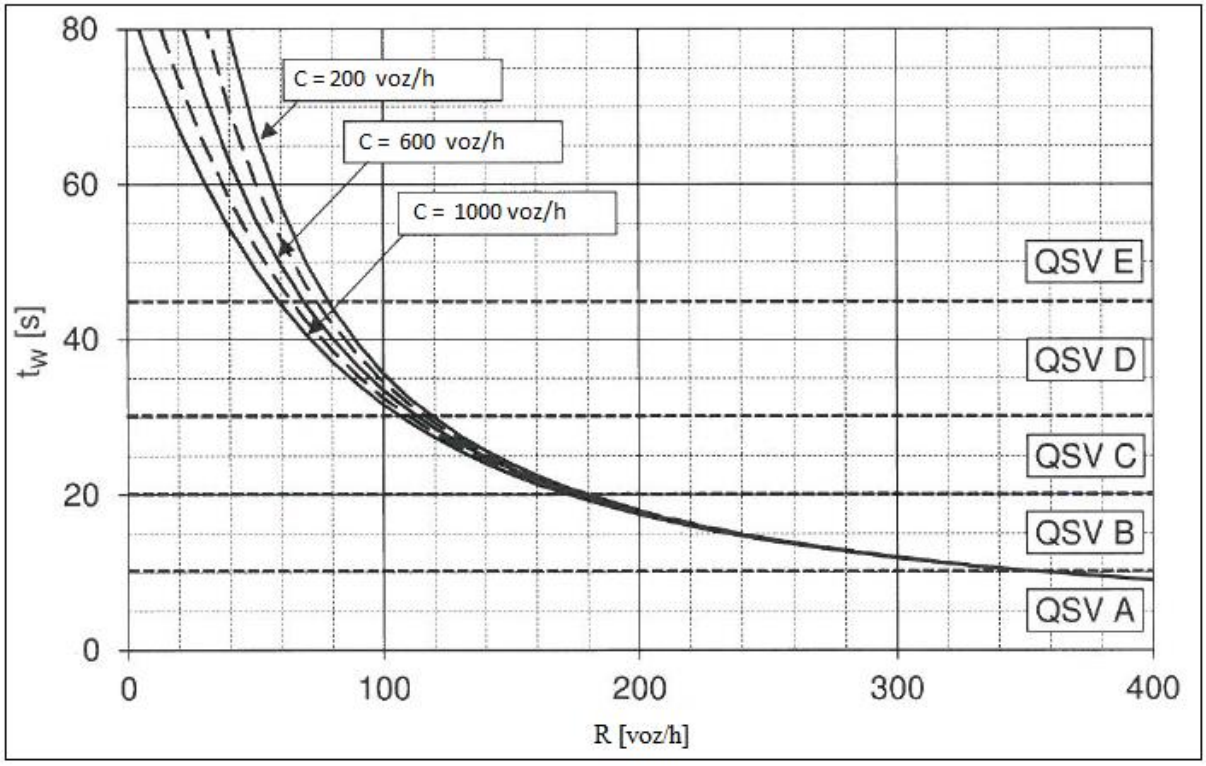
pri čemu je:

- $C_{PE,i}$ – kapacitet pojedinog toka izražen u EJA/h
- $f_{PE,i}$ – faktor preračunavanja u jedninstvenu ekvivalentnu jedinicu automobila

Kapacitet rezervi unutar svakog pojedinačnog toka R_i računa se uz pomoć formule:

$$R_i = C_i - q_i \qquad (28)$$

Ovisnost srednjeg vremena čekanja o realnom kapacitetu i kapacitetu rezervi priložena je na grafikonu 2..



Grafikon 2. Srednje vrijeme čekanja u ovisnosti o kapacitetu rezervi i razini usluge, [7]

Za određivanje ukupne kvalitete razine usluge na određenom raskrižju uzima se vrijednost vremena čekanja na onom toku gdje je vrijeme čekanja najveće. Također vrijeme čekanja se može izračunati i pomoću iduće formule:

$$t_{w,i} = \frac{3600}{C_i} + 900 \cdot \left[\left(\frac{q_i}{C_i} - 1\right) + \sqrt{\left(\frac{q_i}{C_i} - 1\right)^2 + \frac{8 \cdot q_i}{(C_i)^2}}\right] \qquad (29)$$

gdje je:

- $t_{w,i}$ – vrijeme čekanja za prometni tok i [s]
- C_i – kapacitet toka i [voz/h]
- q_i - prometno opterećenje toka i

4.2.3.3. Računanje reda repova čekanja

Kao kriterij ocjene prometne situacije na nekom raskrižju, može se također uzeti i veličina repa čekanja. To može biti u slučajevima gdje je zbog skučenog prostora nemoguće izvesti dovoljno veliko područje za postavljanje na raskrižju. Duljina traka za skretanje trebala bi iznositi 95% duljine repa čekanja N_{95} u vozilima, što znači da 95% vremena tijekom mjernog intervala je gužva kraća od N_{95} vozila. Duljina repova čekanja promatra se posebice za tokove lijevih skretanja jer oni izravno utječu na tokove za ravno. Vrijednosti se računaju pomoću formule:

$$N_{95,i} = \frac{C_i}{4}\left[\left(\frac{q_i}{C_i} - 1\right) + \sqrt{\left(\frac{q_i}{C_i} - 1\right)^2 + \frac{24 \cdot q_i}{(C_i)^2}}\right] \qquad (30)$$

5. PROJEKTNO OBLIKOVNI ELEMENTI KARAKTERISTIČNOG RASKRIŽJA TEMELJEM POSTOJEĆE PRAKSE

U ovome poglavlju analizirano je karakteristično raskrižje te njegovi postojeći oblikovni elementi. Kao primjer raskrižja odabrano je raskrižje u gradu Vinkovcima točnije raskrižje Ulice Hans Dietricha Genschera i Ulice Hrvoja Vukčića Hrvatinića. Grad Vinkovci nalazi se u istočnoj slavonskoj regiji Republike Hrvatske i broji oko 35 000 stanovnika [8]. Vinkovci predstavljaju važno željezničko čvorište radi željezničke pruge koja prolazi gradom. Razmatrano raskrižje nalazi se u južnom dijelu grada, a Ulica Hans Dietricha Genschera je jedna od važnijih ulica unutar prometne mreže grada.



Slika 15. Šire područje raskrižja

Izvor: [9]

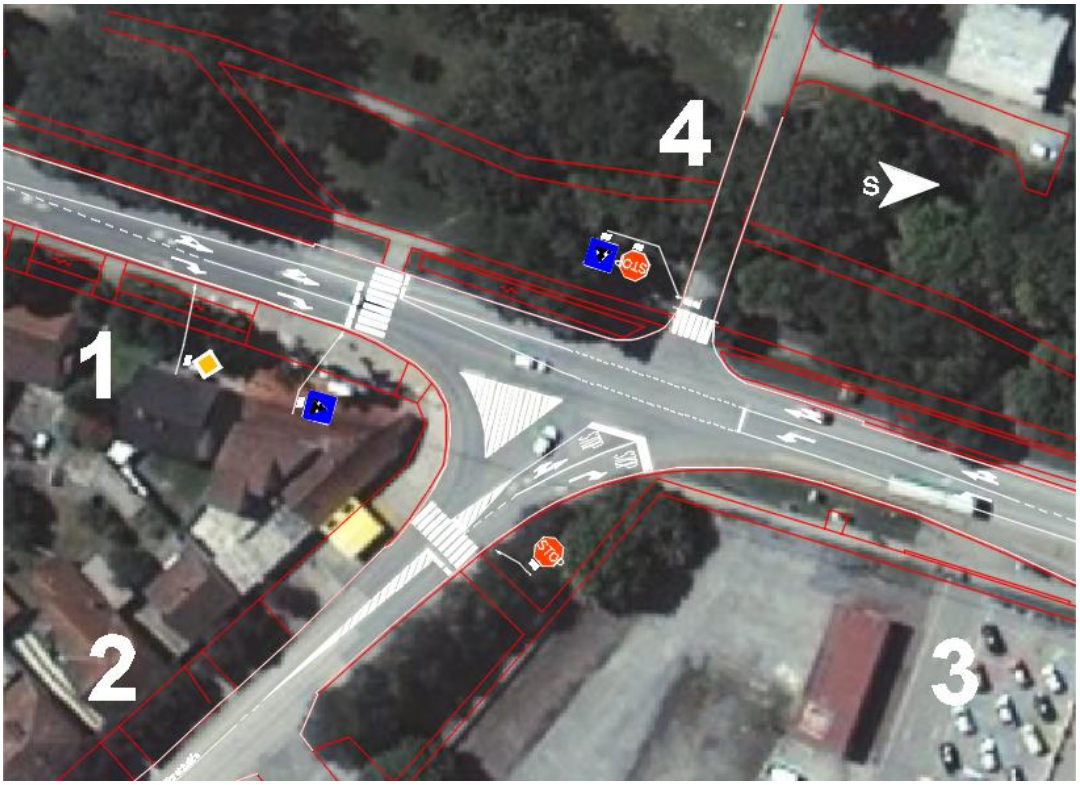
Raskrižje je podijeljeno na četiri privoza, dva privoza jug-sjever i sjever-jug na Ulici Hans Dietricha Genschera, te zapadni privoz iz smjera stadiona NK Cibalia i jugoistočni privoz na Ulici Hrvoja Vukčića Hrvatinića.

Na raskrižju je provjereno stanje oblikovno-tehničkih elemenata poput širina provoznih trakova i trakova za skretanje, duljine razvlačenja, zaobljenja, dimenzije otoka i površina za pješake.

5.1. Projektno oblikovni elementi raskrižja

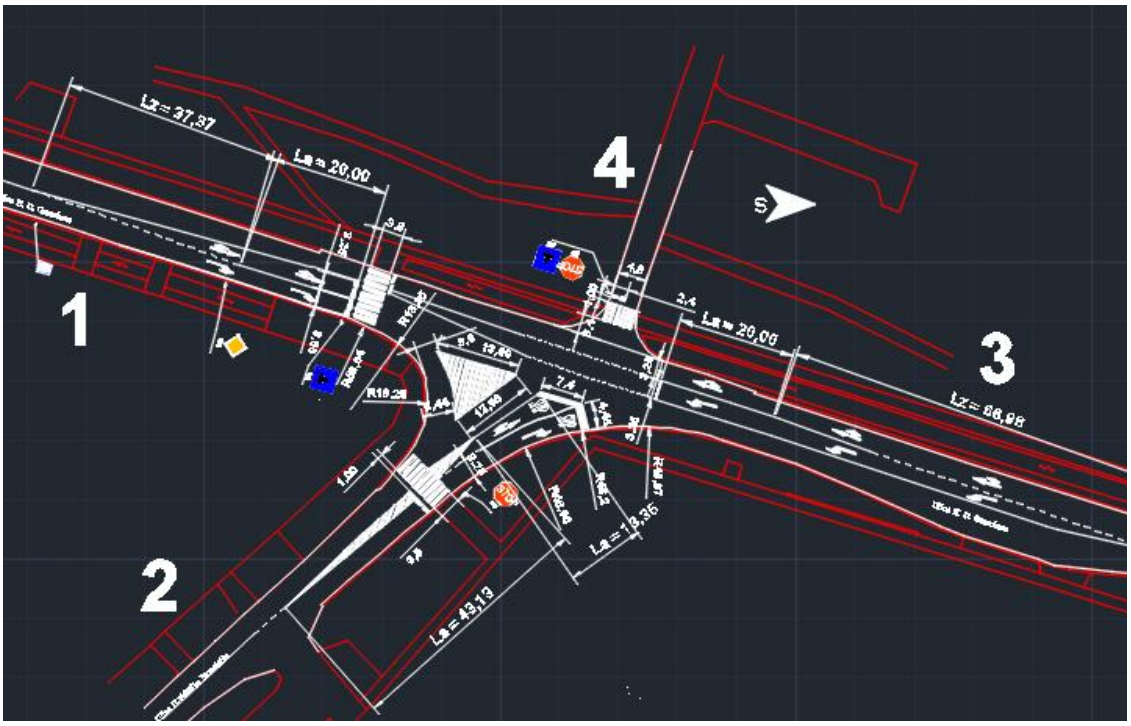
Nacrt raskrižja te dimenzije pojedinih oblikovnih elemenata na raskrižju napravljen je pomoću programskog sučelja AutoCAD. Program AutoCad je razvojni program tvrtke Autodesk te služi kao podrška pri planiranju i konstruiranju na računalima u raznim ekspertnim područjima.

Raskrižje je koncipirano na način da prvi privoz dolazi iz južnog smjera Ulice Hans Dietricha Genschera, zatim drugi privoz je na Ulici Hrvoja Vukčića Hrvatinića, na sjevernom dijelu Ulice Hans Dietricha Genschera je treći privoz, a zadnji četvrti privoz dolazi iz smjera stadiona NK Cibalia.



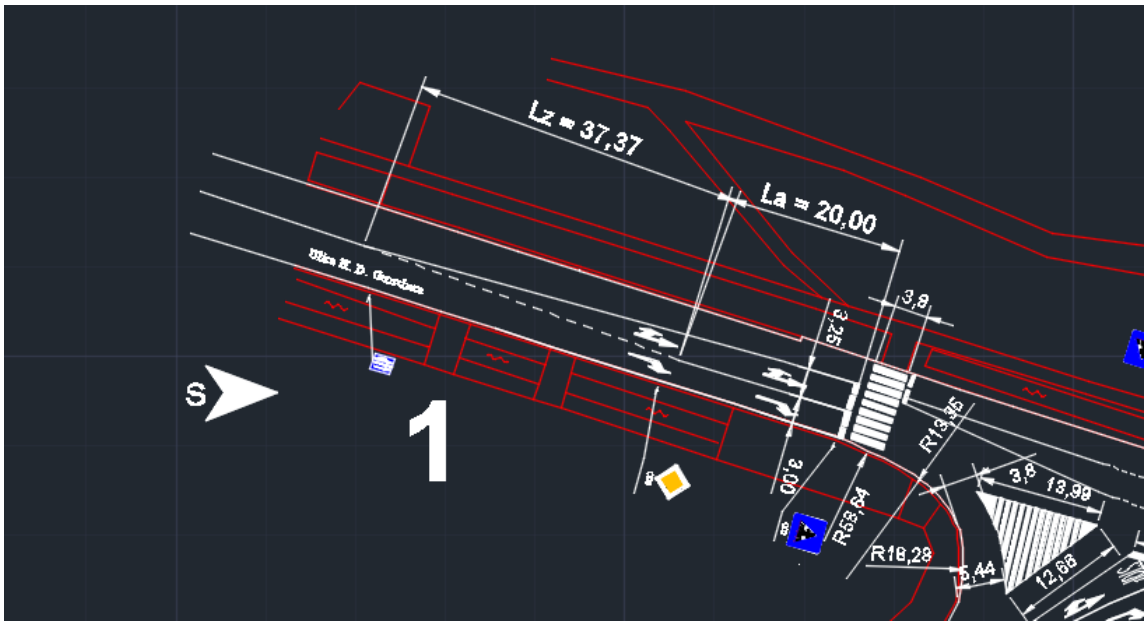
Slika 16. Prikaz rasporeda privoza te konstrukcije i oblikovnih elemenata raskrižja na ortofoto podlozi

Izvor: [9]



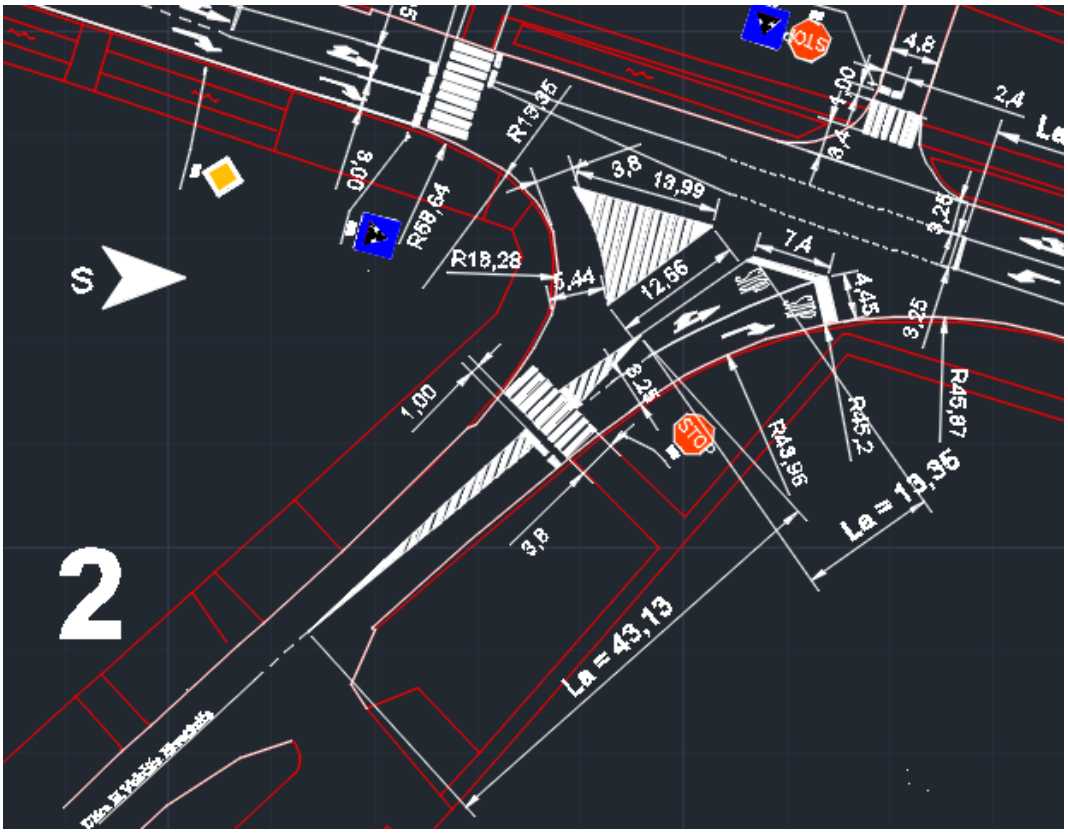
Slika 17. Prikaz položaja raskrižja sa svim elementima i okolinom u programskom sučelju AutoCad

Prvi privoz dolazi iz južnog smjera Ulice Hans Dietricha Genschera i sadrži dva provozna traka, jedan trak samo za desno, te jedan zajednički za ravno i lijevo. Širina prometnog traka za desno je 3,00 m, a širina traka za ravno i lijevo iznosi 3,25 m. Duljina razvlačenja traka za lijevo i ravno iznosi 37,37 m, a duljina dijela za postavljanje je standardnih 20 m. Zaobljenja traka za desno izvedena su pomoću tri luka polumjera R_1=58,64 m, R_2=18,28 m. Također na tome privozu izveden je trokutasti otok kod traka za desno skretanje kod kojeg je širina traka na ulazu 3,8 m, a na izlazu 5,44 m. Na sljedećoj slici prikazane su dimenzije elemenata prvoga privoza.



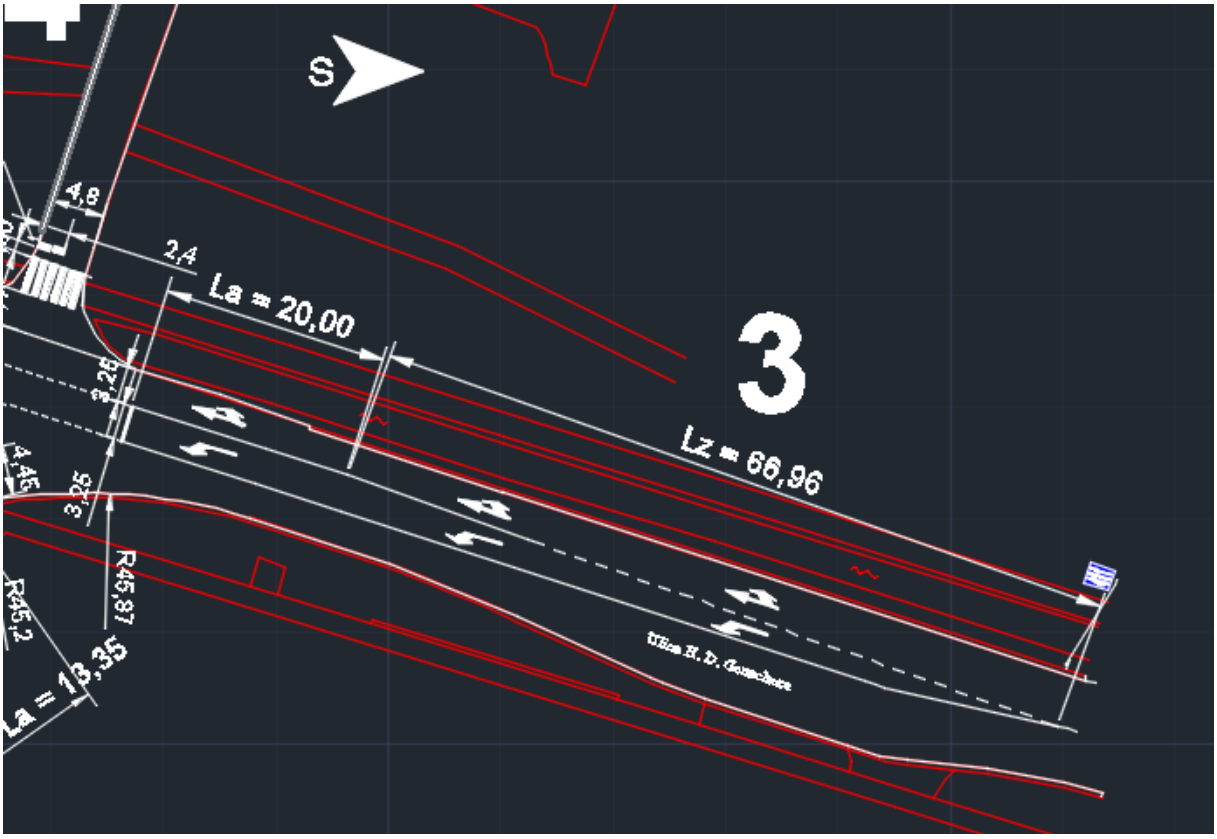
Slika 18. Prikaz projektno-oblikovnih elemenata prvoga privoza

Drugi privoz izveden je na Ulici Hrvoja Vukčića Hrvatinića i sastoji se od zajedničkog provoznog traka za lijevo i ravno i posebnog traka za desno skretanje. Trak za lijevo i ravno izveden je s područjem prijelaza, a dimenzije područja za postavljanje su 13,35 m, dok duljina razvlačenja iznosi 13,35 m. Zaobljenja uglova kolnika kod desnog skretanja iznose R_1= 43,96, R_2=45,2 m, R_3=45,87 m.



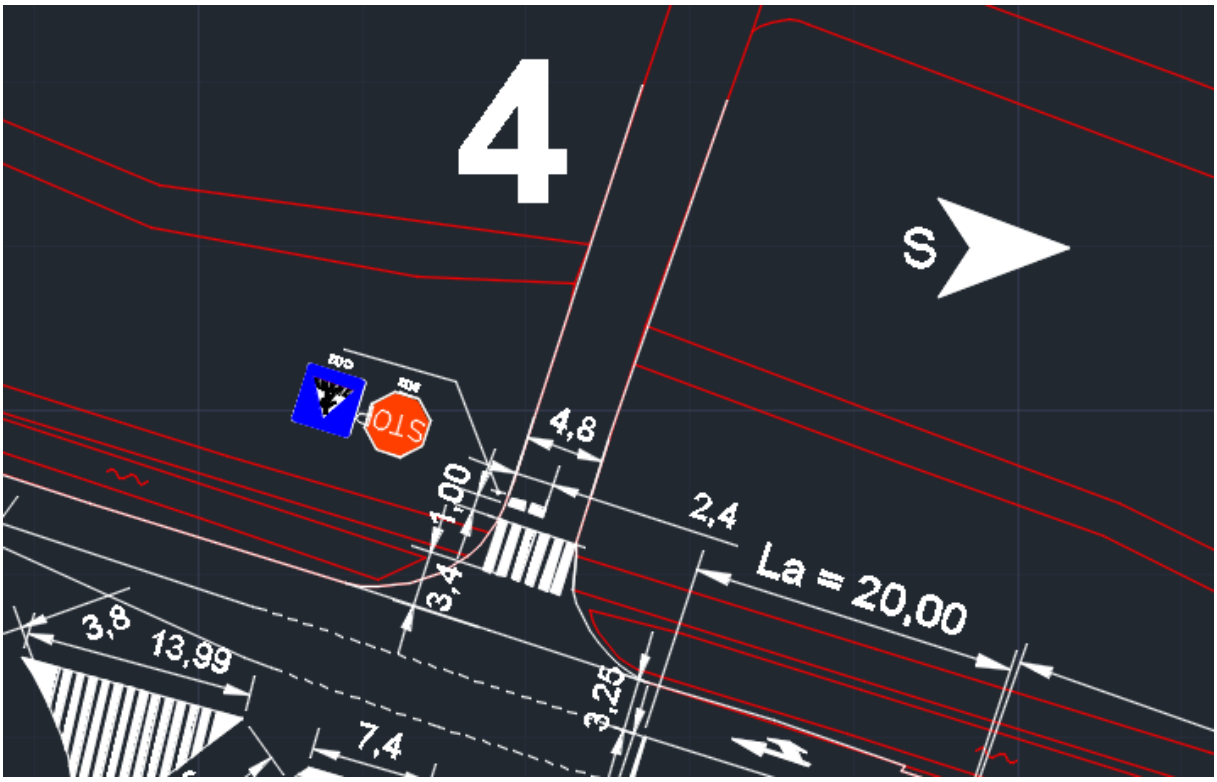
Slika 19. Prikaz projektno oblikovnih elemenata drugog privoza

Treći privoz izveden je na sjevernoj strani Ulice Hansa Dietricha Genschera i sastoji se od zajedničkog traka za ravno i desno, te posebno izgrađenog traka za lijeva skretanja i širine obiju trakova su 3,25 m. Trak za lijevo skretanje izveden je uz pomoć zone razvlačenja duljine 66,96 m, te zone za postavljanje duljine 20 m.



Slika 20. Prikaz elemenata trećeg privoza

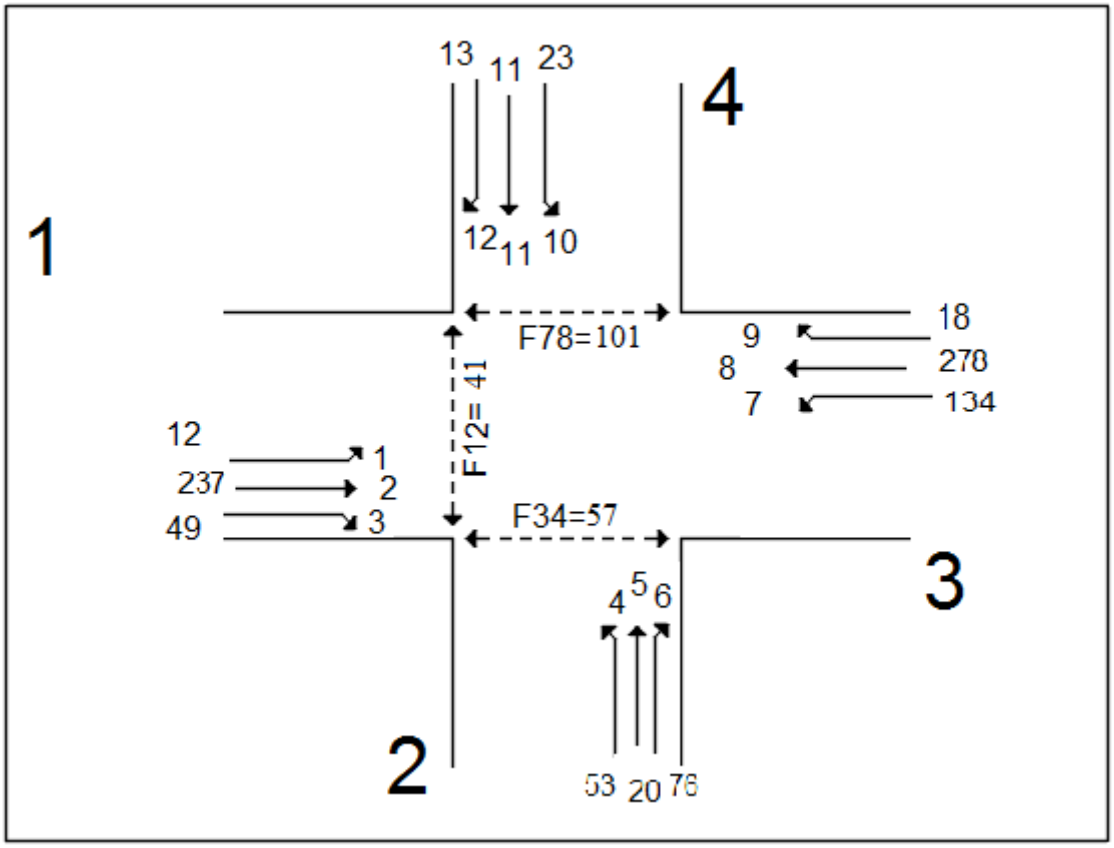
Četvrti privoz koji dolazi iz smjera stadiona NK Cibalia je dvosmjeran privoz, no međutim nema istaknutih prometnih oznaka i razdjelne linije. Na izlasku iz privoza oblikovana je zaustavna linija širine 0,5 m koja je 1 m odvojena od označenog pješačkog prijelaza širine 3,8 m. Pješački prijelaz je odmaknut od linije ceste za 3,4 m.



Slika 21. Prikaz oblikovnih elemenata na četvrtom privozu

5.2. Izračun razine usluge na raskrižju primjenom izračuna iz priručnika HBS

Unutar ovoga potpoglavlja prikazan je izračun razine usluge za prethodno navedeno raskrižje. Metode i izračuni pomoću kojih je izračunata razina usluge na raskrižju koristili su se iz njemačkog priručnika (HBS) [7] za dimenzioniranje i oblikovanje prometnih površina, te su prikazani u četvrtome poglavlju ovoga rada. Kao ulazni podaci koji su se koristili prilikom izračuna razine usluge, uzeti su podaci koji su snimljeni na raskrižju u popodnevnom vršnom opterećenju od 16 do 17 sati. Podaci su snimljeni video kamerom, te su nakon toga prebrojani i oblikovani pomoću Microsoft Excel tablica. Kao radno sučelje prilikom izračuna razine usluge na raskrižju korišten je program Microsoft Excel.



Slika 22. Prikaz prometnog opterećenja na raskrižju po privozima i tokovima uključujući pješačke tokove

Nakon prikupljenih podataka o prometnim opterećenjima, potrebno je sva prometna vozila svesti na zajedničku ekvivalentnu jedinicu. Nakon toga računale su se veličine mjerodavnih konfliktnih tokova, pomoću kojih su se, u ovisnosti o vremenskim prazninama, izračunali bazni kapaciteti za svaki pojedini tok. Nakon toga u obzir su uzeti pješački tokovi i njihov umanjujući faktor zbog smetanja pješaka prilikom odvijanja prometa. Da bi se mogli izračunati pojedinačni kapaciteti sporednih tokova, potrebno je izračunati vjerojatnost da na glavnim privozima nema repova čekanja i gužvi. Nakon dobivenih podataka o pojedinačnim kapacitetima, pomoću glavnog realnog kapaciteta i rezervi kapaciteta izračunata su vremena čekanja i redovi čekanja pomoću kojih se vrednuje razina usluge. Pojedini koraci prilikom izračuna razine usluge izneseni su u prethodnom četvrtom poglavlju. Sve za izračun važne elemente moguće je vidjeti na sljedećoj tablici. Također, iz razloga što se često prilikom izračuna razine usluge koristi i američki priručnik Highway Capacity Manual, dani su i proračuni pomoću metoda i iz tog priručnika.

Tablica 13. Prikaz izračuna razine usluge na raskrižju (HBS 2015)

tok	faktor preračunavanja f_{PE}	prometno opterećenje q (voz/h)	prom. opterećenje (EJA/h)	mjerodavni p. tok qp (voz/h)	kritična vremenska praznina - tg	vrijeme slijeđenja - tf	$f_{f,EK,j}$	bazni kapacitet G_{PEi}	kapacitet (EJA/h)	stupanj opterećenja - x	kapacitet - Ci (voz/h)	red čekanja N_{95}	prosječno vrijeme čekanja (s)	razina usluge
1	1.04	12	12	296	5.5	2.8	0.92	918	844	0.01478	812	0	4.50	A
2	1.04	237	246						1800	0.136933	1731	0	2.41	A
3	1.04	49	51				0.95	1600	1520	0.033526	1462	-	-	A
4	1.04	53	55	670	6.5	3.8	0.98	402	309	0.1781	298	1	14.71	B
5	1.04	20	21	679	6.7	3.8		383	316	0.065723	304	0	12.66	B
6	1.04	176	183	237	5.9	3.9	1	712	712	0.257183	684	1	7.08	A
7	1.05	134	141	286	5.5	2.8	0.95	928	882	0.159546	840	1	5.10	A
8	1.05	278	292						1800	0.162167	1714	-	-	A
9	1.05	18	19				0.92	1600	1472	0.01284	1402	-	-	A
10	1.01	23	23	662	6.5	3.8	1	407	236	0.098523	233	0	17.10	B
11	1.01	11	11	719	6.7	3.8		363	300	0.030587	297	0	12.58	B
12	1.01	13	13	287	5.9	3.9	0.98	674	660	0.019887	654	0	5.62	A
4+5	1.04	73	76						311	0.243823	299	1	15.89	B
10+11+12	1.01	47	47						319	0.148996	315	1	13.41	B
1+2	1.04	249	259						1800	0.143867	1731	1	2.43	A
											Ukupna razina usluge			B

Izvor: [7]

Tablica 14. Prikaz proračuna razine usluge prema Priručniku Highway Capacity Manual (HCM 2010)

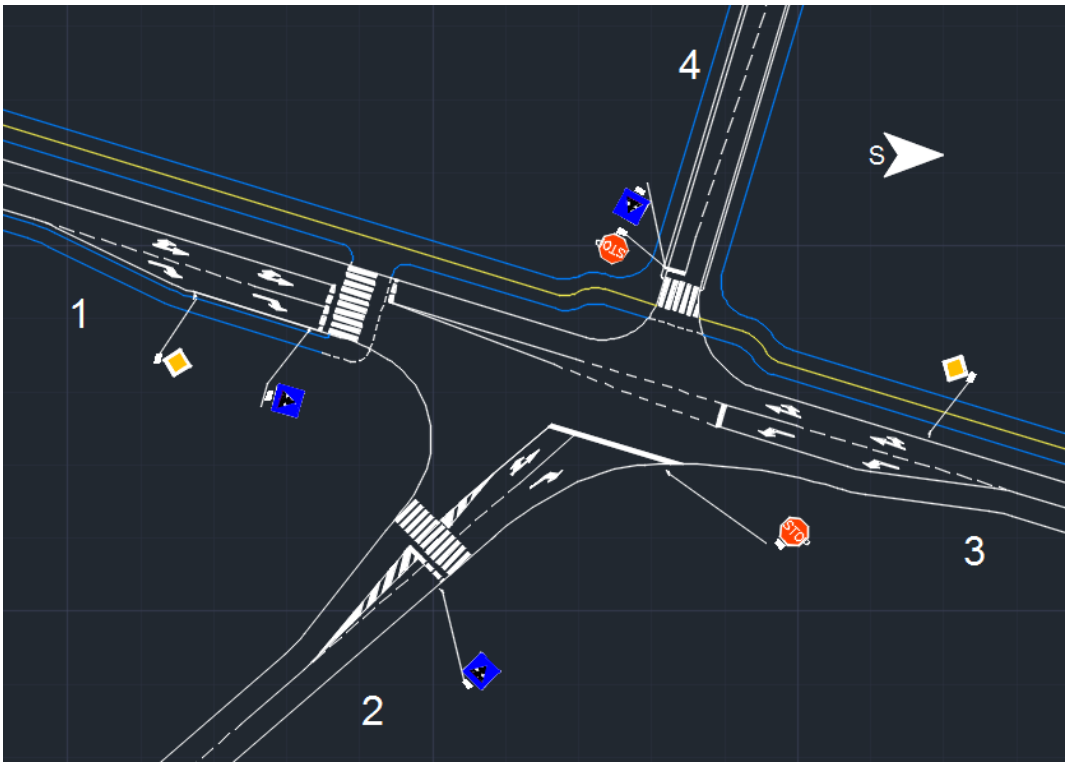
TOK	broj vozila	udio teških vozila (%/100)	konflikt. tok	$t_{c,baz}$ (s)	tf (s)	kritična praznina-t_c (s)	vrijeme slijeđenja - t_f (s)	potencijalni kapacitet- C_{px}	realni kapacitet- C_m	prosječno vrijeme kašnjenja d (s)	duljina repa čekanja - Q95	kašnjenje po privozima	razina usluge
1	16	0	493	4.1	2.2	4.1	2.2	1081	1081	8.38	0		
2	314	0.06	0										
3	65	0.1	0									8.38	
4	70	0.1	1196	7.1	3.5	7.2	3.59	157	99	103.07	4		
5	27	0.05	1252	6.5	4	6.55	4.045	170	122	42.61	1		
6	233	0.07	371	6.2	3.3	6.27	3.363	664	664	13.34	2	52.09	
7	178	0.05	436	4.1	2.2	4.15	2.245	1108	1108	8.87	1		24.38
8	369	0.09	0										
9	24	0	0									8.87	
10	30	0	1313	7.1	3.5	7.1	3.5	137	53	140.81	2		
11	15	0.1	1305	6.5	4	6.6	4.09	154	111	42.45	0		
12	17	0	481	6.2	3.3	6.2	3.3	589	589	11.30	0	120.98	
10+11+12	62.30117								85	120.98	4		
4+5	96.76564								104	145.53	6		
													C

Izvor: [10]

Analizom dviju metoda izračuna razine usluge na raskrižju može se utvrditi kako dvije različite metode daju dva različita rezultata. Prema tome razine usluge raskrižja prema njemačkoj metodi iz priručnika HBS 2016 je ekvivalentna B razini usluge sa najvećim prosječnim vremenom čekanja na privozu 10 od 17,10 sekundi. Prema američkoj metodi iz priručnika HCM koja se najčešće koristi u Republici Hrvatskoj prilikom izračuna usluge, razina usluge iznosi C sa prosječnim vremenom čekanja na raskrižju od 24, 38 sekundi. Ova razlika između rezultata dviju metoda može se objasniti s tim da kod proračuna razine usluge po HCM priručniku veliki utjecaj na razinu kvalitete imaju pješaci, odnosno njihovi tokovi koji se uzimaju u obzir već kod izračuna konfliktnih tokova, dok kod metode HBS pješački tokovi se uzimaju u obzir samo kao koeficijenti umanjenja kapaciteta.

6. PROVJERA PROJEKTNO-OBLIKOVNIH ELEMENATA KARAKTERISTIČNOG RASKRIŽJA PRIMJENOM NJEMAČKIH SMJERNICA

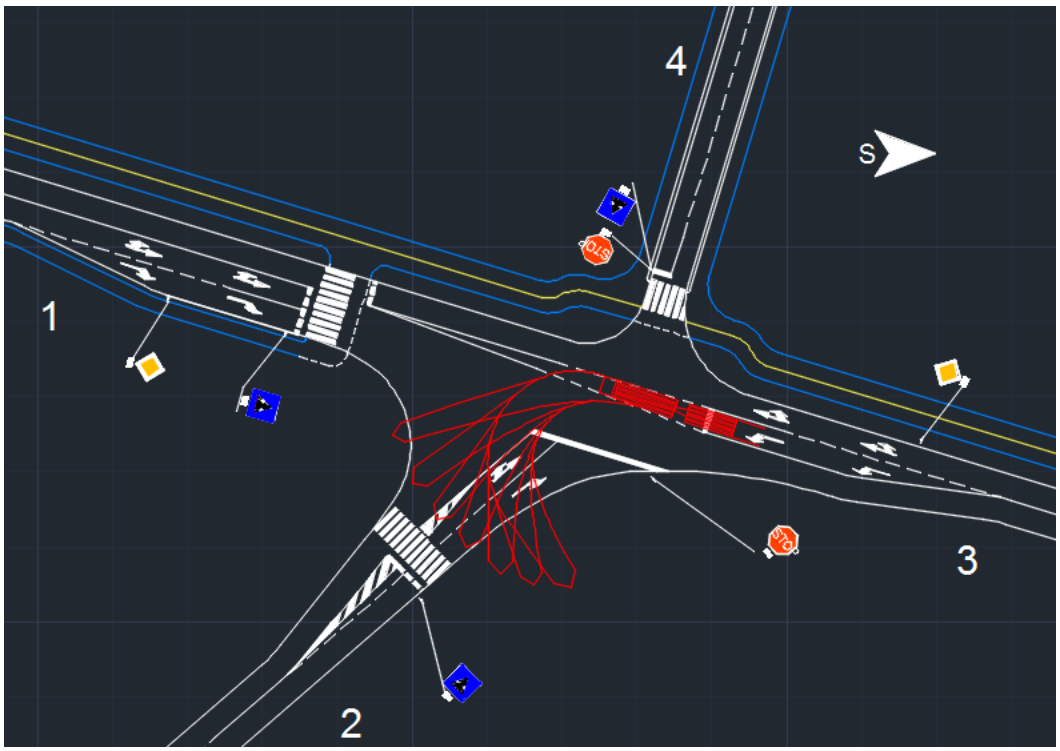
U ovome poglavlju primjenjena su saznanja i elementi za oblikovanje raskrižja u razini koja su iznesena unutar prethodnih poglavlja u smjernicama za oblikovanje i uređenje raskrižja. Analizirani su svi oblikovni elementi unutar raskrižja, te su projektirani prema preporukama smjernica. Prikaz svih elemenata raskrižja prikazan je na sljedećoj slici.



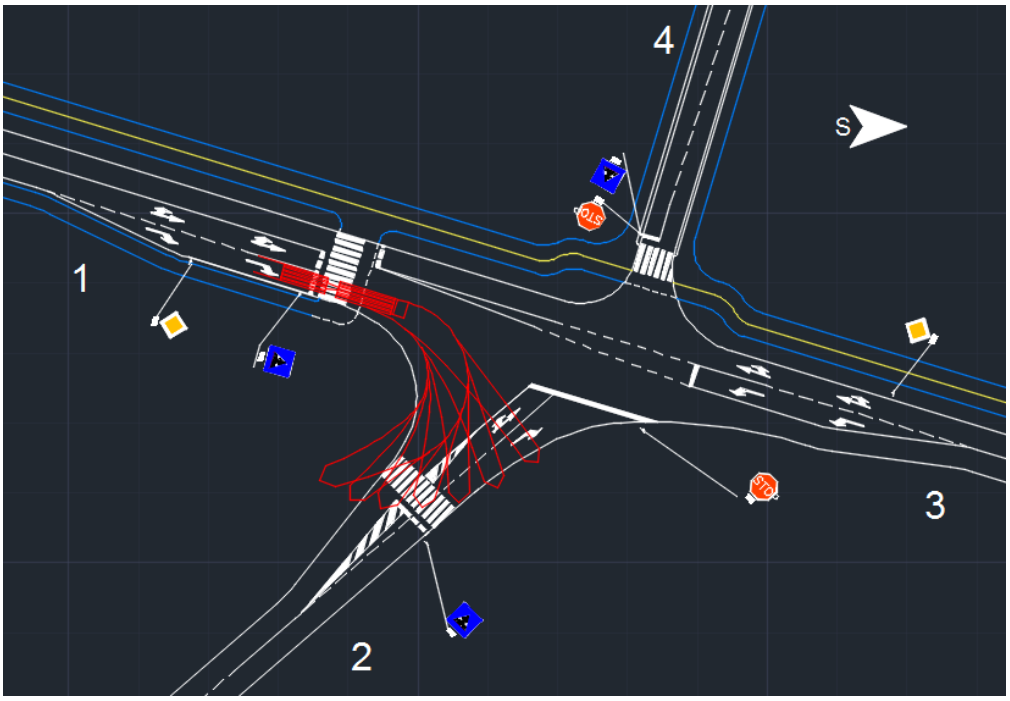
Slika 23. Prikaz konstrukcije raskrižja primjenom njemačkih smjernica

Uzimajući u obzir sva saznanja promijenile su se dimenzije određenih oblikovnih elemenata raskrižja. Kao mjerodavna ulica prema njemačkim smjernicama Ulica Hans Dietricha Genschera predstavlja glavnu poveznu prometnicu unutar grada, te su se prema tome odredile širine prometnih trakova na glavnome smjeru koje iznose 3,25 m. Također privoz sa Ulice Hrvoja Vukčića Hrvatinića predstavlja sabirnu ulicu te prema smjernicama odabrana je širina prometnih trakova od 3,25 m. Ulica koja dolazi iz smjera stadiona NK Cibalia svrstana je pod tip lokalne ulice važne za značaj dnevnih korisnika, te je kao mjerodavna širina prometnog traka odabrana širina od 2,5 m. Također u šire područje raskrižja uključeni su i posebni prostori i trakovi namijenjeni biciklističkom i pješačkom prometu. Najbitnija razlika između prethodnog stanja i raskrižja oblikovanog njemačkim smjernicama je u duljinama prostora za razvlačenja i postavljanje kod trakova za lijevo i desno skretanje, te u oblikovanju zaobljenja uglova kolnika. Isto tako kao važno mjerilo

prilikom projektiranja je provoznost mjerodavnog vozila. Na projektiranom raskrižju ispitana je provoznost pomoću polumjera zakretanja mjerodavnog vozila na kritičnim mjestima glavnog prometnog pravca.

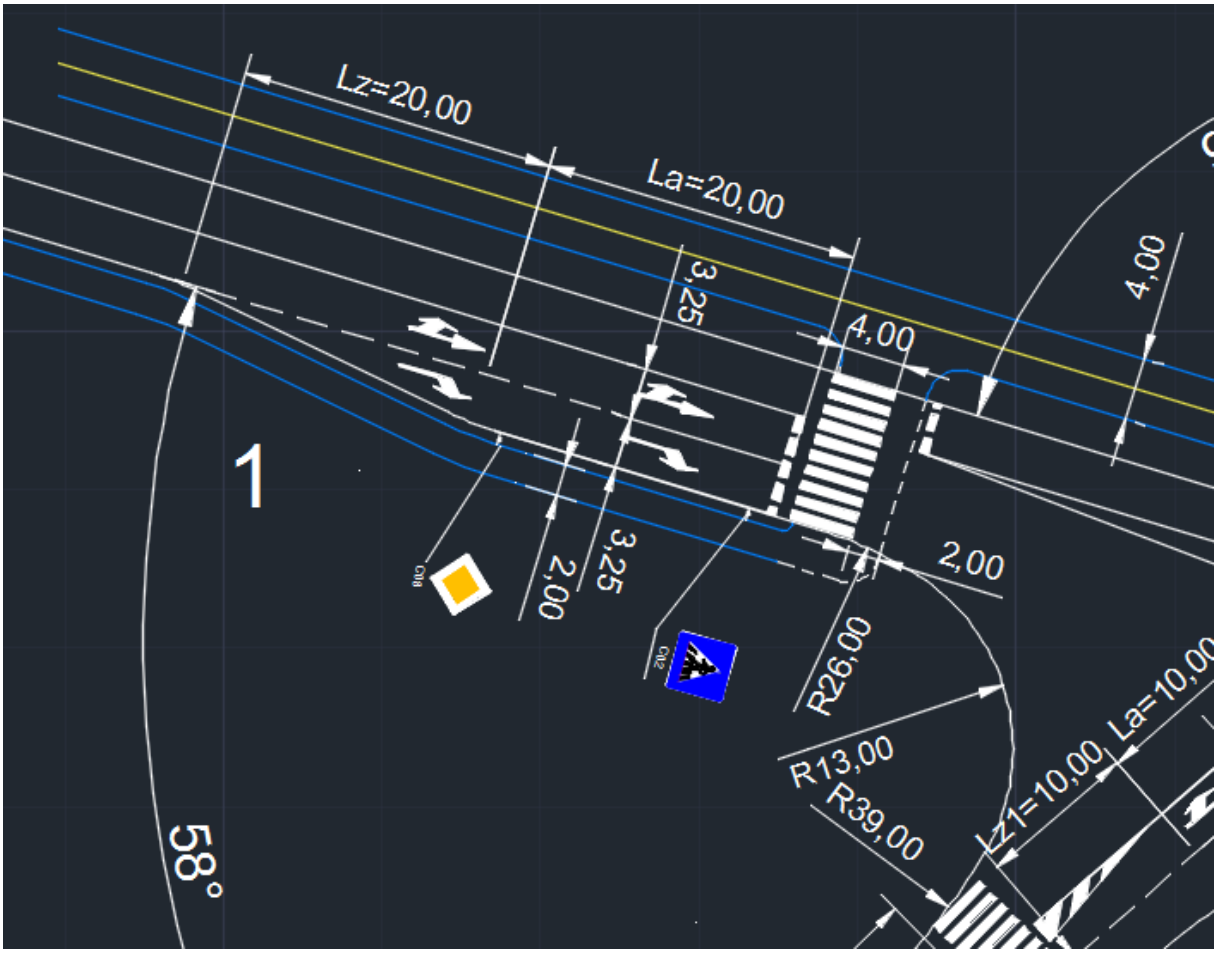


Slika 24. Polumjer zakretanja - provoznost



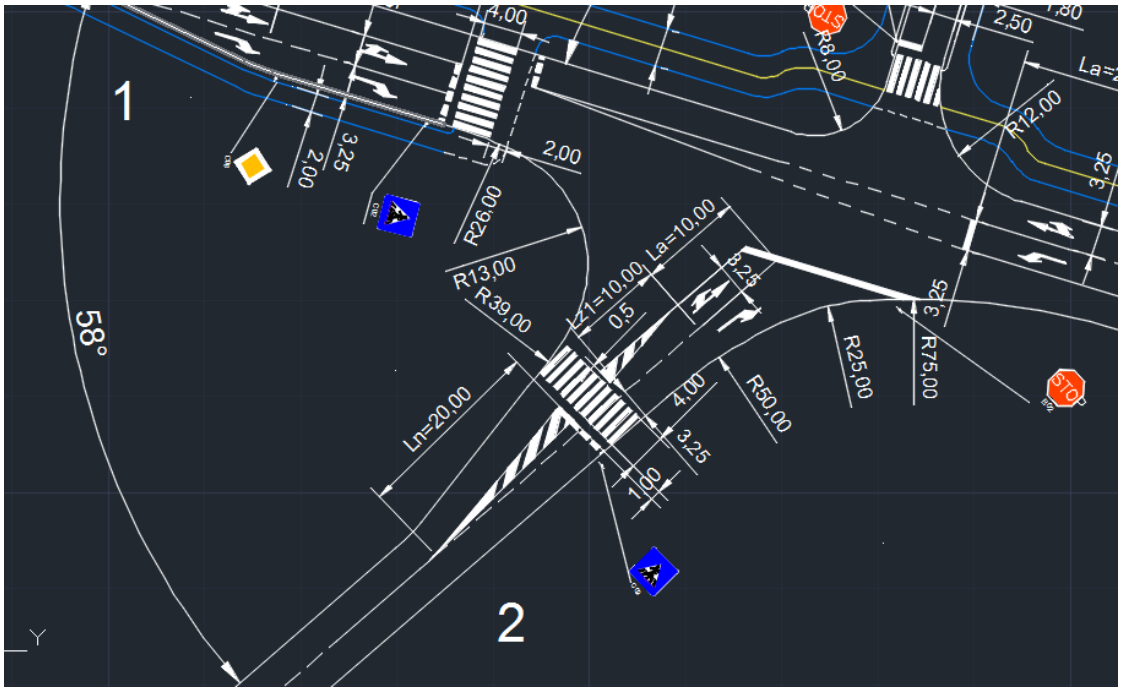
Slika 25. Polumjer zakretanja - provoznost

Raspored privoza na raskrižju ostao je isti kao i na prethodnom primjeru, a u sljedećem dijelu rada, analiziran je svaki pojedini privoz.



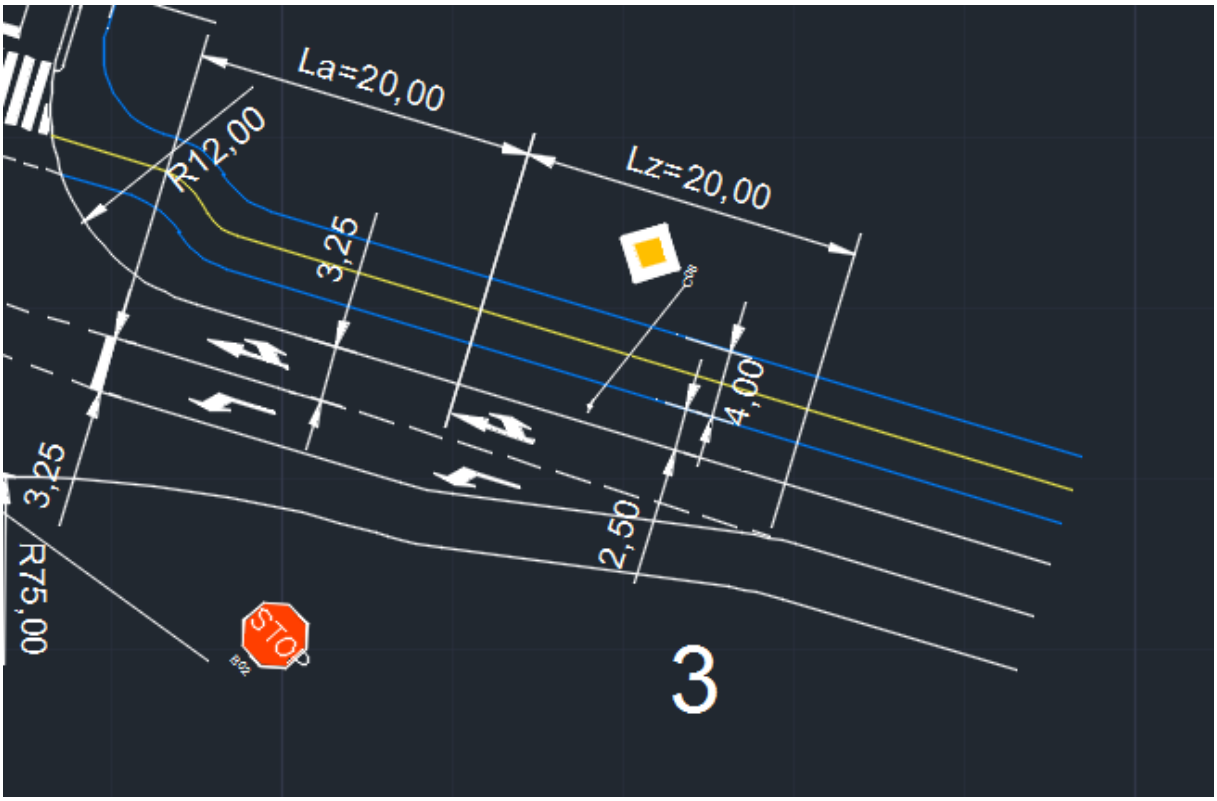
Slika 26. Oblikovni elementi prvog privoza

Usmjerenja prometnih trakova prvog privoza ostala su ista kao i kod prethodnog primjera pa prema tome postoji posebni prometni trak za desno skretanje i zajednički trak za vozila koja skreću u lijevo i ona vozila koja nastavljaju ravno kroz raskrižje. S obzirom na mjerodavnu funkciju ceste, širine provoznih trakova za oba slučaja iznose 3,25 m. Trak za desno skretanje oblikovan je uz pomoć proširenja sa posebnom duljinom za postavljanje i razvlačenje dimenzija 20 m, odnosno ukupno 40 m. Zaobljenje ruba kolnika izvedeno je uz pomoć polumjera kružnica radi bolje provoznosti vozila uz polumjere R_1=26 m, R_2=13 m, R_3=39 m. Uz kolnik izvedena je biciklistička staza širine 2 m kako bi se potaknuo biciklistički promet, a također osim pješačkog prijelaza širine 4 m, izveden je i biciklistički prijelaz preko kolnika u širini od 2 m.



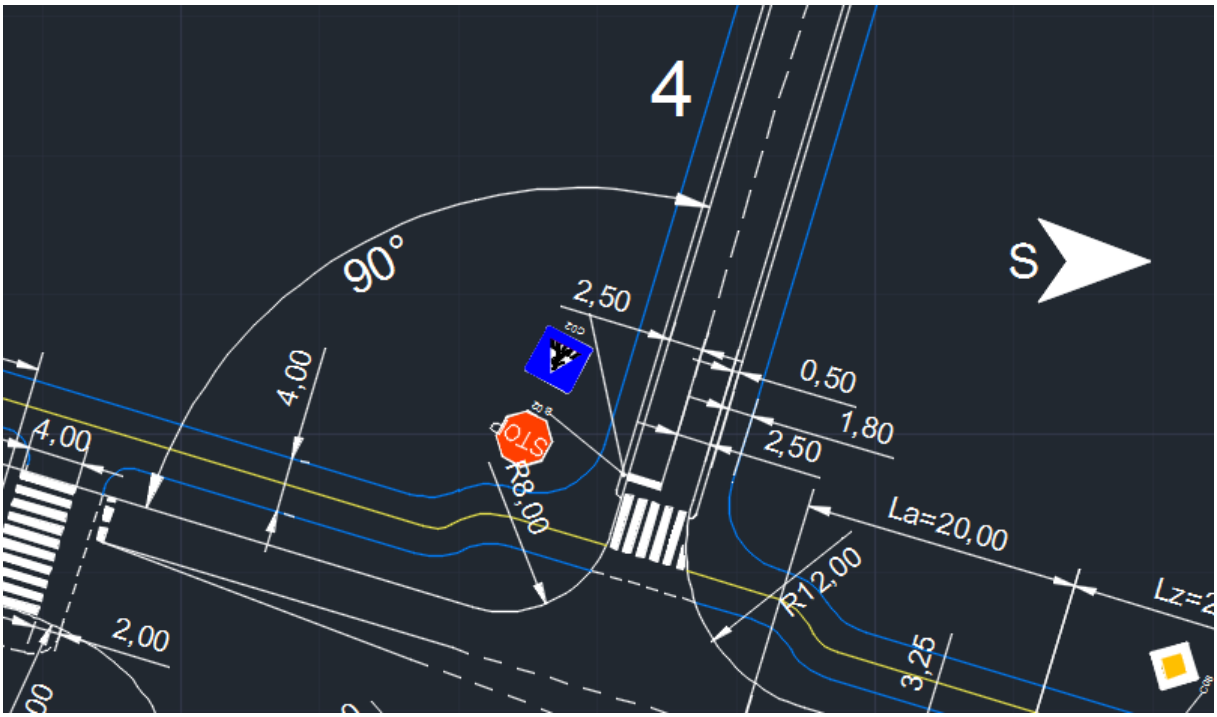
Slika 27. Prikaz elemenata drugog privoza

Provozni trakovi na drugome privozu su ostali isti kao i kod prethodnog slučaja. S obzirom na preporuke o širini prometnih trakova i uređenju prometnice ovisno o mjerodavnoj funkciji ceste, prometni trakovi su izvedeni u širini od 3,25 m. Kod ovoga privoza izveden je posebni trak za ravno i lijevo skretanje s područjem za postavljanje u duljini od 10 m i područjem za razvlačenje sa zonom prijelaza u duljinama L_n= 20 m i L_{z1}= 10m. Radi veće sigurnosti, odnosno kako bi pješaci imali sigurnosnu zonu zaštite na polovici između dvaju zona za postavljanje izveden je pješački prijelaz širine 4 m. Zaobljenja uglova su napravljena pomoću tri polumjera u odnosu 2:1:3 odnosno R_1=50 m, R_2=25 m, R_3=75 m.



Slika 28. Oblikovni elementi trećeg privoza

Privoz 3 izveden je s dva prometna traka dimenzija 3,25 m. Također osim provoznog traka za ravno i desno, oblikovan je poseban trak za lijevo skretanje s duljinom za postavljanje od L_a=20 m i duljinom za razvlačenje L_z= 20m. Desno od kolnika izvedena je posebna površina s trakovima za biciklistički i pješački promet širine 4 m uz sigurnosni odmak od kolnika širine 2,5 m.



Slika 29. Prikaz oblikovnih elemenata četvrtog privoza

Kao mjerodavna funkcija ceste na četvrtom privozu odabrana je povezna cesta od općeg značaja za stanovnike u četvrti, te uzimajući to u obzir odabrana je širina prometnog traka od 2,50 m. S obzirom na prethodni primjer, privoz je podijeljen s razdjelnom linijom na dva međusobno suprotna toka. Zaobljenja uglova na privozima izvedena su uz pomoć središnjih polumjera R=8 m za desna skretanja i R=12 m za zaobljenje kod skretanja sa trećeg privoza u četvrti. Uz privoz smješten je prostor za pješake širine 1,8 m uz sigurnosi odmak od kolnika od 0,50 m. Preko privoza izveden je pješački i biciklistički prijelaz koji je smaknut od izravnog prijelaza preko kolnika kako bi se umanjila mogućnost iznenadnog prijelaza biciklista.



Slika 30. Prikaz oblikovnih elemenata cijelog raskrižja

7. PREDUVJETI ZA PRIMJENU NJEMAČKIH SMJERNICA I PRIRUČNIKA NA RASKRIŽJIMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Iz prethodno obrađenih poglavlja može se utvrditi da u Republici Hrvatskoj već postoji veliki broj oblikovnih rješenja koja se u potpunosti ili dijelom oslanjaju na njemačke smjernice za oblikovanje prometnih površina. Praksa u Njemačkoj je da se oblikovna rješenja oslanjaju na zahtjeve krajnjih korisnika, odnosno onda kada situacija to dopušta dati će se prednost određenim prometnim sudionicima poput biciklističkog ili pješačkog prometa. S obzirom da u Republici Hrvatskoj još uvijek ne postoji plan i zadovoljavajuće rješenje uređenja biciklističkih tokova, teško je promatrati smjernice kao zasebno rješenje samo za jedan oblik prometa, jer smjernice za oblikovanje prometnica unutar gradova se primjenjuju s nizom ostalih smjernica, poput smjernica za uređenje površina za pješački promet, smjernica za postavljanje signalnog plana, smjernica i preporuka za trasiranje prometnica, te cijelog niza drugih smjernica koje prate svaki pojedini dio uređenja od planiranja do konkretnih zahvata na infrastrukturi.

Također, jedan od temeljnih preduvjeta za primjenu smjernica bila bi klasifikacija prometnica i njihovih prometnih opterećenja unutar granica Republike Hrvatske kako bi se dobila što bolja slika prometne mreže, te uzimajući u obzir te podatke bilo bi moguće bolje pristupiti radnjama prometne analize i prognoze. Uz to potrebna je standardizacija propisa i zakona koji se odnose na planerske i projektne zadatke, te uređenje zemljišnih knjiga kako bi se dobio prostor i mogućnost za planerske aktivnosti koje bi imale točne i efikasne projektne etape. Jedan od problema prilikom izvođenja prometnih površina u Hrvatskoj je svakako nedostatak standardizacije oblikovnih rješenja, odnosno često se susreću nepravilno izvedena raskrižja što je i razultat nedostatka standardnih smjernica, ali i primjene različitih stanih normi poput američkih, njemačkih, švicarskih ili nizozemskih. Upravo ta činjenica zahtjeva izradu posebnih normativa koji bi se odnosili na prometnice u Hrvatskoj i koji bi mogli poslužiti kao temeljna podloga planerima i projektantima prilikom oblikovanja raskrižja i prometnica na području Republike Hrvatske.

8. ZAKLJUČAK

U Hrvatskoj prilikom oblikovanja raskrižja prometni planeri oslanjaju se najčeće na oblikovna rješenja iz stranih normi, te na neke zakonodavne akte u Hrvatskoj koje je važno uzeti u obzir prilikom planiranja. Smjernice za projektna rješenja raskrižja u Republici Hrvatskoj postoje samo kao interno izdanje koje se međutim oslanja na starija izdanja njemačkih smjernica koje su u novijim izadnjima razvijene s obzirom na područje prometnice ili raskrižja, pa tako postoje smjernice za oblikovanje i uređenje autocesta, prometnica izvan gradova i naselja, te prometnica u gradovima. Isto tako često dolazi do neprikladnih i nepropisnih rješenja što za izravan uzrok ima smanjenje sigurnosti sudionika u prometu.

U Hrvatskoj je potrebno provesti dodatna istraživanja kako bi se utvrdile pojedine mjerodavne funkcije prometnica te na taj način dobila slika prometne mreže Hrvatske. Također još uvijek ne postoji dovoljno dobra i sigurna infrastruktura za biciklistički promet kao vrstu suvremenog zdravog i ekološki čistog oblika prometovanja pa se tako često nailazi na naglo prekinute biciklističke staze ili staze sa nedovoljnom širinom za prometovanje.

U radu je analiziran primjer klasičnog četverokrakog raskrižja u Gradu Vinkovcima reguliranog prometnim znakovima, te se primjenom njemačkih izračuna za razinu usluge može utvrditi da postojeće stanje promatranog raskrižja zadovoljava B razinu usluge. Izračunom razine usluge prema američkom priručniku HCM 2010 koji se najčešće koristi prilikom projektiranja raskrižja u Republici Hrvatskoj proizlazi da raskrižje zadovoljava razinu usluge C. Razlika između prosječnih vremena čekanja i razine usluge između te dvije metode može se objasniti s tim da kod američke metode u proračunima pješački tokovi imaju veliki utjecaj na razinu usluge, čime se realnije prikazuju odnosi između pojedinih prometnih entiteta što opravdava upotrebu američkog priručnika kod izračuna razine usluge u Republici Hrvatskoj.

Najveće razlike između postojećih stanja, odnosno stanja u konkretnom primjeru rada i njemačkih preporuka i smjernica očituju se u klasifikaciji mjerodavne funkcije prometnice, u duljinama područja za postavljanje i razvlačenje, te u polumjerima zaobljenja uglova. Osim toga ne postoje bitne i očitije razlike između ostalih elemenata raskrižja, što je dijelom i uvjetovano činjenicom da su raskrižja unutar gradova često prostorno ograničena, te nepostoji mogućnost izvedbe svih potrebnih elemenata. Raskrižja u Republici Hrvatskoj već se dijelom oslanjaju na njemačke smjernice, međutim ponekad situacijski uvjeti u okolini prometnice zahtijevaju posebne zahtjeve i planerska rješenja.

LITERATURA

[1] Zakon o sigurnosti prometa na cestama, Narodne novine, broj 67/08

[2] Zakon o cestama, Narodne novine, broj 84/11

[3] Smjernice za projektiranje raskrižja u naseljima sa stajališta sigurnosti u prometu, Fakultet prometnih znanosti i HC, PGZ, Zagreb, 2004.

[4] Legac, I. i koautori, Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2011.

[5] Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen – RASt, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2007.

[6] Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung (RIN), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2007.

[7] Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2015.

[8] www.vinkovci.hr/f14470/stanovnistvo (Rujan, 2016.)

[9] preglednik arkod.hr/ARKOD-web/

[10] Highway Capacity Manual HCM2010, National Research Council, Washington, 2010.

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz kategorizacije prometnica, [4] 9
Tablica 2. Razmaci između raskrižja 11
Tablica 3. Izbor tipa raskrižja 20
Tablica 4. Duljine dijela za postavljanje 25
Tablica 5. Širina traka za lijevo skretanje 26
Tablica 6. Odgovarajući polumjeri za zaobljenja bez izvedenog trokutastog otoka 27
Tablica 7. Polumjeri u slučaju izvedenih trokutastih otoka 27
Tablica 8. Širine krakova preglednosti s obzirom na brzinu 29
Tablica 9. Kriteriji za procjenu razine prometne usluge 34
Tablica 10. Mjerodavna vremena čekanja za svaku razinu kvalitete prometne usluge, [7] 38
Tablica 11. Određivanje opterećenja mjerodavnih tokova 42
Tablica 12. Vrijednosti kritičnih vremenskih praznina i vremena sljeđenja 43
Tablica 13. Prikaz izračuna razine usluge na raskrižju (HBS 2015) 58
Tablica 14. Prikaz proračuna razine usluge prema Priručniku Highway Capacity Manual (HCM 2010) 59

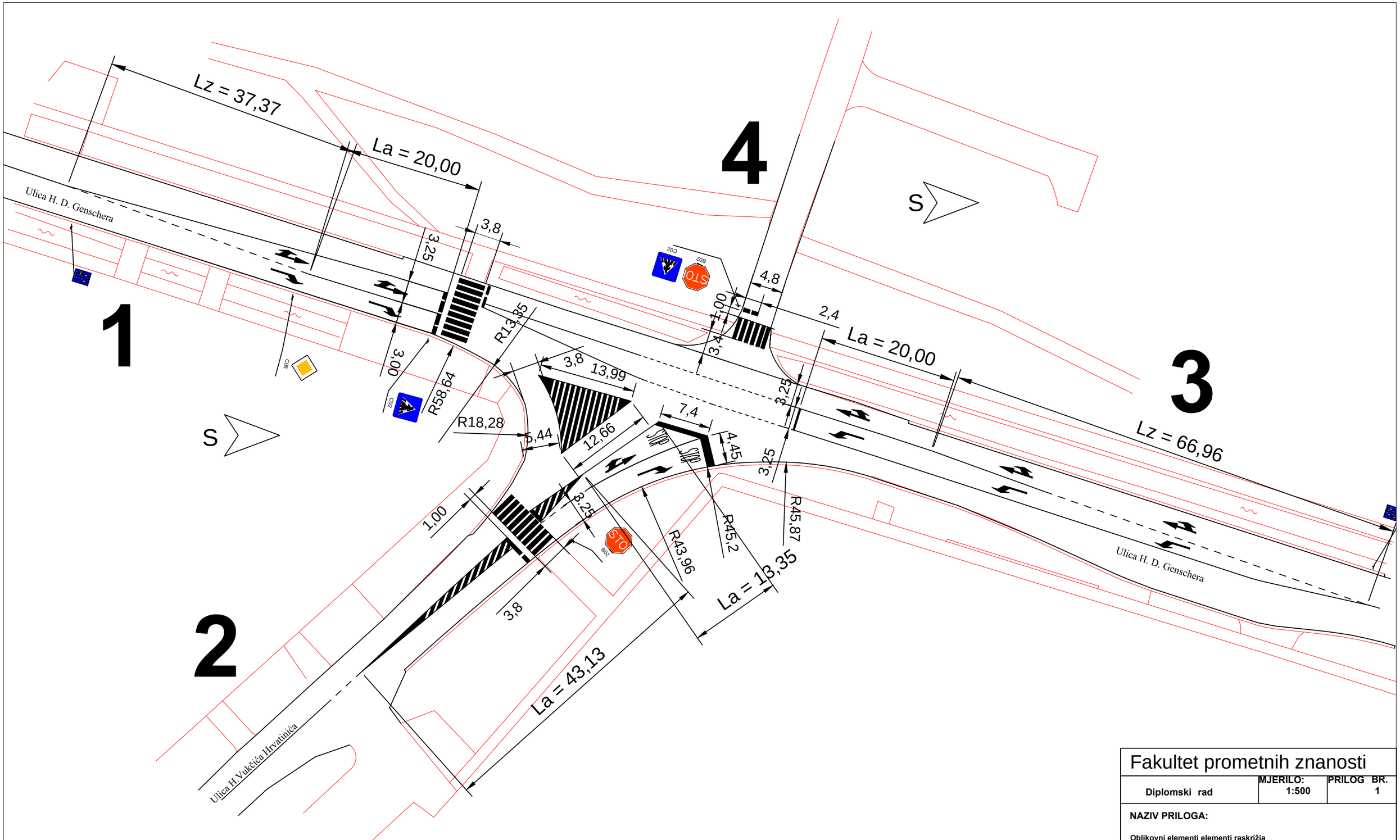
POPIS SLIKA

Slika 1. Osnovni oblik raskrižja I., [3] 12
Slika 2. Osnovni oblik raskrižja II., [3] 13
Slika 3. Osnovni oblik raskrižja III., [3] 13
Slika 4. Osnovni oblik raskrižja IV. [3] 13
Slika 5. Osnovni oblik raskrižja V., [3] 14
Slika 6. Osnovni oblik raskrižja VI., [3] 14
Slika 7. Oblik kružnog raskrižja, [3] 15
Slika 8. Kategorizacija prometnica 17
Slika 9. Primjena dodatnih trakova za lijevo skretanje s obzirom na prometno opterećenje, [5] 24
Slika 10. Oblikovna rješenja izvedbe traka za lijevo skretanje, [5] 24
Slika 11. Izvedbe i zaobljenja uglova kolnika, [5] 28
Slika 12. Polje preglednosti između vozila i biciklista, [5] 30
Slika 13. Prikaz raspodjele tokova na raskrižju, [7] 37
Slika 14. Raspodjela tokova na raskrižju, [7] 41
Slika 15. Šire područje raskrižja 51
Slika 16. Prikaz rasporeda privoza te konstrukcije i oblikovnih elemenata raskrižja na ortofoto podlozi 52
Slika 17. Prikaz položaja raskrižja sa svim elementima i okolinom u programskom sučelju AutoCad 53
Slika 18. Prikaz projektno-oblikovnih elemenata prvoga privoza 54
Slika 19. Prikaz projektno oblikovnih elemenata drugog privoza 54
Slika 20. Prikaz elemenata trećeg privoza 55
Slika 21. Prikaz oblikovnih elemenata na četvrtom privozu 56
Slika 22. Prikaz prometnog opterećenja na raskrižju po privozima i tokovima uključujući pješačke tokove 57
Slika 23. Prikaz konstrukcije raskrižja primjenom njemačkih smjernica 61
Slika 24. Polumjer zakretanja - provoznost 62
Slika 25. Polumjer zakretanja - provoznost 62
Slika 26. Oblikovni elementi prvog privoza 63
Slika 27. Prikaz elemenata drugog privoza 64
Slika 28. Oblikovni elementi trećeg privoza 65
Slika 29. Prikaz oblikovnih elemenata četvrtog privoza 66
Slika 30. Prikaz oblikovnih elemenata cijelog raskrižja 67

POPIS GRAFIKONA

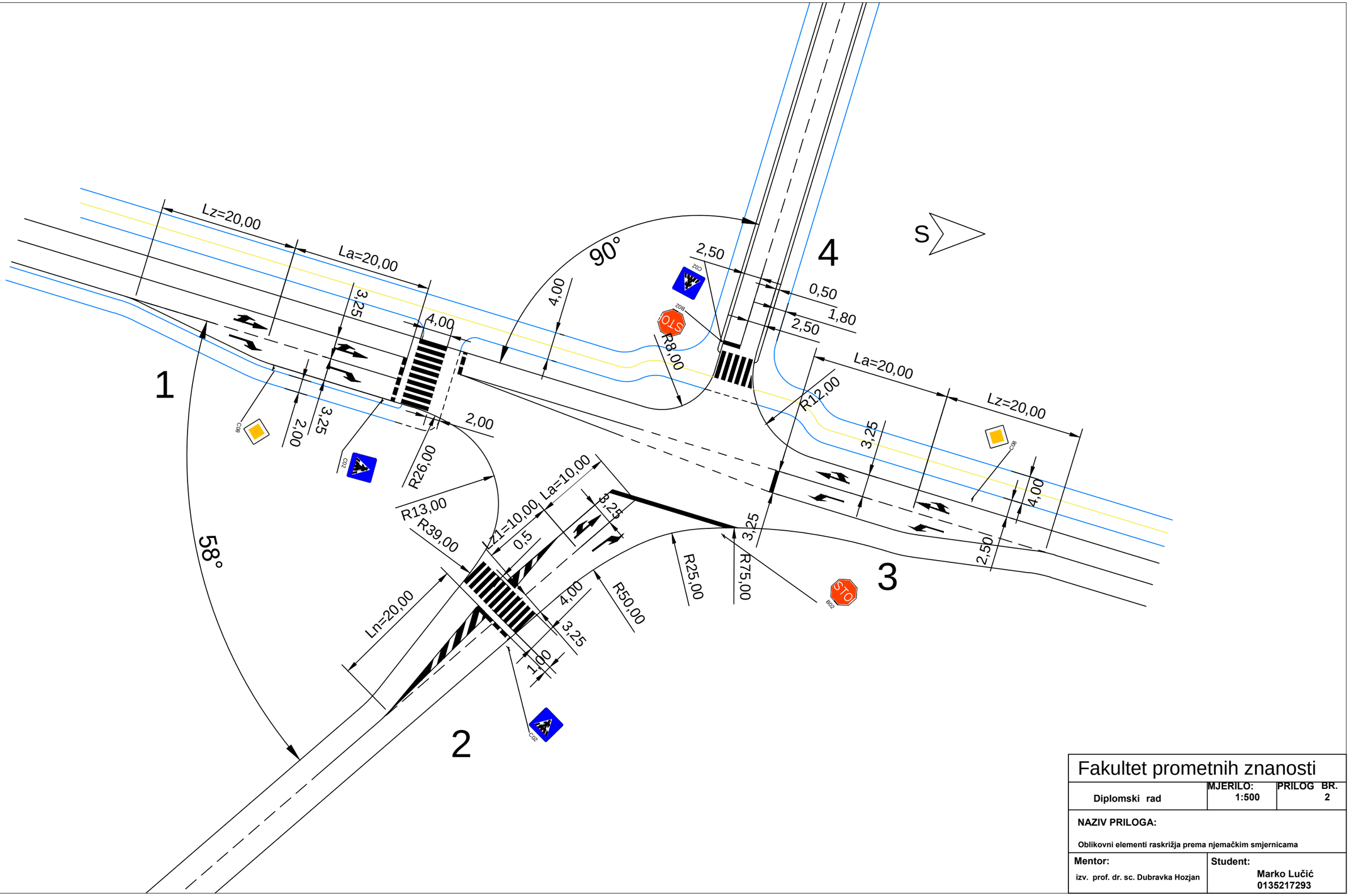
Grafikon 1. Faktor umanjenja s obzirom na pješačke tokove, [7] 44
Grafikon 2. Srednje vrijeme čekanja u ovisnosti o kapacitetu rezervi i razini usluge, [7] 49

PRILOG 1



Fakultet prometnih znanosti		
Diplomski rad	MJERILO: 1:500	PRILOG BR. 1
NAZIV PRILOGA: Oblikovni elementi elementi raskrižja		
Mentor: izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan	Student: Marko Lučić 0135217293	

PRILOG 2



Fakultet prometnih znanosti		
Diplomski rad	MJERILO: 1:500	PRILOG BR. 2
NAZIV PRILOGA: Oblikovni elementi raskrižja prema njemačkim smjernicama		
Mentor: izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan	Student: Marko Lučić 0135217293	

METAPODACI

Naslov rada: Mogućnosti primjene njemačkih smjernica za oblikovanje raskrižja u razini

Student: Marko Lučić

Mentor: izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Possibilities of applying German Guidelines in case of at-grade intersections

Povjerenstvo za obranu:

- _____izv. prof. dr. sc. Davor Brčić_____ predsjednik
- _____izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan_____ mentor
- _____dr. sc. Luka Novačko_____ član
- _____doc. dr. sc. Danijela Barić_____ zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: _____ Zavod za cestovni promet_____

Vrsta studija: diplomski

Studij: _____Promet_____(npr. Promet, ITS i logistika, Aeronautika)

Datum obrane diplomskog rada:_____27. ruj. 16._____

Napomena: pod datum obrane diplomskog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Mogućnosti primjene njemačkih smjernica za oblikovanje raskrižja u razini** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 28/09/2016

Student/ica:

(potpis)