

Primjena prometnih i oblikovnih elemenata raskrižja u gradu Sisku u funkciji sigurnosti prometa

Gogić, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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:119:996098>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-06**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

Mario Gogić

PRIMJENA PROMETNIH I OBLIKOVNIH ELEMENATA
RASKRIŽJA U GRADU SISKU U FUNKCIJI SIGURNOSTI
PROMETA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

Završni rad

PRIMJENA PROMETNIH I OBLIKOVNIH ELEMENATA
RASKRIŽJA U GRADU SISKU U FUNKCIJI SIGURNOSTI
PROMETA

APPLICATION OF TRAFFIC AND DESIGN ELEMENTS OF
INTERSECTIONS IN THE CITY OF SISAK IN THE CONTEXT
OF TRAFFIC SAFETY

Mentor: doc. dr. sc. Rajko Horvat

Student: Mario Gogić

JMBAG: 0135223570

Zagreb, 2017.

Sažetak

Kako bi se stvorilo idejno rješenje za raskrižje ulice Josipa Juraja Strossmayera i Aleje narodnih heroja, proučavani su i analizirani materijali već postojećih statistika prometnih nesreća od 2012. do 2016. godine, prometne studije grada Siska, te je proučavano samo raskrižje mjerenjem opterećenja, širine trakova i preglednosti.

Ovim radom prikazana je gradska cestovna mreža, sa posebnom pozornosti upravo na pojmu samog raskrižja, te svih njegovih prometno oblikovnih elemenata. Također je analizirana prometna sigurnost raskrižja ulice Josipa Juraja Strossmayera i Aleje narodnih heroja, zbog visoko konfliktnog karaktera samih raskrižja.

Ključne riječi: sigurnost; mjere za povećanje sigurnosti; prometno opterećenje; raskrižje;

Summary

In order to create a conceptual solution for Josip Juraj Strossmayer street and Aleja narodnih heroja street crossroad, materials from existing statistics of traffic accidents from 2012. to 2016. and traffic studies of city of Sisak, have been studied and analysed, the crossroad was studied as well by measuring traffic load, width of traffic lanes and visibility distance.

This work presents the city road network, with special attention to the concept of the intersection itself, and all its trafficforming elements. Traffic safety was also analyzed at the intersection of Josip Juraj Strossmayer and Alee of the National Heroes, due to the highly conflicting nature of the intersections themselves.

Key words: safety; measures to increase safety; traffic load; crossroad;

Sadržaj:

1. UVOD	1
2. PROMETNO PLANIRANJE GRADSKO CESTOVNE MREŽE	2
2. 1. Planiranje prometa	2
2. 1. 1. Sadržaj i cilj prometnog planiranja	2
2. 1. 2. Prometna dijagnoza	3
2. 1. 3. Prometna prognoza	5
2. 1. 4. Prometna „terapija“	7
2. 2. Podjela prometa	8
2. 3. Cestovna mreža	11
2. 4. Gradska ulična mreža	14
3. PRIMJENA PROMETNO OBLIKOVNIH ELEMENATA RASKRIŽJA U GRADOVIMA	16
3. 1. Elementi projektiranja cesta	16
3. 2. Elementi projektiranja gradske ulične mreže	23
3. 3. Elementi projektiranja prometnih čvorišta	26
3. 3. 1. Osnovna načela pri oblikovanju čvorišta	26
3. 3. 2. Preglednost čvorišta	27
3. 3. 3. Vozni trakovi	32
3. 3. 4. Trakovi za lijevo i desno skretanje	32
3. 3. 5. Nagibi i polumjeri zavoja	33
3. 4. Cestovna čvorišta	33
3. 5. Raskrižja kao elementi cestovne mreže	34
3. 5. 1. Vrste prometnih tokova u raskrižju	34
3. 5. 2. Prometne radnje	36
3. 5. 3. Prometni konflikti	38
3. 5. 4. Brzina vožnje u raskrižju	38
3. 5. 5. Razdjeljivanje prometnih tokova	39
3. 5. 6. Oprema i uređenje raskrižja	40
3. 5. 7. Raskrižja u razini (RUR)	40
3. 5. 8. Raskrižja s kružnim tokom (RKT)	43

3. 5. 9. Raskrižja izvan razine (RIR).....	58
4. ANALIZA SIGURNOSTI PROMETA PREMA KATEGORIJAMA I ZNAČAJKAMA CESTE U GRADU SISKU OD 2012. – 2016.	62
5. ANALIZA PRIMJENJENIH PROMETNO OBLIKOVNIH ELEMENATA NA RASKRIŽJU ULICA JOSIPA JURJA STROSSMAYERA I ALEJE NARODNIH HEROJA S PRIJEDLOGOM MJERA ZA POVEĆANJE SIGURNOSTI.....	67
5. 1. Analiza primjenjenih prometno oblikovnih elemenata na raskrižju.....	67
5. 2. Prijedlog mjera za povećanje sigurnosti	69
6. ZAKLJUČAK	73
LITERATURA.....	74

1. UVOD

Raskrižja su točke u kojima se spajaju dvije ili više cesta. To su mjesta na cestovnoj mreži na kojima su izraženi problemi propusnosti i sigurnosti prometa zbog sukobljavanja prometnih tokova, te ih je potrebno regulirati kako bi se smanjio broj konflikata.

Najveću sigurnost omogućuju raskrižja izvan razine, ali se zbog potrebe za većom površinom zemljišta i cijene izvedbe primjenjuju na cestama najvišeg prometnog učinka kao što su autoceste i brze ceste.

Prometno oblikovni elementi raskrižja su preglednost čvorišta, vozni trakovi, trakovi za usporavanje i ubrzavanje, trakovi za lijevo i desno skretanje, prometni otoci i pješačke ograde, nagibi i polumjeri zavoja, horizontalna i vertikalna signalizacija.

Tema rada je Primjena prometnih i oblikovnih elemenata raskrižja u gradu Sisku u funkciji sigurnosti prometa.

Svrha ovog završnog rada je analizirati prometno oblikovne elemente raskrižja ulice Josipa Jurja Strossmayera i Aleje narodnih heroja.

Cilj rada je prijedlog mjera za povećanje sigurnosti prometa na raskrižju ulice Josipa Jurja Strossmayera i Aleje narodnih heroja.

Završni rad je podjeljen na sljedeće cjeline:

1. Uvod
2. Prometno planiranje gradske cestovne mreže
3. Primjena prometno oblikovnih elemenata raskrižja u gradovima
4. Analiza sigurnosti prometa prema kategorijama i značajkama ceste u gradu Sisku od 2012. – 2016.
5. Analiza primjenjenih prometno oblikovnih elemenata na raskrižju ulica Josipa Jurja Strossmayera i Aleje narodnih heroja s prijedlogom mjera za povećanje sigurnosti
6. Zaključak

2. PROMETNO PLANIRANJE GRADSKE CESTOVNE MREŽE

Nagli razvoj automobilske industrije i masovna proizvodnja automobila zahtijevali su modernizaciju postojećih i gradnju novih suvremenih cesta.

Od ukupne cestovne mreže Hrvatske, u duljini od 28 123 km, samo je 400 km autocesta (četiri traka) te 155 km poluautocesta (dva traka).

Gustoća cestovne mreže Hrvatske iznosi 49,67 km cesta na 100 km² površine ili 6,25 km na tisuću stanovnika, što je znatno manje nego u razvijenom dijelu Srednje i Zapadne Europe koja ima 77,0 km cesta na 100 km² površine.

Takvo stanje cestovne mreže posljedica je nedostatnog ulaganja u razvoj i održavanje cesta u duljem razdoblju.

2. 1. Planiranje prometa

2. 1. 1. Sadržaj i cilj prometnog planiranja

Opća nastojanja gospodarskog razvoja nalažu postojanje određene prometne politike. Prometno planiranje teži rješenjima koja osiguravaju najbolje uvjete djelovanja potrebnog prometnog sustava.

Planiranje prometa sastavni je dio općeg urbanističkog planiranja. Prometno planiranje je relativno novo planiranje, a njegovo je značenje posebno došlo do izražaja zbog brzog razvoja prometa.

Cilj prometnog planiranja je maksimalno iskorištenje postojećih prometnica te planski razvoj novih prometnica koje treba prilagoditi budućim potrebama prometa kako bi se osiguralo nesmetano kretanje ljudi i dobara.

Prometni plan sastoji se od

- tehničkog dijela
- prometne studije
- ekonomskog elaborata

Tehnički dio sastoji se od idejnog rješenja ili idejnog projekta s prijedlogom za prihvaćanje najbolje varijante. Prometna studija obuhvaća analizu sadašnjeg prometa, a za varijante tehničkog dijela daju se prometne prognoze izrađene na temelju svih čimbenika koji utječu na razvoj budućeg prometa. Ekonomski elaborat izrađen je na temelju tehničkog dijela i prometne studije. On sadrži obradu i analizu ekonomskog razvoja utjecajnog područja buduće ceste, transportnu ekonomiku i konačno vrednovanje projekta na osnovi ekonomske opravdanosti uloženi sredstava.

Prometno planiranje obuhvaća:

- prometnu dijagnozu (ispitivanje postojećeg stanja prometa u području obuhvata)

- prometnu prognozu (razvoj budućeg stanja prometa)
- prometnu „terapiju“ (određivanje opsega prometnih postrojenja na osnovi prometno-tehničkog proračuna)

2. 1. 2. Prometna dijagnoza

Osnova prometnog planiranja je prometna dijagnoza, a zadaća joj je

- Ispitivanje cjelokupne prometne mreže na području obuhvata s obzirom na njezinu zadaću i funkciju
- Utvrđivanje topografskih, urbanističkih i prometnih značajki područja obuhvata
- Snimanje prometa za sve vrste vozila, uključujući javni i pješački promet
- Utvrđivanje stanja izgrađenosti
- Utvrđivanje broja prometnih nesreća

Postojeće stanje prometa ispituje se tako da se prometna mreža raščlani – od prometnica višeg reda preko prometnih čvorova na prometne trakove. Tako raščlanjena prometna mreža detaljno se analizira. Kao osnovica pri analizi uzimaju se rezultati statičkog i dinamičkog brojenja. Statičko brojenje daje opterećenje poprečnog presjeka ulice, dok dinamičko daje podatke o odvijanju prometnih tokova. Analizom je potrebno obuhvatiti pojedine vrste vozila, javna prometna sredstva i pješački promet. Vremena vršnog prometa odlučujuća su za proračun propusne moći prometnica i čvorova.

Da bi se moglo prići projektiranju prometnog pravca, potrebno je odrediti prosječni dnevni godišnji promet (PGDP) koji se dobije na osnovi kontinuiranog brojenja automatskim brojačima tijekom cijele godine:

$$PGDP = \frac{\text{ukupnovozila godišnje}}{365} \left[\frac{\text{voz}}{\text{dan}} \right]$$

Na temelju dosad objavljenih ispitivanja, utvrđeno je da prometno opterećenje nije konstantno: ono je promjenjivo tijekom godine. Tako je npr. Najmanje opterećenje u prosincu, siječnju i veljači, a najveće u srpnju, kolovozu i rujnu. U ostalim mjesecima u godini opterećenje je prosječno. Vrijednosti prometnog opterećenja su različite od slučaja do slučaja i ovise o gravitacijskom području kao i o važnosti cestovnog pravca u prometnoj mreži. Ako se promet ne može mjeriti tijekom cijele godine, u prometnim se analizama može koristiti prosječni dnevni promet (PDP), koji se dobije brojenjem kroz najmanje sedam dana tijekom prosječnih mjeseci u godini:

$$PDP = \frac{\text{ukupnovozila}}{\text{broj dana}} \left[\frac{\text{voz}}{\text{dan}} \right]$$

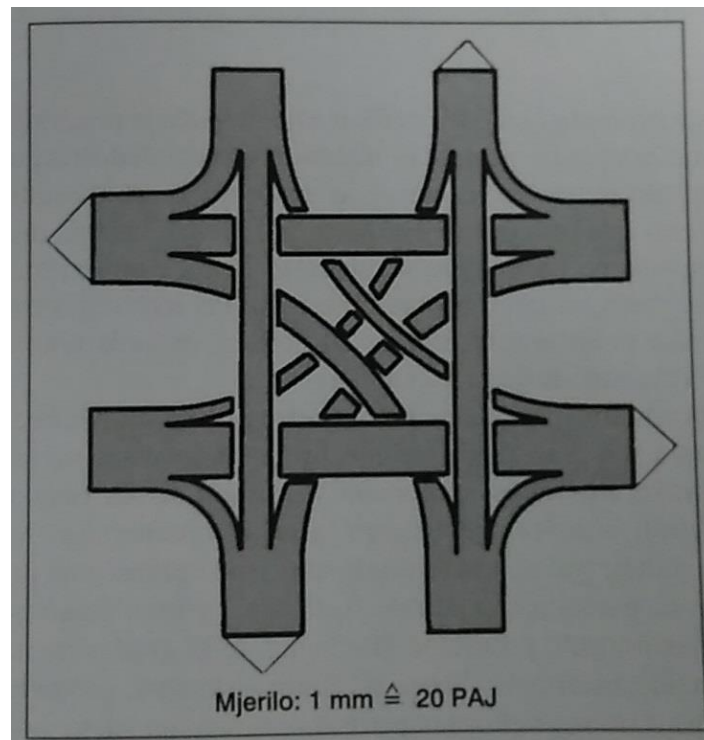
Tijekom jednog dana također postoji neravnomjernost prometnog opterećenja. Vršni sat, tj. Vrijeme kada kroz određeni presjek ceste u jednom satu prođe najveći broj vozila, dobije se brojenjem u razmacima od pet minuta. Unutar vršnog sata pojavljuju se također

znatne oscilacije u prometnom opterećenju. Poznavanje tih oscilacija opterećenja važno je pri reguliranju prisilno prekinutih prometnih tokova. Stoga je unutar vršnog sata potrebno ustanoviti kritično petominutno razdoblje kako bi se izbjegle posljedice trenutačnog zagušenja prometnih tokova

Nanošenjem linija prometnih tokova, koje predstavljaju određene vrste prometa dobiva se plan linija tokova iz kojeg se vidi cjelokupna slika odvijanja prometa. Ako se svaki pojedini tok prikaže određenom količinom prometa, dobiva se plan opterećenja tokova (slika 1.). Pri izradbi planova treba nastojati da mjerilo bude isto radi lakšeg uspoređivanja opterećenja pojedinih prometnih tokova.

Plan linije tokova i plan opterećenja tokova daju sliku:

- Ukupnog opterećenja pojedinih presjeka
- Pojedinačnog opterećenja linija tokova različitih pravaca kretanja, čiji zbroj daje ukupno opterećenje



Slika 1. Plan opterećenja prometnih tokova za jedno raskrižje

Izvor: [1]

Iz podataka o prometnim nesrećama uočava se da je učestalost nesreća pri vožnji u naseljima 2-4 puta veća nego na otvorenoj cesti, a da je na otvorenoj cesti dva puta veća nego na autocestama. Učestalost nesreća ovisi i o polumjeru zavoja: posebno su opasni zavoji malih polumjera. Tako da je pri širini kolnika manjoj od 6,5 m učestalost nesreća dvostruko veća, a pri manjoj od 5,5 m trostruko veća nego pri širini kolnika od 8,5 m. Prilikom prometne dijagnoze, potrebno je uzeti u obzir sve te elemente.

Mjere za smanjenje broja prometnih nesreća:

- Poboljšanje preglednosti prometnica i čvorišta
- Poboljšanje trase (izbjegavanje oštih lukova, dugih pravaca i sl.)
- Proširenje kolnika i fizičko odvajanje smjerova prometnih tokova
- Izgradnja postrojenja koja omogućuju zaustavljanje, odmaranje i sl.
- Kanaliziranje prometa na križanju
- Povećanje hrapavosti kolnika
- Jasno označavanje i uočavanje prednosti vožnje
- Poboljšanje optičkog vođenja jasnijim obilježavanjem

2. 1. 3. Prometna prognoza

Buduće stanje prometa i njegovo oblikovanje moguće je predvidjeti ako se uzmu u obzir očekivano povećanje prometa i uočeni postojeći nedostaci u području obuhvata. Povećanje prometa od posebnog je značaja za oblikovanje prometnica i prometnih čvorova, a pritom je kao osnovica za dimenzioniranje mjerodavno vršno opterećenje. Sve tokove pronađene u dijagnozi ili na osnovi procjene očekivane prometne tokove treba unijeti u prometnu mrežu. Pri izgradnji novih prometnica i čvorišta vremenska prognoza se radi za 20 godina, za veće rekonstrukcije za 15 godina, a manje rekonstrukcije za 10 godina.

Pri izradbi prometne prognoze treba uzeti u obzir čimbenike koji utječu na povećanje prometa, kao što su povećanje broja stanovnika, razvoj gospodarstva, stupanj motorizacije, zasićenost motornim vozilima i sl. Prema iskustvu, prometna građevina ne smije se dimenzionirati prema najvećem opterećenju što se pojavljuje u iznimnim slučajevima, nego prema opterećenju koje se pojavljuje najmanje 30 do 60 sati u godini na promatranoj građevini, tako da je građevina 30 do 60 sati u godini preopterećena, a ostalo vrijeme nije potpuno iskorištena. Ako se u skućenim gradskim područjima raznim mjerama reguliranja prometa može povećati propusna moć, mjerodavno vršno opterećenje može se povećati na 80 sati, a iznimno i na 100 sati.

Za svaki cestovni pravac izrađuju se prometno-ekonomske studije u kojima se analizira gospodarski i društveni potencijal utjecajne zone cesta, i to na osnovi utvrđenih zakonitosti u prometu prognoziranog razvoja i mjerodavnog opterećenja.

Metode prognoze prometa su:

- Metoda Fratar
- Jednadžba multipne korelacije
- Gravitacijski model

Metoda Fratar pretpostavlja da je razdioba budućih težnji prometa iz zone „i“ razmjenjena sadašnjih težnji, modificiranih s čimbenikom težnje zone kojoj je promet upućen. Ta buduća kretanja prometa iz zone „i“ u zonu „j“ mogu se predočiti jednadžbom

$$T_{i \rightarrow j} = t_{i \rightarrow j} * F_i * F_j * \frac{\sum_{k=1}^n t_{ik}}{\sum_{k=1}^n (F_k * t_{ik})}$$

gdje je

$T_i \rightarrow j$ - buduće kretanje prometa iz zone „i“ u zonu „j“

$t_i \rightarrow j$ - sadašnje kretanje prometa iz zone „i“ u zonu „j“

F_i i F_j - čimbenici težnje zone „i“ i „j“

tik - sadašnje kretanje prometa s izvorom u zoni „i“ i s ciljem u zoni „k“ ($k = 1, 2, 3, \dots$)

F_k - čimbenik težnje zone „k“

Za tu metodu treba provesti što veći broj anketa.

Jednadžba multipne korelacije koristi se za prognoziranje prometa s pomoću elektroničkog računala ako su zadovoljeni ovi uvjeti:

- Da se raspolaže statističkim podacima za najmanje deset proteklih godina. (o dohotku po stanovniku, broju turista, stupnju motorizacije, broju vozila na cesti) Što je vremenski interval dulji, rezultati su točniji
- Da je koeficijent multipne korelacije zadovoljavajuće visok

Raspolaže li se podacima za tri neovisne varijable, dobiva se jednadžba:

$$y = a + b x_1 + c x_2 + d x_3$$

u kojoj je

y - broj vozila na cesti

x_1 - broj registriranih vozila

x_2 - broj turista

x_3 - dohodak po stanovniku

a, b, c i d – parametri

Primjenom metode najmanjih kvadrata dobivaju se četiri jednadžbe s četiri nepoznanice. Vrijednosti za x_1, x_2 i x_3 ekstrapoliraju se za razdoblje od 25 godina, uvrštavaju se postupno po godinama u jednadžbu multipne korelacije i tako se dobiva prognozirani broj vozila.

Gravitacijski model predočen je izrazom:

$$V_n = M_i * K_i * f_i$$

gdje je

M_j - broj registriranih motornih vozila na području osnovne utjecane zone ceste koja predstavlja izvor ili cilj, ili samo izvor odnosno cilj za više od 75 posto tokova ceste

K_i - čimbenik ovisnosti opsega prometa na cesti u odnosu prema ukupnom broju registriranih vozila na osnovnom gravitacijskom području ceste

fi - čimbenik utjecaja motorizacije šireg gravitacijskog područja na opseg prometa na cesti

Za taj model potrebno je provesti prometnu anketu na užem i širem gravitacijskom području.

Pri prometnoj prognozi treba uzeti u obzir sljedeće planske elemente:

- Razdvajanje vozila prema vrstama i pješačkog prometa
- Razdvajanje prometa prema vrstama (prolazni, izvorni, unutarnji i sl.)
- Razdvajanje dinamičkog od stacionarnog prometa
- Usklađivanje odvijanja javnog i individualnog prometa

Također je potrebno ispitati i proračunati elemente postojećih prometnih čvorova, kao što su

- Proširivanje uljevnica, tj. Prostora za prethodno prestrojavanje prilazima križanjima
- Povećanje vidljivosti na križanjima zasijecanjem postojećih kutova i proširenjem kolnika
- Pretvaranje kosokutih križanja u pravokutna
- Prestrojavanje pješačkog, javnog i biciklističkog prometa

Pri izradbi prometne prognoze po mogućnosti treba odstraniti promet koji skreće lijevo, i to

- Desnim skretanjem i vođenjem prometa oko izgrađenog bloka ispre križanja ili iza njega
- Poboljšanjem sustava jednosmjernih ulica
- Posebnim trakovima za promet koji skreće ulijevo na prilazima križanju
- Proširenjem križanja i izravnim kanaliziranjem
- Uvođenjem kružnog prometa
- Vođenjem lijevog prometa u drugoj razini

Pri planiranju treba preopterećena mjesta riješiti u više razina, ovisno o prometnim tokovima (podzemni tramvaj, metro i sl.).

2. 1. 4. Prometna „terapija“

Prometna „terapija“ obuhvaća cijelu plansku koncepciju i daje rješenje na temelju prometno-tehničkog proračuna. Ona je završni dio prometnog planiranja i daje rješenje izgradnje prometne građevine koja odgovara danom opterećenju iz prometne prognoze.

Prometno-tehnički proračun sastoji se u postavljanju osnovnih zakonitosti odvijanja prometa koje su mjerodavne za dani slučaj planiranja. Te osnovne zakonitosti služe kao mjerilo pri dimenzioniranju prometnih građevina.

Prometna „terapija“ ima zadaću, putem prometno-tehničkih proračuna, pronaći prometno rješenje koje će zadovoljavati pretpostavljeno bruto opterećenje.

Prometno-tehnički proračun sadrži:

- Dimenzioniranje prometne građevine s obzirom na njezinu propusnu moć prema pretpostavljenom bruto opterećenju
- Naknadnu provjeru prometne građevine s obzirom na njezinu propusnu moć i usporedbu rezultata s bruto kapacitetom građevine

U projektu moraju biti sadržani:

- Oblikovanje građevinskih elemenata (visine i način vođenja rubnjaka, usmjeravajući otoci i sl.)
- Pogon građevine (pravac vožnje, plan odvijanja faza svjetlosnih signala, trajanje faza i podjela faza, duljina preplitanja i sl.)
- Zajedničko odvijanje raznih vrsta prometa

Projektiranje ceste i cestovnih građevina je složen istraživački proces kojemu je osnovni cilj pronalaženje najboljeg rješenja. Pri pronalaženju najboljih rješenja potrebno je vrednovati i uspoređivati razna varijantna rješenja. Za vrednovanje raznih varijanata postoji više metoda koje se primjenjuju u projektiranju ceste i građevina. Projektiranje treba provesti smišljenim postupkom koji se temelji na maksimalnom broju obavijesti. Pritom se treba koristiti suvremenim tehničkim postignućima kao što su elektronička računala, aerofotogrametrija i sl. Izbor optimalne varijante treba zadovoljiti osnovni cilj izgradnje, tj. da dobivena rješenja budu društveno efikasna, da zadovoljavaju zahtjeve prometa, da jamče sigurnost, da su prostorno i ekološki prihvatljiva i uz to da ubrzavaju razvoj područja na kojemu se nalaze.

2. 2. Podjela prometa

Glavna zadaća prometa je planski i organizirani prijevoz robe i putnika.

Prema udaljenosti, trajanju, učestalosti putovanja i prema intenzitetu prijevoza ljudi i robe, promet se može podijeliti na

- gradski promet
- prigradski promet
- međugradski promet

Gradski promet se odlikuje učestalim vožnjama, za razliku od prigradskog.

Prigradski promet je ograničenog dometa i odvija se u granicama određenog područja gradova, a ovisno o lokalnim prilikama duljina može biti i do 50 km.

U međugradskom prometu vožnja se odvija po određenom voznom redu. Ta se vrsta prometa organizira u širem području te povezuje glavna gospodarska, politička i kulturna središta.

Te tri vrste prometa nisu razdvojene, već čine jedinstvenu funkcionalnu cjelinu.

Gradski promet se može podijeliti na

- javni promet
- putnički promet

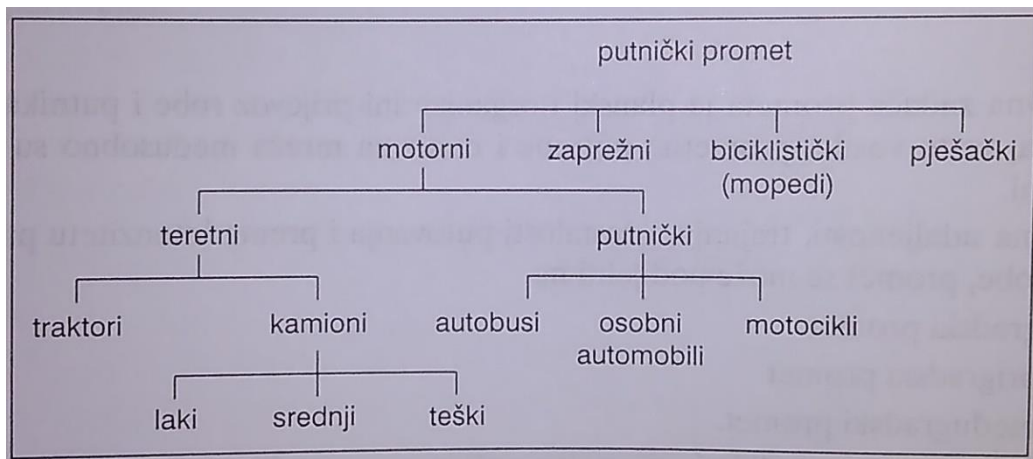
Javni promet obuhvaća prijevoz putnika javnim gradskim prijevoznim sredstvima, kao što su tramvaj, prigradska željeznica, trolejbusi, autobusi i slično.

Putničkim prometom se smatra prijevoz osobnim vozilima, motociklima, biciklima i slično.

Javnim prijevozom se u Hrvatskoj služi oko 70% stanovništva, dok je taj postotak u Zapadnoj Europi oko 60%.

Porastom broja osobnih vozila nastaju posebni problemi u gradskom prometu. Veliki broj privatnih vozila smanjuje ne samo svoju brzinu, nego i brzinu kretanja vozila javnog prometa. Individualni promet obilježava velika potreba za uličnim prostorom, kao i mala propusna moć. Kako bi se povećala brzina sredstava javnog prometa prema individualnom, na ugroženim se mjestima izdvaja javni promet na posebne trakove. U velikim je gradovima odvajanje javnog prometa jedino moguće rješenje za sprečavanje zagušenja u središtu grada.

Shema 1. Podjela cestovnog prometa prema vrsti vozila koja sudjeluju u prometu



Izvor: [1]

Promet se može podijeliti i prema smjeru kretanja te prema izvoru i cilju putovanja.

Prema smjeru kretanja promet se dijeli na

- ulazni promet (vozila ulaze u područje brojenja prometa)
- izlazni promet (vozila izlaze iz područja brojenja)

Prema izvoru i cilju putovanja je

- prolazni promet (prolazi kroz područje brojenja)
- prolazni promet s prekidom (vozila se zadržavaju u području brojenja, ali napuštaju to područje prije završetka brojenja)
- promet s određenim ciljem (vozila ulaze u područje brojenja koje im je ujedno i cilj)
- povratni promet s određenim ciljem (vozila ulaze u područje brojenja koje im je cilj te napuštaju to područje prije završetka brojenja u istom pravcu iz kojeg su došla)
- izvorni promet (vozila počinju svoju vožnju u području brojenja i napuštaju to područje prije završetka brojenja)
- povratni izvorni promet (vozila za vrijeme brojenja izlaze iz područja brojenja i istim smjerom ponovno ulaze u područje brojenja)
- unutarnji promet (vozila se za vrijeme trajanja brojenja kreću samo u području brojenja prometa)

Prema ispitivanjima provedenim u Europi, u ukupnom gradskom prometu pješaci sudjeluju s 20-30 posto.

Pravilno kretanje pješaka je ono radi zadovoljavanja radnih i kulturno-životnih potreba, a odvija se ulicama koje vode do postaja javnog gradskog prometa, kolodvora, kazališta, stadiona i sl.

Nepravilno kretanje pješaka ostvaruje se u trgovačkim i administrativnim središtima.

Pješački se promet povećava svakodnevno, a ovisi i o urbanističkom rješenju grada. Tako, primjerice, udaljenost mjesta stanovanja od mjesta rada, udaljenost mjesta parkiranja od mjesta rada i sl. izravno utječu na veličinu pješačkog prometa.

Prema ispitivanju švicarskih stručnjaka, svaki čovjek kao pješak prijeđe na godinu u projektu oko tisuću kilometara. Brzina kretanja pješaka je različita, od 45 do 67 m/min, a ovisi o starosti i spolu (tablica 1.).

Tablica 1. Brzina kretanja pješaka

Vrsta pješaka	Spol	Brzina pješaka (km/h)		
		usporeni hod	normalni hod	brzi hod
Djeca od 7 do 8 godina	m	2,7-2,9	4,0-5,2	5,4-6,5
	ž	2,6-3,5	3,7-5,0	5,0-6,2
Djeca od 8 do 10 godina	m	3,1-3,7	4,3-5,4	5,6-6,7
	ž	2,8-3,6	4,0-5,2	5,2-6,4

Djeca od 10 do 12 godina	m	3,2-4,2	4,4-5,5	5,7-6,9
	ž	3,1-3,7	4,2-5,4	5,4-6,6
Djeca od 12 do 15 godina	m	3,5-4,6	5,0-5,8	5,9-7,1
	ž	3,2-4,5	4,5-5,5	5,6-6,8
Mladež od 15 do 20 godina	m	3,0-4,5	4,8-5,8	6,0-7,8
	ž	2,9-4,1	4,6-5,6	5,7-6,9
Mladež od 20 do 30 godina	m	3,5-4,5	4,8-6,2	6,3-7,8
	ž	3,4-4,6	4,7-5,9	6,0-7,4
Odrasli od 30 do 40 godina	m	3,2-4,6	4,8-6,2	6,3-7,8
	ž	3,0-4,4	4,7-5,8	5,9-7,2
Odrasli od 40 do 50 godina	m	2,9-4,3	4,6-5,8	6,0-7,2
	ž	2,9-4,1	4,4-5,4	5,5-7,2
Odrasli od 50 do 60 godina	m	2,6-4,0	4,2-5,3	5,4-6,8
	ž	2,5-3,9	4,2-5,0	5,2-6,5
Odrasli od 60 do 70 godina	m	2,4-3,4	3,5-4,4	4,5-6,0
	ž	2,4-3,3	3,5-4,4	4,5-5,6
Stariji od 70 godina	m	2,0-2,8	2,9-3,5	3,6-5,0
	ž	1,8-2,8	2,9-3,5	3,6-4,8
Osobe koje vode djecu za ruku	m	2,3-2,9	3,9-4,6	-
	ž	2,0-3,4	3,5-4,6	4,7-5,5
Osobe koje nose stvari i krupne pakete	m	3,5-4,1	4,3-5,1	5,4-6,3
	ž	3,0-4,0	4,3-5,0	5,3-6,0

Izvor: [1]

Kretanje pješaka određuje se brzinom i putem koji on prijeđe tijekom godine, nejednolikošću vremenskog rasporeda tokova po mreži ulica i gustoćom tokova mjerenom brojem pješaka na četvorni metar površine. Smatra se da je kretanje pješaka slobodno ako se jedan pješak nalazi na četvornom metru površine.

2. 3. Cestovna mreža

Cestovni promet odija se cestovnom mrežm koja se može podijeliti

- Prema društveno-gospodarskom značenju
- Prema vrsti prometa kojemu je namjenjena

Ceste se mogu podijeliti i prema

- Svrsi i prometnom značenju
- Veličini motornog prometa
- Terenu kojim cesta prolazi

Prema društveno gospodarskom značenju, ceste se mogu razvrstati na

- Državne ceste
- Županijske ceste
- Lokalne ceste

Ostatak cestovne mreže Republike Hrvatske može se podijeliti na

- Komunalne ceste
- Ostale ceste

Državne ceste povezuju cjelokupni prostor Republike Hrvatske i integriraju ga u cjelokupni prostor županije u mrežu cesta Republike Hrvatske.

Županijske ceste povezuju naselja i lokalitete unutar županije te integriraju cjelokupni prostor županije u mrežu cesta Republike Hrvatske.

Lokalne ceste povezuju naselja i lokalitete unutar općine i integriraju cjelokupni prostor općine u mrežu cesta Republike Hrvatske.

U komunalne ceste pripadaju one ceste koje povezuju naselja s manje od 50 stanovnika kao i sve ceste i površine unutar naselja na kojima se ne odvija javni promet vozila.

U ostale ceste pripadaju sve ceste na kojima se ne odvija javni promet vozila i pješaka, nego ih isključivo koristi privatna osoba ili određena gospodarska djelatnost u čijoj je nadležnosti i gospodarenje tim cestama.

Prema vrsti prometa kojemu su namijenjene, ceste se dijele na

- Ceste za isključivo motorni promet
- Ceste za mješoviti promet

U ceste za isključivo motorni promet pripadaju autoceste i ostale ceste za motorni promet koje imaju monolitan kolnik.

Ceste za mješoviti promet namijenjene su kretanju svih vrsta cestovnih vozila i ostalih sudionika u prometu tj. Za motorna i zaprežna vozila, bicikliste, pješake, itd.

Prema svrsi i prometnom značenju, ceste se dijele na

- Europske ceste za daleki promet
- Ceste za daleki promet
- Ceste za brzi promet
- Zemaljske ceste
- Ceste za specijalne svrhe
- Turističke ceste
- Gradske ceste

Europske ceste za daleki promet prolaze kroz više od dvadeset država, a njihovo projektiranje i građenje određeno je međunarodnim propisima.

Ceste za daleki promet povezuju glavna središta kao što se nalaze na području države.

Ceste za brzi promet grade se u gusto naseljenim područjima s velikom gustoćom prometa.

Zemaljske ceste preuzimaju promet između gradova na većim ili manjim područjima.

Ceste za specijalne svrhe su industrijske ceste, poljodjelske itd.

Turističke ceste služe, uglavnom za povezivanje naselja i turističkih središta.

Gradske ceste služe prometu u užem području grada.

Prema veličini motornog prometa, izraženog prosječnim godišnjim dnevnim prometom (PGDP), ceste se dijele u pet razreda (tablica 2.).

Tablica 2. Razredi ceste prema veličini motornog prometa

Razred ceste	Veličina motornog prometa (PGDP) vozila/dan
Autocesta	više od 14 000
1. Razred	više od 12 000
2. Razred	od 7 000 do 12 000
3. Razred	od 3 000 do 7 000
4. Razred	od 1 000 do 3 000
5. Razred	do 1 000

Izvor: [6]

PGDP = prosječni godišnji dnevni promet u oba smjera

Tablica 3. Podjela cesta prema zadaći povezivanja ovisno o srednjoj duljini putovanja

Kategorija ceste	Društ. Gospod. značenje	Vrsta prometa	Veličina prometa	zadaća povezivanja	Srednja duljina putovanja (km)
Autocesta	Državna	Promet motornih vozila	>14 000	Međudržavno i državno	>100
1. kategorija	Državna	Promet motornih vozila	>12 000	Međudržavno i državno-regionalno	50-100
2. kategorija	Državna	Promet motornih vozila Mješoviti promet	7 000 - 12 000	Državno i županijsko	20-50
3. kategorija	Državna Županijska	Mješoviti promet	3 000 - 7 000	Međuopćinsko	5-50

4. kategorija	Županijska Lokalna	Mješoviti promet	1 000 - 3 000	Općinsko	5-20
5. kategorija	Lokalna	Mješoviti promet	<1 000	Općinsko- lokalno	<5

Izvor: [6]

U prvi razred pripadaju autoceste na kojima opterećenje mora biti veće od 12 000 vozila/dan, s više od 2 000 teretnih vozila.

Prema terenu kojim prolaze, mogu se razlikovati ceste:

- Na nizinskom terenu
- Na brežuljkastom terenu
- Na brdovitom terenu
- Na planinskom terenu

Vrsta terena kojim cesta prolazi uvelike utječe na konstruktivne elemente ceste i na njezinu tehničku izvedbu.

2. 4. Gradska ulična mreža

Sav gradski promet odvija se gradskom uličnom mrežom. Pojmom ulična mreža obuhvaćen je sklop elemenata putem kojih se manifestira promet u svom dinamičkom i stacionarnom obliku.

Prema funkcionalnom obilježju, ceste, ulice i prometne površine u gradovima mogu se podijeliti na:

- brze ceste
- gradske ceste
- magistralne ulice
- zbirne ulice
- ulice u stambenim naseljima
- ostale prometne površine

Brze ceste služe povezivanju šire regije ili dijelova regija s naseljem. Građene su u prvom redu za tranzitni promet, a tehnički im elementi omogućavaju veliku propusnu moć. Brze ceste križaju se s ostalim prometnicama u dvije ili više razina.

Gradske ceste su prometnice koje povezuju gradove s regionalnim središtima, namijenjene prvenstveno lokalnom prometu, a mogu se podijeliti na primarne i sekundarne.

Primarne gradske ceste namijenjene su mješovitom prometu, a izvode se za računsku brzinu $V_r = 80$ km/h. Dvosmjerni kolnici međusobno su odvojeni nadvišenim razdjelnim pojasom, a biciklistički se promet odvija na posebnom traku.

Magistralne ulice moraju zadovoljiti sve uvjete koji su predviđeni za gradske ceste, osim što se na njima ne predviđaju biciklističke staze. Računska brzina $V_r = 60$ km/h.

Zbirne ulice preuzimaju promet iz stambenih, industrijskih i poslovnih područja i usmjeruju ga prema cestama višeg reda. One se obično izvode za računsku brzinu $V_r = 60$ km/h.

Ulice u stambenim naseljima služe izvornom i ciljnom prometu, a dijele se na dovozne i industrijske.

Ostale prometne površine obuhvaćaju biciklističke staze, pješačke hodnike i površine za parkiranje.

3. PRIMJENA PROMETNO OBLIKOVNIH ELEMENATA RASKRIŽJA U GRADOVIMA

3. 1. Elementi projektiranja cesta

Poprečni presjek pojedinih vrsta cesta određuje se prema prometnim potrebama. On ovisi o rangu ceste, eksploatacijskim značajkama i terenskim uvjetima.

Kolnik je dio gornjeg ustroja ceste koji je namijenjen isključivo kretanju vozila. Kolnici s jednim prometnim trakom rijetko se izvode, uglavnom na poljodjelskim cestama i cestama u teškoj planinskom terenu. Najčešće se izvode kolnici s četiri traka, s odvojenim smjerovima.

Širina prometnih trakova na jednosmjernim kolnicima na višetraknim cestama, prema našim propisima o tehničkim normativima i osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati s gledišta sigurnosti prometa, prikazana je tablicom 4, a na dvotračnim cestama, tablicom 5.

Tablica 4. Širina prometnog traka ovisno o računskoj brzini i terenu

Računska brzina Vr (km/h)	Teran	Širina prometnog traka (m)
100-120	I i II	3,75
80-100	III i IV	3,50

Izvor: [1]

I – nizinski teren

II – brežuljkasti teren

III – brdoviti teren

IV – planinski teren

Tablica 5. Širina prometnog traka ovisno o računskoj brzini, terenu i razredu ceste

Računska brzina Vr (km/h)	Širina prometnog traka na cesti razreda (m)				
	1	2	3	4	5
100	I i II 3,50	I 3,50			
80	III 3,25	II 3,25	I 3,25		
70	IV 3,25	III 3,00	II 3,00	I 3,00	
60		IV 3,00	III 3,00	II 3,00	I 3,00
50			IV 3,00	III 2,75	II 2,75
40				IV 2,75	III i IV 2,75

Izvor: [1]

Rubni trakovi su učvršćeni dio ceste koji se nalazi između kolnika i bankine. Njihova širina ovisi o širini prometnog traka kako je prikazano u tablici 6.

Tablica 6. Širina rubnog traka ovisno o širini prometnog traka

Širina prometnog traka (m)	Širina rubnog traka (m)
3,75	0,50
3,50	0,35
3,0 – 3,25	0,30
2,75	0,20

Izvor: [1]

Širina rubnog traka između prometnog i zaustavnog traka iznosi 0,20 m.

Namjerava li se u kraćem vremenu proširiti ili pojačati konstrukcija kolnika, umjesto rubnih trakova postavljaju se rubne crte. Širina rubnih crta ovisi također o računskoj brzini, pa je pri $V \geq 100$ km/h širina 15 cm, pri $V \geq 60$ do 100 km/h 10 cm.

Bankina je zemljani pojas koji se nalazi uz konstrukciju kolnika, ima višestruku ulogu. Služe za postavljanje prometnih znakova, za kretanje pješaka, a u iznimnim slučajevima za zaustavljanje vozila u kvaru. Minimalna širina bankine određena je razmakom unutarnjeg ruba ograde od ruba kolnika i konstrukcijskom širinom zaštitne ograde. Ako se zaštitna ograda ne predviđa, širina bankine ne dobije prema tablici 7.

Tablica 7. Širina bankine ovisno o širini prometnog traka

Širina prometnog traka (m)	Širina bankine (m)
3,75	1,50
3,50	1,50
3,25	1,20
3,00	1,00
2,75	1,00

Izvor: [1]

Širina bankine uz zaustavni trak iznosi 1,00.

Na cestama za mješoviti promet gdje je intenzivan biciklistički promet potrebno je predvidjeti biciklističke staze. Najjednostavnije je smjestiti biciklističku stazu neposredno uz kolnik, ali je bolje rješenje ako je odvojena od kolnika zaštitnom trakom i nadvišena. Prometna širina koja se predviđa za jedan red biciklista je 1,0 m, a za dva reda biciklista 2 x 0,90, tj. 1,80 m.

Udaljenost osi biciklističke staze od stalne zapreke mora biti 0,80 m, a od pomične zapreke 1,0 m. Najveći uzdužni nagib biciklističke staze je 5% (iznimno 8%), a najmanji

horizontalni polumjer zavoja je $R = 15$ m. Prijelome nivelete treba zaobliti s polumjerom $R = 200$ m pri konkavnom prijelomu, a pri konveksom s $R = 100$ m.

Biciklističke staze se iznimno mogu odvojiti i na samom kolniku s pomoću bijele razdvojne crte širine 20 cm. Na toj izdvojenoj površini biciklisti imaju prednost, ali se tom površinom mogu koristiti i druga vozila.

Pješačke staze treba graditi u naseljima i na prilaznim cestama izvan naselja. Izvode se s najmanje dva pješačka traka širine $2 \times 0,75$ m (prema našim propisima 0,80 m). Ako je na cesti uz stazu za pješake predviđena i staza za bicikliste, staza za pješake je nadvišena, a biciklistička u razini kolnika. Pogodnije rješenje je da i pješačka i biciklistička staza budu nadvišene u odnosu prema kolniku i međusobno odvojene zaštitnim trakovima.

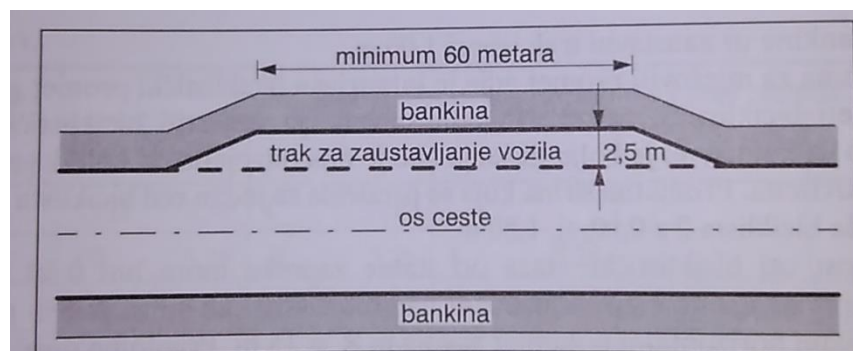
Razdjelni trak izvodi se na cestama većeg značenja kako bi se razdjelio kolnik po smjerovima vožnje. Oni spečavaju skretanje vozila na kolnik suprotnog smjera i zasljepljivanje vozača svjetlima vozila iz suprotnog smjera. Ako je širina razdjelnog traka manja od 1,5 m, treba ga izvesti nadvišenog s odgovarajućim rubnjakom. Pri širini od 1,5 m i više razdjelni trak se može izvesti u istoj razini. U sredini razdjelnog traka postavljaju se dvostrane elastične ograde.

Tablica 8. Širina razdjelnog pojasa prema našim propisima

Vrste cesta	Teren	Širina razdjelnog traka (m)
Autocesta	I – II	4,0
Autocesta	III – IV	3,0 (2,0)
Cesta 1. razreda	I - IV	3,0 (2,0)

Izvor: [1]

Stajalište za zaustavljanje vozila (zbog kvara, brisanja vjetrobrana i sl.) treba izvesti na svim cestama kao proširenje uz kolnik, širine 2,5-3,0 m, duljine najmanje 60 m u razmacima od 1 000 m (slika 2.).



Slika 2. Stajalište za zaustavljanje vozila

Izvor: [1]

Na cestama s većim prometom izvode se kontinuirani trakovi širine 2,5 m (na autocestama). Ti su trakovi obično lakše konstrukcije od kolnika i drukčije su boje kako bi ih vozači mogli lakše uočiti.

Prema našim propisima širina traka za zaustavljanje vozila u nuždi iznosi:

- Na autocestama 2,50 m
- Na cestama 1. Razreda s četiri vozna traka 1,75 m.

Trakovi za spora vozila izvode se na usponima većim od 4% na cestama s računskom brzinom većom od 60 km/h i s više od 3 000 vozila na dan. Izvode se s desne strane kolnika širine 3,0-3,25 m.

Na autocestama i cestama 1. Razreda duljina traka za spora vozila ne smije biti manji od 1 000 m.

Najveća duljina ceste u pravcu prema našim propisima je 20 V (3 000 m), a najmanja 2 V (V je računska brzina u km/h). Najmanja duljina međupravca kod dva zavoja istog smjera je 6 V.

Zavoje treba projektirati sa što većim polumjerom, a povoljno je kad se na desni zavoj nastavlja lijevi, ili obrnuto, jer se time dobiva bolja preglednost. Pri određivanju najmanjeg polumjera zavoja uzima se u proračun mogućnost zanošenja vozila (klizanje ustranu).

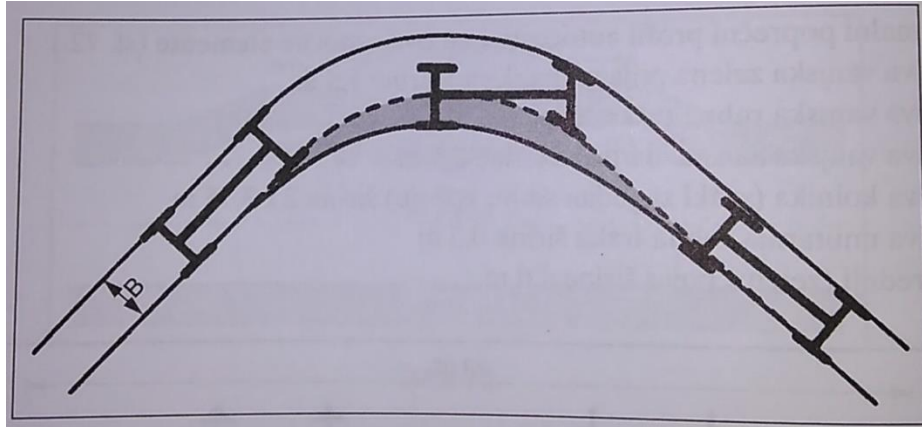
Veličina najmanjeg polumjera R_{min} i zaustavne preglednosti P_Z u ovisnosti o računskoj brzini prema našim propisima iznosi:

Tablica 9. Veličina R_{min} i P_Z ovisno o računskoj brzini

Vr (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{min} (m)	25	45	75	120	175	250	350	450	600	750	850
P_Z (m)	25	35	50	70	90 (80)	120 (100)	150 (120)	190 (150)	230 (170)	280 (200)	340 (250)

Izvor: [6]

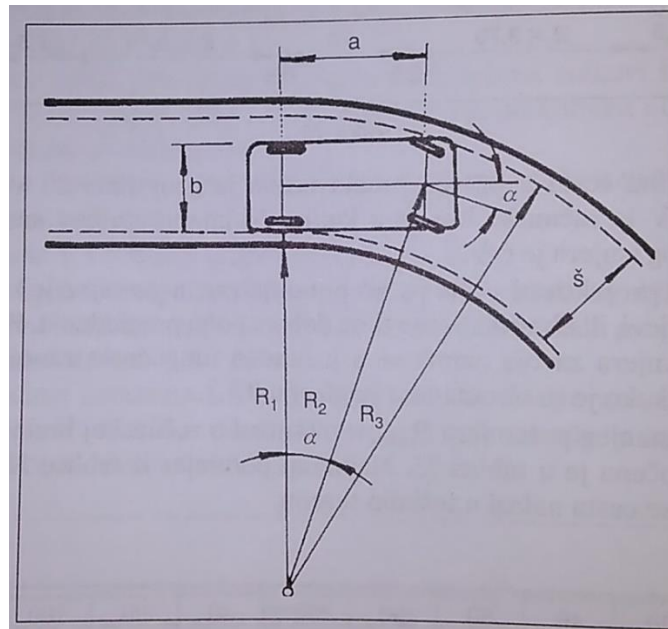
Pri vožnji kroz zavoj stražnji kotači ne slijede trag prednjih kotača te opisuju luk manjeg polumjera. Stoga je u zavoju potrebno proširiti kolnik (slika 3.).



Slika 3. Polumjer prednjih i stražnjih kotača pri prolasku kroz zavoj

Izvor: [1]

Proširenje se izvodi s unutarnje strane zavoja, i to postupno kroz prijelazni zavoj. Proširenje ovisi o polumjeru zavoja, širini vozila i razmaku osovina (slika 4.).



Slika 4. Proširenje zavoja

Izvor: [1]

Širina (\check{s}) koju zauzima vozilo pri prolasku kroz zavoj može se izračunati prema jednadžbi

$$\check{s} = \frac{a}{\sin \alpha} - \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} + b$$

gdje je

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{R + \frac{b}{2}}$$

a – razmak osovina vozila

b – širina vozila

Pravilnom izvedbom proširenja kolnika u zavoju omogućuje se lakše mimoilaženje vozila, a time se povećava sigurnost prometa. Pri proširenju u zavoju treba uzeti odgovarajuće vozilo (teretno vozilo s prikolicom i sl.). Ako je proračunano proširenje manje od 0,3 m, ne uzima se u obzir. Prema našim propisima najmanje proširenje koje se uzima u obzir je 0,2 m za širinu kolnika do 6,0 m, a 0,3 m kad je širina kolnika veća od 6,0 m.

Za dvosmjerni promet treba zavoj jednoliko proširiti na oba prometna traka, tj. s vanjke i s unutarnje strane, bez obzira na to što vozila koja se kreću vanjskom stranom zavoja manje zauzimaju površinu kolnika jer je polumjer vanjskog zavoja veći.

Veličine proširenja mogu se izračunati prema jednadžbama:

Za osobna vozila

$$\Delta B = \frac{5,0^2}{2R}$$

Za autobus ili teretno vozilo

$$\Delta B = \frac{8,0^2}{2R}$$

Za skup vozila (vučno vozilo s priključnim vozilom)

$$\Delta B = \frac{8,0^2}{2R} + \sqrt{R^2 + 20} - R$$

Pri vožnji kroz zavoj mora biti osigurana horizontalna preglednost. To se osiguranje provodi kad je zavoj u usjeku ili zasjeku ili kad se na njegovoj unutarnjoj strani nalaze razne građevine.

Između pravca i zavoja umeće se prijelazna krivulja (oblika klotoide).

Prijelaz iz pravca u luk bez prijelazne krivulje može se dopustiti samo u iznimnim slučajevima pri polumjerima većim od onih u tablici 10.

Tablica 10. Prijelaz iz pravca u luk bez prijelazne krivulje.

Vr (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	1500						1800	2000	2500	3000	3500

Izvor: [6]

Duljina prijelazne krivulje određuje se prema vozno-dinamičkim, vizualnim, konstruktivnim i estetskim uvjetima.

Prema vozno-dinamičkim uvjetima duljina prijelazne krivulje pri najmanjem polumjeru R_{min} dobiva se prema jednadžbi

$$L_{min} = \frac{2,725 * f^2 * V}{s}$$

Tablica 11. Veličine bočnog udara (s) ovisno o računskoj brzini Vr i najmanjoj duljini prijelazne krivulje Lmin u području polumjera Rmin do približno 3*Rmin.

Vr (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
s (m/s ³)	0,909	0,773	0,654	0,555	0,469	0,396	0,338	0,290	0,252	0,204
Lmin (m)	25	30	40	50	60	70	90	100	110	120

Izvor: [1]

Prema vizualnim uvjetima duljina prijelazne krivulje određen je pomakom kružnog luka ΔR koji ne smije biti manji od $\Delta R = 0,30$ m. Na osnovi toga dobije se

$$R = \frac{L_{min}^2}{24 * R} = 0,30$$

Odnosno

$$L_{min} = \sqrt{24 * 0,3 * R} = \sqrt{7,2 * R}$$

Prema konstruktivnim uvjetima, duljina prijelazne krivulje ne smije biti kraća od duljine prijelazne rampe L_R čiji je najveći nagib $i_{maks.}$ predložen tablicom 12.

Tablica 12. Nagib prijelazne rampe ovisno o računskoj brzini

Vr (km/h)	≤ 40	60	≥ 80
$i_{maks.}(\%)$	1,5	1,0	0,5-0,75

Izvor: [1]

Na osnovi toga može se postaviti uvjet da je duljina prijelaznog izvoja L jednaka duljini prijelazne rampe L_R i da se promjena poprečnog nagiba kolnika izvrši na duljini prijelaznog zavoja

$$L = \frac{A^2}{R} = L_R$$

Prema estetskim uvjetima, duljina prijelazne krivulje treba ublažiti dojam kojim oštrina zavoja djeluje na vozača. To se može postići ako je veličina kuta skretanja $\tau \geq 3^\circ$. Na osnovi toga dobije se

$$\tau = A^2 * \frac{180^\circ}{2 * R^2 * \pi}$$

Odnosno

$$L_{min} = \frac{R}{9}$$

Poprečni nagib kolnika u pravcu iznosi 2,5% do 4%, ovisno o vrsti zastora. Pravilno izveden poprečni nagib osigurava dobru odvodnju oborinske vode s kolnika te se tako povećava sigurnost prometa.

Prema našim propisima, najmanja veličina poprečnog nagiba u pravcu za sve vrste suvremenih zastora je 2,5%, a na cestama sa zastorom od makadama 4%.

U zavoju se izvodi jednostrani poprečni nagib. Najveća dopuštena veličina poprečnog nagiba kolnika koja se primjenjuje u lukovima minimalnog polumjera iznosi 7%.

Kod zavoja koji su izvedeni s uzdužnim nagibom treba kontrolirati veličinu dijagonalnog nagiba kako ne bi došlo do klizanja vozila u dijagonalnom smjeru, naročito na mokrom i klizavom kolniku.

Tablica 13. Uzdužni nagibi ovisno o terenu, značenju i rangu ceste

Vrsta ceste	Najveći uzdužni nagib (%)			
	nizinski	brežuljkasti	brdoviti	planinski
Autoceste	-	4-5	5	7
Ceste 1. razreda	-	5	6	7
Ceste 2. razreda	-	6	7	8
Ceste 3. razreda	-	7	8	10
Ceste 4. razreda	-	8	10	11
Ceste 5. razreda	-	10	11	12

Izvor: [1]

Na dugim usponima u uzdužnim nagibom većim od 4% treba predvidjeti proširenje ceste otprilike na svakih 100 m visinske razlike radi eventualnog zaustavljanja vozila.

Veličina polumjera vertikalnog zaobljenja R_V pri konveksom prijelomu nivelete dobit će se na temelju duljine preglednosti, tj. zaustavljanja vozila ispred nepomične zapreke, a pri konkavnom prijelomu iz uvjeta da veličina centrifugalnog ubrzanja ne prelazi vrijednosti $0,5 \text{ m/s}^2$.

3. 2. Elementi projektiranja gradske ulične mreže

Glavni elementi gradskih ulica u poprečnom presjeku su

- Kolnici
- Pločnici (staze za pješake)
- Biciklističke staze
- Zeleni pojasevi (razdjelni trakovi)
- Tramvajske pruge

Kolnici imaju dva ili više prometnih trakova. Širina prometnih trakova ovisi o računskoj brzini. Imaju li kolnici više od četiri vozna traka, prometne smjerove treba odvojiti razdjelnim trakom (širine 4,0 m).

Prema iskustvima u inozemstvu, ovisno o tipu prometnice, širina prometnih trakova iznosi:

- Na brzim cestama 3,65 m
- Na gradskim cestama 3,65 m

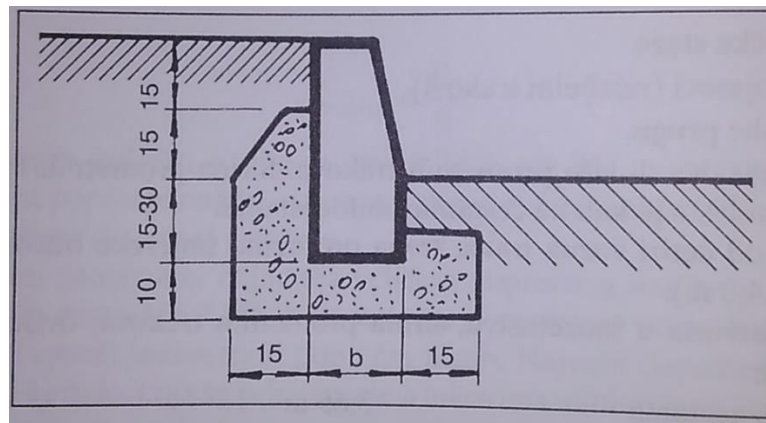
- Na zbirnim cestama 3,65 m
 - u industrijskim područjima 3,65 m
 - u lokalnim poslovnim područjima 3,45 – 3,5 m
 - u stambenim područjima 3,0 – 3,1 m

Slobodni profil kolnika određen je širinom kolnika kojoj se dodaju dvije zaštitne širine od 0.65 m. Visina slobodnog profila je 4.5 m od gornje površine kolnika, a pri čemu treba uzeti u obzir eventualno pojačanje konstrukcije kolnika. Na gradskim ulicama koje su predviđene za promet vozila kao što su tramvaj i trolejbus visina slobodnog profila treba biti 5.5 m.

Visina slobodnog profila pločnika i biciklističkih staza je 2,5 m.

Širina pločnika (nogostupa) uz stambene ulice je 2 m, a u poslovnim i trgovačkim dijelovima ta širina može biti i više od 5 m. Dijelove ulica gdje se očekuje velika koncentracija pješačkog prometa treba posebno razmotriti.

Pločnik se obično izvodi nadvišen prema kolniku s ugrađenim rubnjacima (slika 5.).



Slika 5. Izvođenje pločnika u odnosu na kolnik sa ugrađenim rubnjacima

Izvor: [1]

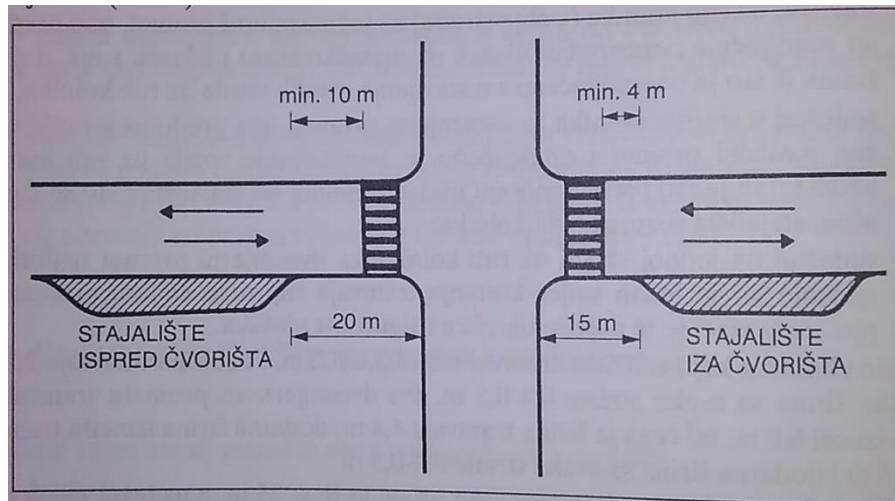
Radi osiguranja potrebne preglednosti u horizontalnim zavojima, visina zapreke (ograda, živica, reklame i sl.) ne smije biti veća od 0.6 m.

Poprečni nagib kolnika u pravcu je 2.1% (1:48) do 2.5% (1:40), dok uzdužni nagib ovisi o tipu prometnice. Za gradske autoceste najveći uzdužni nagib je 2.5% (iznimno 3%), na gradskim cestama za brzi promet 3% (4%), na glavnim gradskim prometnicama 4% (5%) i na gradskim prometnicama 5% (6%).

Stajališta autobusa općenito su smještena u blizini čvorišta, radi bolje pristupačnosti, manje brzine, koncentracije putnika i sl.

Najbolji smještaj autobusnog i tramvajskog stajališta je neposredno iza čvorišta u smjeru vožnje. Tako postavljeno stajalište omogućuje na križanjima sa semaforima lakše

uključivanje autobusa i tramvaja u prometni tok, a budući da se pješački prijelaz nalazi iza stajališta, pješaci imaju bolji pregled pri prijelazu križanja. Stajališta smještena iza čvorišta manje smetaju ostalim vrstama prometa. U tom slučaju autobus obično ima dva zaustavljanja, jedno ispred čvorišta, a drugo iza, na stajalištu (slika 6.).

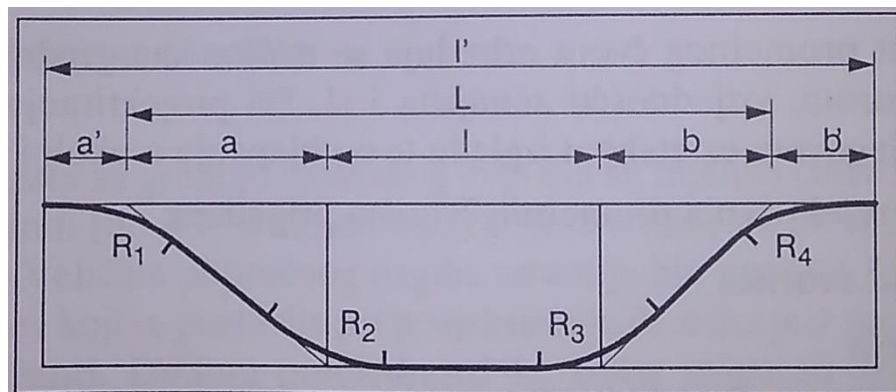


Slika 6. Stajališta za zaustavljanje autobusa

Izvor: [1]

Polumjeri zaobljenja prilaza autobusnom stajalištu ovise o vrsti vozila i brzini vožnje (slika 7.).

Slika 7.



Slika 7. Polumjeri zaobljenja prilaza autobusnom stajalištu

Izvor: [1]

Tablica 14. Osnovne dimenzije stajališta ovisno o vrsti vozila i brzini

Vrsta vozila	Brzina kretanja autobusa V_a (km/h)											
	$V_a = 30$ km/h				$V_a = 40$ km/h				$V_a = 60$ km/h			
	l	a	b	L	l	a	b	L	l	a	b	L
Jedan autobus	13	16	15	44	13	17	15	45	13	25	15	53

Dva autobusa	28	12	12	59	28	17	15	60	28	25	15	68
Autobus s prikolicom	20	16	15	51	20	17	15	52	20	25	15	60

Izvor: [1]

Proširenje kolnika za stajališta iznosi 3,0-3,5 m.

3. 3. Elementi projektiranja prometnih čvorišta

Prometna čvorišta su mjesta gdje se spajaju dvije ili više prometnica. Pri izboru mjesta i načina za rješenje čvorišta treba svaki slučaj detaljno proučiti jer je na nepravilno konstruiranom čvorištu, naročito pri većem prometnom opterećenju, sigurnost prometa smanjena.

U glavne kriterije koji se uzimaju u obzir pri izgradnji prometnog čvorišta mogu se svrstati: sigurnost vožnje, propusna moć (kapacitet), ekonomičnost i estetski izgled.

Sigurnost vožnje je jedan od najvažnijih kriterija. Pravilnim oblikovanjem čvorišta može se povećati sigurnost vožnje. Propusna moć se određuje prema broju vozila koja u određenom vremenu prođu prometnim čvorištem, pri čemu se razlikuju osnovna, moguća i planirana propusna moć. Planirana propusna moć iznosi 75% moguće propusne moći. Propusna moć se proračunava za čvorište u istoj razini, dok se za čvorište u više razina propusna moć određuje u području izmjene traka.

Ekonomičnost prometnog čvora određuje se troškovima gradnje i održavanja, potrebnim prostorom, vrijednošću zemljišta i sl. Pri projektiranju čvorišta treba voditi brigu i o njegovom estetskom izgledu te o uklapanju u okolni krajolik.

U elemente projektiranja prometnih čvorišta pripadaju

- preglednost čvorišta
- vozni trakovi
- trakovi za usporavanje
- trakovi za ubrzavanje
- trakovi za lijevo i desno skretanje
- prometni otoci i pješачke ograde
- nagibi i polumjeri zavoja

3. 3. 1. Osnovna načela pri oblikovanju čvorišta

Kako bi prometni čvor pružao određenu sigurnost pri protjecanju prometnih tokova, treba uzeti u obzir četiri osnovna načela: vidljivost, preglednost, prilagodljivost i protočnost.

Vozač mora na vrijeme uočiti čvorište kako bi mogao prilagoditi način i brzinu vožnje novonastaloj prometnoj situaciji. Vidljivost čvorišta postiže se odgovarajućom signalizacijom i rasvjetom.

Preglednost na čvorištu mora biti osigurana kako bi vozač na vrijeme uočio opasnost zbog čega treba izbjegavati postavljanje bilo kakvih zapreka na čvorištu (reklamne stupove, ograda i sl.). Uz to treba osigurati jednoličnu rasvjetu čvorišta.

Čvorište treba biti što jednostavnije riješeno, bez složenih i dugih vođenja prometnih tokova, bez vijugavih vožnji, s ispravno i pregledno obilježenim prometnim trakovima itd.

Protočnost čvorišta postiže se njegovim prilagođavanjem uvjetima vožnje. Na čvorištu treba izbjegavati svaku izmjenu smjera (smjer vožnje treba nastaviti po mogućnosti iza čvorišta). Čvorište treba dobro obilježiti s pomoću tlocrtna signalizacije kako bi se postiglo što bolje optičko vođenje prometnih tokova.

Na prometnim čvorištima ne smije se postavljati prevelik broj otoka za usmjerivanje i razdvajanje prometnih tokova.

Pri prolasku preko čvorišta vozač je izložen djelovanju različitih utjecaja, kao što su optičko vođenje, prometno i građevinsko oblikovanje, obilježavanje, reguliranje tokova, rasvjeta i sl., a sve bi to trebalo djelovati na vozača tako da ga vodi pravilno i da se on pri vožnji osjeća sigurnim. Prije projektiranja čvorišta u više razina, treba ispitati i mogućnost rješenja čvorišta u istoj razini.

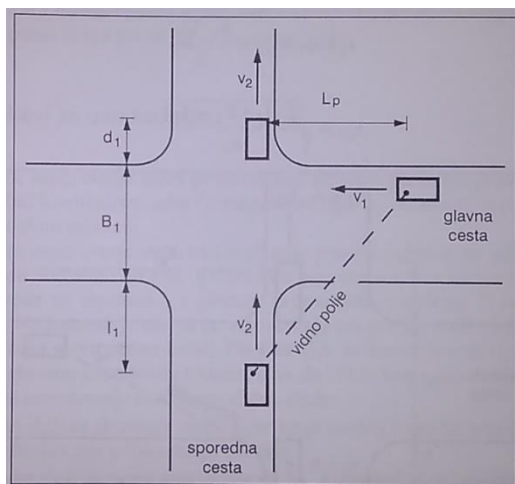
3. 3. 2. Preglednost čvorišta

Pogodna mjesta za gradnju cestovnog čvoršta su dijelovi ceste u pravcu s malim uzdužnim nagibom (do 3%, iznimno 4%), koji se nalaze na nasipu male visine ili u plitkom usjeku. Veličina poprečnog nagiba ne smije biti veća od 3,5%.

Glavni zahtjev koji se postavlja pri projektiranju čvorišta jest osiguranje potrebne duljine preglednosti. Duljinu preglednosti L_p treba osigurati tako da vozač koji dolazi na čvorište sa sporedne ceste, može na vrijeme izbjeći smetnje koje nastaju od prometa sa glavne ceste pri križanju ili uplitanju. Duljina preglednosti treba se osigurati u dva slučaja

- vozilo koje nema prednost prolazi kroz čvorište bez zaustavljanja
- vozilo koje nema prednost stoji pred čvorištem (znak STOP na sporednoj cesti)

U slučaju da se oba vozila kreću, duljina preglednosti L_p dobit će se uz pomoć slike 8. Na tom čvorištu vozač ima dovoljnu preglednost da u slučaju potrebe može na vrijeme zaustaviti vozilo.



Slika 8. Duljina preglednosti za slučaj da se oba vozila kreću

Izvor: [1]

Vrijeme prolaska kroz čvorište t_{ξ} dobije se pomoću jednadžbe

$$t_{\xi} = \frac{l_1 + B_1 + d_1}{v_2}$$

u kojoj je

l_1 - duljina vidljivosti sa sporedne ceste prije nailaska na čvorište (duljina zaustavnog puta u slučaju intenzivnog kočenja)

B_1 - duljina prolaza kroz čvorište

d_1 - duljina vozila

v_2 - brzina vozila na sporednoj cesti (m/s)

Duljina preglednosti L_p je

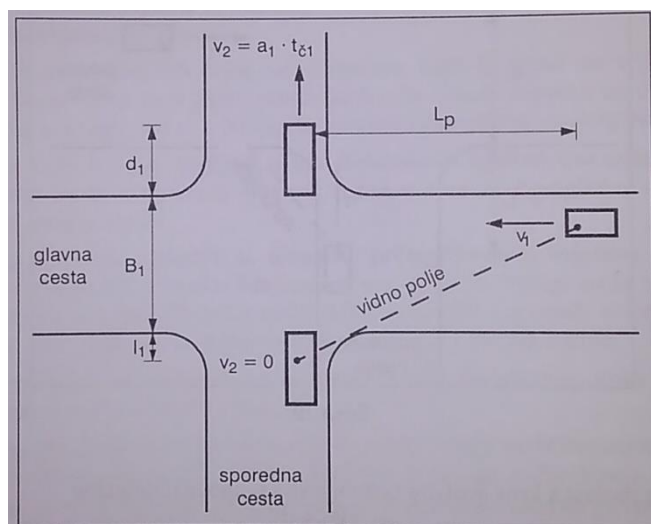
$$L_p = v_1 * t_{\xi} = \frac{v_1}{v_2} * (l_1 + B_1 + d_1) = \frac{v_1}{v_2} * (v_2 * t_R + \frac{v_2^2}{2 * g * f_1} + B_1 + d_1)$$

gdje je

v_1 - brzina vozila na glavnoj cesti (m/s)

t_R - vrijeme reagiranja vozača (s)

Za vozilo koje nema prednost i stoji pred čvorištem (znak STOP na sporednoj cesti), duljina preglednosti L_p dobit će se pomoću slike 9.



Slika 9. Duljina preglednosti za vozilo koje nema prednost stoji pred čvorištem.

Izvor: [1]

Vrijeme prolaska kroz čvorište dobije se pomoću jednadžbe

$$t_{\zeta} = t_R + t_{\zeta 1}$$

Tj.

$$t_{\zeta} = \sqrt{\frac{2 * (l_1 + B_1 + d_1)}{a_1}}$$

gdje je

a_1 - ubrzanje vozila na sporednoj cesti (m/s^2)

Duljina preglednosti L_p je

$$L_p = v_2 * t_{\zeta} = v_2 * \left(t_R + \sqrt{\frac{2 * (l_1 + B_1 + d_1)}{a_1}} \right)$$

Mjerodavna polja preglednosti

Za sigurno odvijanje prometa u raskrižju potrebno je provjeriti različite vidove doglednosti i polja preglednosti. To su prvenstveno polja za:

- zaustavnu preglednost
- preglednost kod približavanja
- privoznu preglednost
- preglednost za pješake i bicikliste

Pod zaustavnom preglednošću podrazumijeva se doglednost koja je potrebna za pravovremeno prepoznavanje raskrižja pred kojim se treba zaustaviti.

Potrebne duljine zaustavnog puta ovise o vrsti/kategoriji ceste, tj. dopuštenoj brzini prilaznja i uzdužnom nagibu sporedne ceste (tablica 15.).

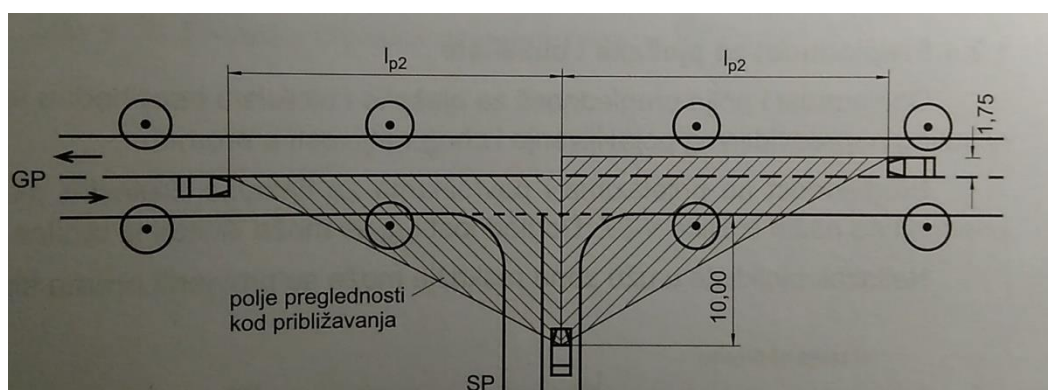
Tablica 15. Potrebne duljine zaustavne preglednosti L_{p1}

Vrste ceste	Brzina privoženja V_{85} [km/h]	Uzdužni nagib privozne ceste s [%]				
		-8	-4	0	+4	+8
A – nove ceste izvan naseljenih područja	100	240	210	190	170	160
	90	185	165	150	140	130
	80	145	130	120	110	105
	70	110	100	90	85	80
	60	80	70	70	65	60
	50	60	55	50	50	50
B – nove ceste u prijelaznom području i unutar izgrađenog područja	70	95	85	80	75	70
	60	70	65	60	55	55
	50	50	45	40	40	40
C – nadograđene glavne prometne i sabirne ceste unutar nacelja	50	40				
	40	25				
	30	15				

Izvor: [3]

Preglednost kod približavanja raskrižju i glavnoj cesti podrazumijeva doglednost koja mora biti osigurana na određenoj udaljenosti od ruba glavne ceste za vozača koji prilazi iz sporedne ceste i to za slučaj kada treba na glavnu cestu ući bez zaustavljanja (slika 10.).

U raskrižjima izvan rubnih zona mora bit izadržano vidno polje i doglednost L_{p2} s udaljenosti 10 m od ruba kolnika glavne ceste (slika 10. i tablica 16.).



Slika 10. Preglednost kod približavanja

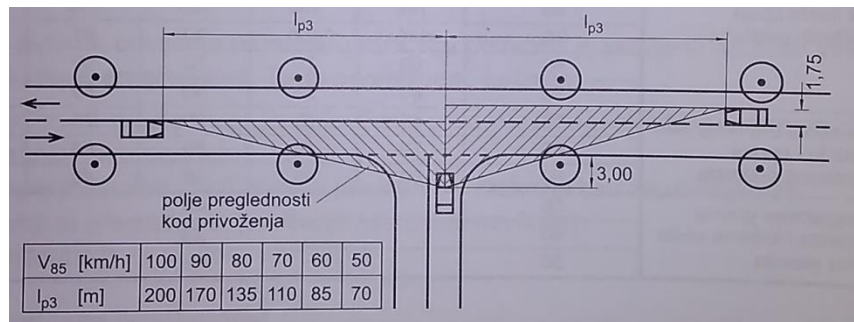
Izvor: [3]

Tablica 16. Duljina kraka vidnog polja u glavnom pravcu

Vrste cesta	brzina V_{85} [km/h]							
	100	90	80	70	60	50	40	30
A	200 (300)	170 (250)	135 (210)	110 (175)	85	70	-	-
B	-	-	-	110	85	70	-	-

C	-	-	-	-	-	70	50	30
---	---	---	---	---	---	----	----	----

Privozna preglednost (L_{p3}) označava doglednost koju mora imati vozač kada čeka na razmaku od 3 metra od ruba kolnika glavne ceste kako bi, unatoč prednosti i uz očekivano ometanje iz glavne ceste, mogao uvesti svoje vozilo (slika 11.). Navedeni uvjet bit će omogućen ako su osigurana polja preglednosti, čiji su dozezi vidljivosti L_{p3} u glavnoj cesti (tablica u slici 11.).

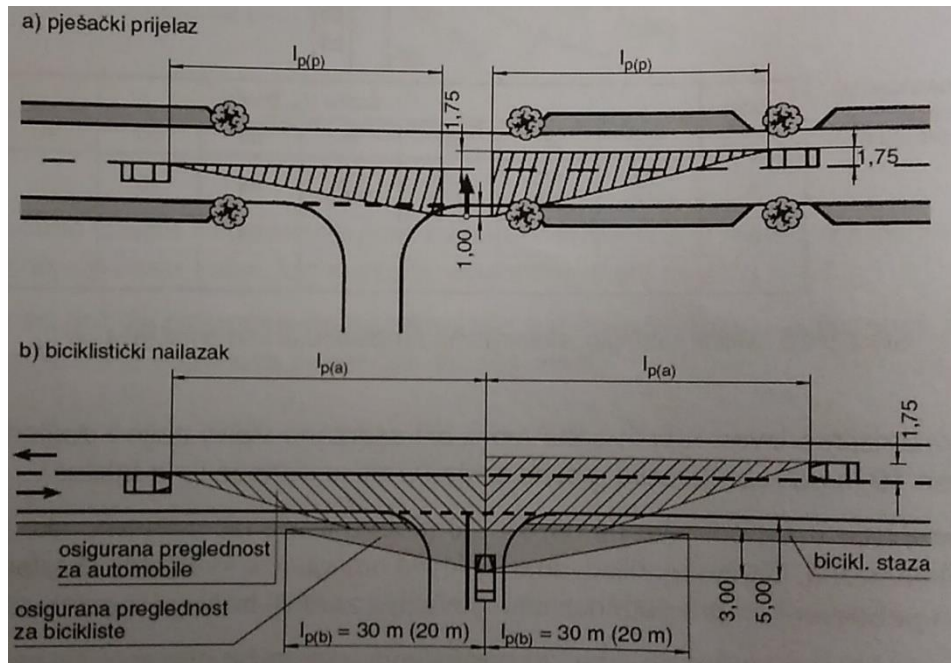


Slika 11. Privozna preglednost

Izvor: [3]

Preglednost za pješake i bicikliste neophodno je provjeriti zbog njihovog nepredvidljivog pojavljivanja i zbog ranjivosti u prometu.

Preglednost na prijelazima i površinama za čekanje prelaska pješaka može se provjeriti na način iz slike 12. Doglednost se može iščitati iz tablice 15.



Slika 12. Polja preglednosti na mjestima prijelaza pješaka i biciklista

Izvor: [3]

3. 3. 3. Vozni trakovi

Širina voznihi trakova je različita na prometnim čvorištima u jednoj ili više razina.

Na čvorištima u istoj razini širina voznihi trakova po pravilu je ista kao i na otvorenom dijelu ceste. Širina voznihi trakova povećava se ako se uz trak nalazi razdjelni otok ili pojas ili prometni trak u horizontalnom zavoju.

Na čvorištima u dvije ili više razina širina jednotračnih kolnika na spojnim rampama iznosi 5,0 m (iznimno 4,5 m), a ako kolnici imaju trakove za stajanje, ta širina može biti i manja i iznosi 4,0 m (iznimno 3,5 m). Kod dvotračnih kolnika na spojnim rampama širina iznosi 3,5 m (iznimno 3 m).

3. 3. 4. Trakovi za lijevo i desno skretanje

Radi lakšeg odvijanja prometa potrebno je izvesti trakove za lijevo i desno skretanje. Takvi se trakovi izvode uvijek uz glavne prometne trakove. Ako se zbog specifičnih uvjeta na pojedinim čvorištima ne mogu izvesti lijevi i desni trakovi, prednost se daje lijevim trakovima.

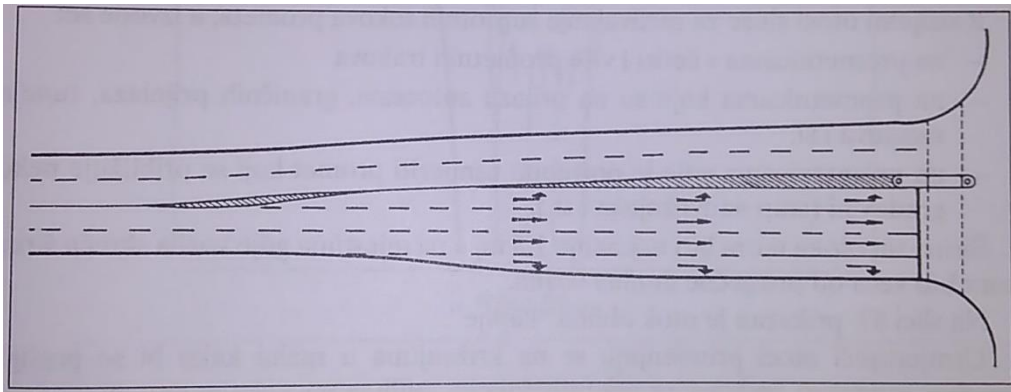
Trakovi za skretanje ulijevo su najvažniji dodatni trakovi, a treba ih izvesti na svim mjestima lijevog skretanja pri križanju u razini. Način izvedbe traka sličan je kao i trak za usporavanje. Trak za skretanje ulijevo treba biti širok 3,5 m, a u iznimnim slučajevima se ta širina može smanjiti do 3,0 m ako su brzine manje od 60 km/h. Na kraju treba izvesti postupno suženje.

Ukupna duljina traka za skretanje ulijevo, u koju je uračunato i suženje na kraju, iznosi pri računskoj brzini $V_R = 80 \text{ km/h}$ (glavne prometnice) 120 m, pri $V_R = 65 \text{ km/h}$ 100 m i pri $V_R = 50 \text{ km/h}$ 80 m.

Trakovi za skretanje ulijevo sastoje se od dijela koji služi za izmjenu traka (duljine 30-50 m, ovisno o brzini), od dijela koji služi za usporavanje brzine vozila i od dijela za prestrojavanje prije križanja (ta duljina mora biti najmanje 30 metara, a ovisi o broju vozila koja čekaju na skretanje).

Pri izvedbi traka za skretanje udesno primjenjuju se gotovo isti elementi kao i za trak za skretanje ulijevo. Trakove za skretanje udesno treba po mogućnosti izvesti na križanjima gdje su veće brzine, na križanjima sa semaforima i na križanjima s više od četiri vozna traka.

Trakovi za lijevo i desno skretanje, čak i ako nisu izvedeni u punoj duljini, u velikoj mjeri rasterećuju glavni promet (slika 13.).



Slika 13. Trakovi za lijevo i desno skretanje

Izvor: [1]

3. 3. 5. Nagibi i polumjeri zavoja

Veličina uzdužnih i poprečnih nagiba po pravilu je ista kao i na otvorenom dijelu ceste. Pri projektiranju čvorišta potrebno je predvidjeti što manje uzdužne nagibe da bi se omogućilo lakše zaustavljanje i pokretanje vozila te bolja vidljivost.

Veličina uzdužnog nagiba iznosi 0,5-4,0%, a poprečnog nagiba 1,0-7,0%.

Uzdužni nagin spojnih rampi je najviše 4% ako nema traka za spora vozila. Postoji li trak za spora vozila, uzdužni nagib u usponu može biti do 6%, a u padu do 8,0%.

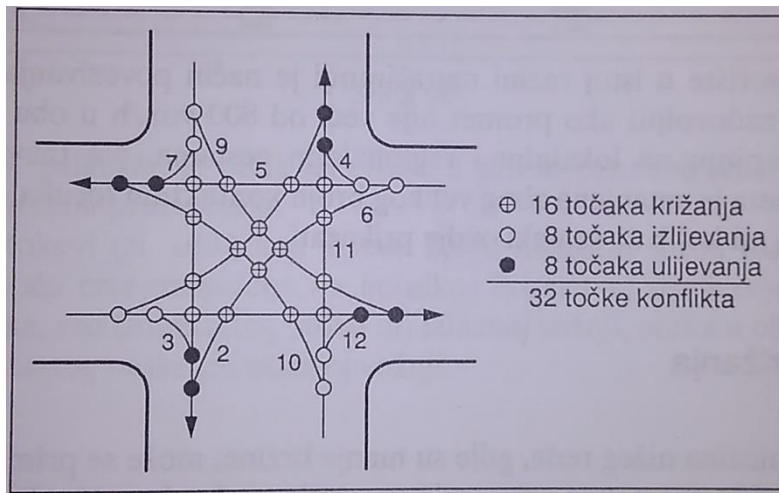
Prema švicarskim smjernicama, veličina horizontalnih zavoja R na običnim čvorištima na glavnoj prometnoj cesti u naselju iznosi $R = 10,0$ m ($R_{min} = 8,0$ m), a izvan naselja $R = 20,0$ m ($R_{min} = 10,0$ m). Na priključnim i zbirnim cestama polumjer je $R = 6,0$ m.

3. 4. Cestovna čvorišta

Cestovna čvorišta su mjesta na kojima su dvije ili više cesta međusobno povezane. Na njima se križa, isprepliće, spaja ili razdvaja više prometnih tokova. U cestovnoj mreži čvorišta su glavne točke koje omogućuju funkcioniranje čitavog prometnog sustava. S motrišta odvijanja prometa, treba nastojati da se prometni tokovi međusobno što manje sukobljavaju, tj. treba smanjiti broj kritičnih točaka (konfliktnih točaka) na čvorištu. Mjesta sukobljavanja prometnih tokova su križanja, izlijevanja (odvojci) i ulijevanja (priključci).

Reguliranje prometa također ima veliko značenje jer se pravilnim reguliranjem može smanjiti broj kritičnih točaka na čvorištu.

Na slici 14. Prikazano je križanje dviju prometnica s dvosmjernim prometom na kojemu su trideset dvije točke konflikta.



Slika 14. Kritične točke na raskrižju dviju prometnica s dvosmjernim prometom

Izvor: [1]

3. 5. Raskrižja kao elementi cestovne mreže

U području cestovnih raskrižja znatno su složeniji prometni postupci i događanja od sličnih na otvorenim dijelovima trase. Zbog izrazitih promjena smjera kretanja vozila opada sigurnost prometa i propusna moć raskrižja.

S obzirom da i građevinsko oblikovanje u znatnoj mjeri utječe na sigurnosno-kapacitivnu razinu raskrižja, u načelu se podržava očekivanje da oblikovnost treba bitno doprinosti navedenim zahtjevima.

Načini kretanja u području raskrižja određeni su prometno-oblikovnim parametrima:

- tip raskrižja
- način upravljanja prometom
- oblik trasiranja i presjek prometnica
- smjer i jačina prometnih tokova
- brzina vozila u raskrižju
- veličina preglednosti itd.

3. 5. 1. Vrste prometnih tokova u raskrižju

Prometni tokovi se razlikuju po svojoj prirodi odvijanja i općenito se u zoni raskrižja dijele na

- neprekinute prometne tokove
- prekidane prometne tokove

Neprekinuti prometni tok – s uvjetima vožnje pod kojima se vozilo u prijelazu dionice ceste ili prometnog traka mora zaustaviti samo zbog čimbenika unutar prometnog toka. U ovim skućajevima prometni tokovi se dijele ili sjedinjuju s podjednakim brzinama

($V_1 \approx V_2$) pod ostrim kutom, bez zaustavljanja. Potrebnu razinu sigurnosti moraju osigurati dovoljne preglednosti uz pomoć dobro odmjerenih projektnih elemenata.

Proizlazi da su neophodne prostorne i vremenske praznine u glavnom prometnom toku relativno kratke.

U slučajevima ovakvih prometnih tokova povećavaju se zahtjevi u pogledu obuhvaćenosti i sposobnosti vozača. Činjenica je, da su zbog velikih brzina i dugačkih putanja vozila, ovakvi potezi neprikladni za uvođenje svjetlosnih signalnih uređaja.

Prekidani prometni tok – s uvjetima vožnje pod kojima vozilo na dionici ceste ili prometnog traka, mora obavezno stati ispred raskrižja zbog prometnih znakova ili signala. Ovakav prometni tok može se definirati kao onaj koji se ispliće, upliće ili križa te prolazi zonom konflikta malom brzinom ili se zaustavlja ($V_1 \gg V_2$) pod što okomitijim kutovima i uz zahtjev jasnog reguliranja prednosti.

Zona konflikta može se svesti na malu površinu s kratkim putevima vozila. Ovakvi slučajevi i kombinacije tokova su izrazitije prikladni za uvođenje svjetlosne signalizacije.

U primjeni prekidanih prometnih tokova za jače opterećena raskrižja zapinju sporedni prometni tokovi, a potrebne vremenske praznine veće su oko dva puta od onih za neprekinute prometne tokove.

Kombinacije prometnih tokova prisutne su pri uređenju raskrižja u jednoj razini, s obzirom da se prometni tokovi mogu voditi prema njihovom stvarnom značenju i logici vođenja prometa.

U pravilu se glavni prometni tokovi vode kao neprekinuti, a sporedni kao prekidani prometni tokovi.

Načini i kombinacije odvijanja prometnih tokova mjerodavni su za prometnu sigurnost, propusnu moć i prometno-gospodarsku opravdanost raskrižja.

Postupci kretanja određeni su kroz

- tip i oblik raskrižja
- prometno uređenje raskrižja
- trasiranje i oblikovanje poprečnog presjeka
- jačinu i smjerove prometnih struja
- brzine u području raskrižja
- duljine preglednosti

Tablica 17. Postupci kretanja u raskrižjima (prema Dietrichu)

Vrsta prometnog toka		
Neprekinuti tok	Tekući/neprekinuti tok	Isprekidani tok
glavne i bočne struje bez zastoja	glavne struje neprekinute, sporedne isprekidane	struje se moraju zaustaviti-voziti manjim brzinama

Postupci kretanja		
-uplitanje -preplitanje -isplitanje	Jasna pravila prednosti prolaza, jasno raščlanjivanje prema glavnim i sporednim tokovima	-velike razlike u brzinama -neophodna jasna pravila prometa -prostor čekanja za podređeni tok
Uvjeti		
-približno jednake brzine -oštrokutno razdvajanje i zajedničko vođenje -velike dužine preglednosti	Jasno reguliranje prednosti, jasno raščlanjivanje prema glavnim i sporednim strujama	-velike brzinske razlike -moguće pravokutno zajedničko vođenje -neophodno reguliranje pravila pretjecanja -prostor za čekanje za sporedne struje
Prednosti		
Sigurnije odvijanje prometa, veća propusna moć kroz naimjениčne prolaskе	-vođenje struja prema osobnom nahodanju -podešavanje brzina	male zone konflikata, neznatno prostorno okupiranje
Nedostatci		
Visoki zahtjevi za vozača, nepodesni za upravljanje svjetlosnom signalizacijom	Bočne struje s visokim čekanjima, nesigurnost kod pretjecanja, teže procjene brzina i prostornih praznina	Neophodne vremenske praznine visoke kao pri tekućem toku, vremena čekanja pri nerasterećenim strujama

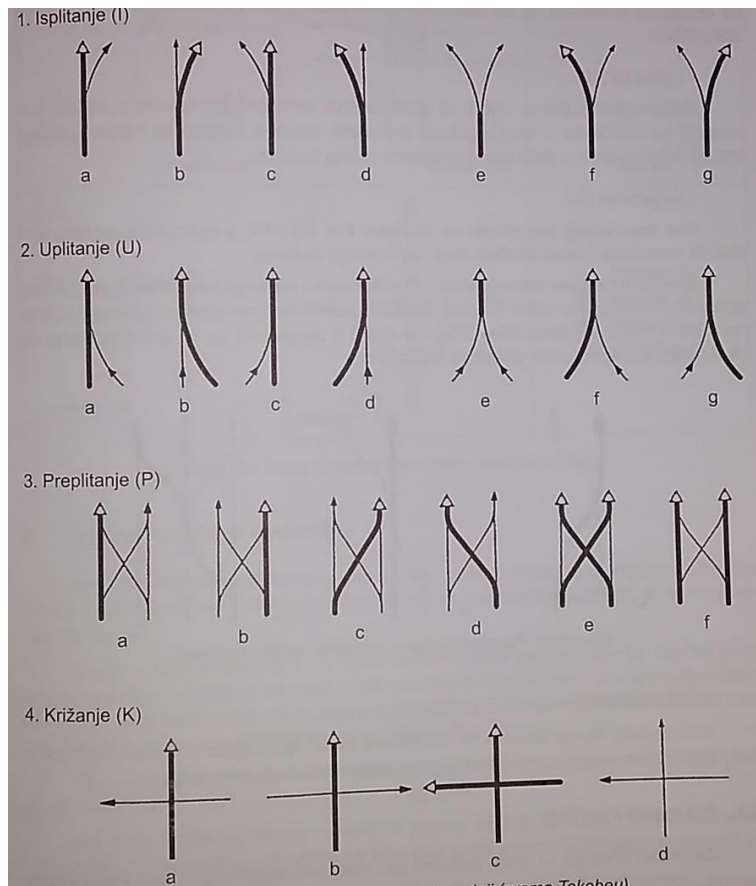
Izvor: [3]

3. 5. 2. Prometne radnje

Osnovne prometne radnje (koje uzrokuju konfliktne situacije različitih stupnjeva) nastaju najviše zbog projene smjera, ali i brzine jednog ili više vozila.

Prema tumačenju Takebea, u području raskrižja izvode se prometne radnje (slika 15.):

- isplitanje - dijeljenje prometnih tokova
- uplitanje - sjedinjavanje prometnih tokova
- preplitanje - međusobna izmjena prometnih trakova ili tokova
- križanje - međusobno križanje/presjecanje prometnih tokova
(presjecanje)



Slika 15. Raznovrsnost prometnih radnji (deblje - glavni tok, tanje - sporedni tok)

Izvor: [3]

Isplitanje

Po većini mjeritelja ili zahtjeva najpovoljnije su kombinacije radnji 1.a i 1.b. Rješenja 1.c i 1.d primjenjuju se za lijeva skretanja kod raskrižja u razini. Rješenje 1.e povoljno je kod račvanja u dva prometna toka podjednake veličine (primjena i na glavnim kolnicima). Rješenje 1.f i 1.g primjenjuju se za račvanje glavnih i sporednih prometnih tokova na prolaznim kolnicima, te za ulazno-silazne rampe s većim razlikama u prometnom opterećenju.

Uplitanje

Najpovoljniji je slučaj 2.a. kod sjedinjavanja ravnopravnih tokova u slučaju 2.e moguća su širenja, sa i bez, redukcije prometnih trakova. Ukoliko se nakon spajanja trakovi vode paralelno, tada nema prometne radnje uplitanja.

Preplitavanje

Slučajevi 3.a, 3.b i 3.f se procjenjuju kao najpovoljniji, a slučajevi s preplitanjem glavnih prometnih tokova predstavljaju nepovoljnija rješenja

Križanje

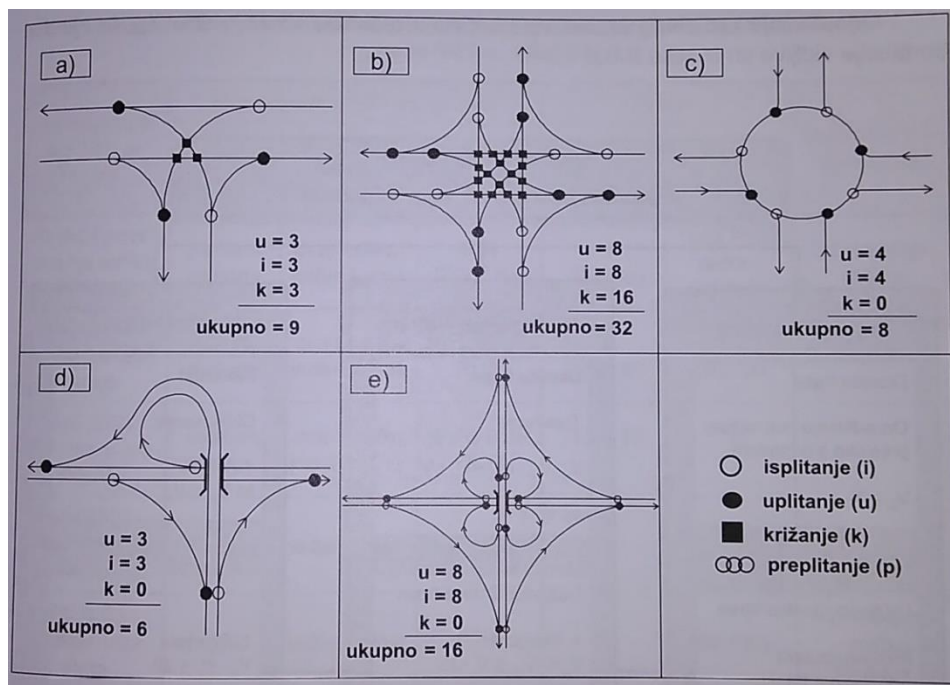
Najteže radnje izrazito su primjerene samo na raskrižjima u razini, a iznimno u raskrižjima izvan razine.

3. 5. 3. Prometni konflikti

Konfliktna situacija može se definirati kao zbroj svih konfliktnih točaka koje su uzrokovane prometnim radnjama isplitanja, uplitanja, preplitanja i križanja prometnih tokova na površini raskrižja.

Broj konfliktnih točaka ovisi samo o tipu i obliku raskrižja, a stvaran broj konflikata u znatnoj je mjeri ovisan o geometrijskom oblikovanju, slobodnoj vidljivosti, o prometnom opterećenju i sl.

Najveći broj konfliktnih točaka sadrže raskrižja u razini, manje ih je u raskrižjima izvan razine te u raskrižjima s kružnim tokom. (slika 16.)



Slika 16. Primjeri konfliktnih točaka i situacija

Izvor: [3]

3. 5. 4. Brzina vožnje u raskrižju

Najveće dopuštene brzine u širim i užim područjima raskrižja ovise o tipu i obliku raskrižja, veličini i strukturi prometnih tokova, okolnoj izgrađenosti, širem prometnom režimu itd.

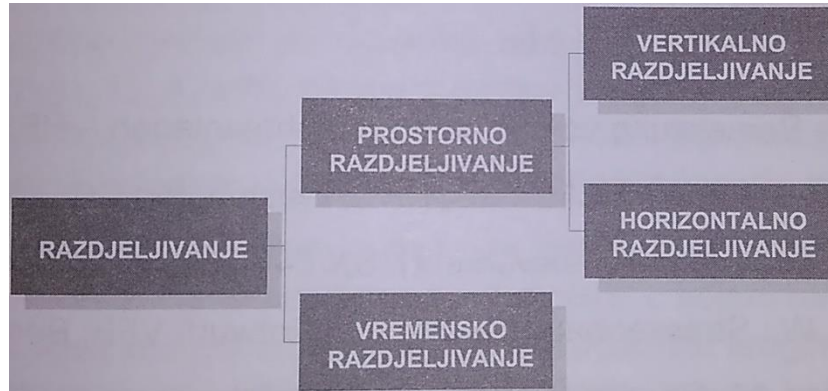
Ovisno o vrsti prometnog toka i očekivanom funkcionalnom rješenju, logično je da se kod raskrižja u jednoj razini mogu očekivati brzine $V_k \approx 0 - 40$ km/h (za lijeva skretanja) do blizu $V_k \leq V_r$ (za glavni tok) pa do brzine $V_k \leq 30$ (40) km/h na privozima kod kružnog toka i do visokih brzina na raskrižjima izvan razine ($V_k = 80-120$ km/h).

- V_p (km/h) - projektna brzina, najveća brzina, za koju je zajamčena potpuna sigurnost u slobodnom prometnom toku pod optimalnim vremenskim uvjetima i uz dobro održavanje ceste
- V_r (km/h) - računaska brzina, najveća očekivana brzina sigurne vožnje u slobodnom prometnom toku u skladu s prihvaćenim modelom njezina utvrđivanja, te ovisno o tlocrtnim i visinskim elementima tog dijela ceste
- V_{85} (km/h) - 85 postotna brzina, brzina koju je dosegulo 85% vozila
- V_k (km/h) - brzina u križanju, brzina mjerodavna za određivanje bitnih oblikovnih elemenata raskrižja
- V_{dop} (km/h) - dopuštena brzina, brzina mjerodavna za određivanje svojstava prometnog toka, oblikovne elemente i razmak raskrižja

3. 5. 5. Razdjeljivanje prometnih tokova

Razrješenje prometnih konflikata i optimalno uređenje prometnih struja u raskrižju postiže se postupcima razdjeljivanja prometnih tokova. Princip razdjeljivanja prometnih tokova uključuje vremensko i prostorno razdjeljivanje (shema 2.).

Shema 2. Načini razdjeljivanja prometnih tokova u raskrižjima



Izvor: [3]

- Vremensko razdjeljivanje uključuje sva zbivanja koja su ovisna o vremenskom slijedu vozila (isplitanje i uplitanje prometnih tokova, izmjene prometnih trakova, smanjenje brzine...). Postupci vremenskog razdvajanja naročito su prisutni kod klasičnih raskrižja u razini, a na poseban način i kod raskrižja s kružnim tokom.

- Prostorno razdjeljivanje se primjenjuje kod raskrižja izvan razine i izravno utječe na njihovo građevinsko oblikovanje, pri čemu je prometno oblikovanje posljedica vremenskog razdjeljivanja.

- horizontalno razdjeljivanje karakterizira primjena prometnih trakova za usmjeravanje prometnih tokova te posebnih trakova i površina za različite vrste prometnih sredstava

- vertikalno razdjeljivanje predstavlja vođenje dijela prometnih trakova različitim razinama, čime se bitno smanjuje broj i stupanj opasnosti konfliktnih točaka.

Kod velikog prometnog opterećenja raskrižja, vremenski se razdjeljivanje postiže ispravnom i svrsishodnom svjetlosnom signalizacijom.

Kod raskrižja koncipiranih s prostornim i vremenskim razdjeljivanjem, građevinsko i prometno-pogonsko oblikovanje predstavlja jedinstvenu cjelinu.

3. 5. 6. Oprema i uređenje raskrižja

Opremu raskrižja u širem smislu čine

- prometni znakovi
- signalizacija i svjetlosne oznake
- rasvjeta
- oznake na kolniku i drugim površinama
- oprema za smirivanje prometa
- turistička i ostala signalizacija
- krajobrazno uređenje
- ostala oprema

3. 5. 7. Raskrižja u razini (RUR)

Raskrižja u razini predstavljaju čvorna mjesta u cestovnoj mreži, a oblikovana su i uređena tako da omogućavaju funkcioniranje cestovnog prometa.

Ova zadaća se ne može uspješno obaviti bez planski uređene građevinske osnove, čiji je svaki element provjeren po mjerilu najveće sigurnosti, optimalne protočnosti i najmanjih investicijskih ulaganja.

U opremu raskrižja u razini spadaju kao što je već spomenuto:

- prometni znakovi
- signalizacija
- svjetla i svjetlosne oznake
- putokazi
- oprema za smirivanje prometa itd.

Potrebno je istaknuti razlike u opremanju raskrižja bez ili s uređajima za upravljanje prometom.

Prometna oprema predstavlja izravnu poveznicu između korisnika i raskrižja, a projektu opreme treba posvetiti dužnu pažnju zbog izravne posljedičnosti na sigurnost vođena prometnih tokova. Za raskrižja u razini se izrađuju posebni projekti.

PROMETNI ZNAKOVI

Služe za: optičko vođenje prometa, uređenje prometa putem razdjeljivanja prometnih površina, prometno uređenje.

Imaju ulogu poboljšanja stupnja prometne sigurnosti i olakšanja u prometnim operacijama, te u podizanju razine propusnosti i prometne usluge.

Kod nas se ova problematika rješava pomoću Pravilnika o prometnim znakovima i signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05 i 155/05), a pri postavljanju istih treba voditi računa o načelu uočljivosti, vidljivosti i razumljivosti.

PUTOKAZNI ZNAKOVI

Ovi znakovi obavijesti su namijenjeni za vođenje prometa, a isto tako služe za usmjeravanje tokova uz otoke i razdjelnike te za ograničenje dopuštenih brzina i zabranu pretjecanja u zoni raskrižja.

Znakovi za dopuštenu brzinu trebaju se postaviti tik iza znaka za najavu samog raskrižja, sve na propisanoj udaljenosti pred raskrižjem.

Sami putokazi su obvezni na raskrižjima izvan naselja. Za osnovni oblik i za manju veličinu prometa te brzinu $V \leq 70$ km/h dostatno je postavljanje samo putokaza, bez odgovarajućeg predznaka.

Predputokazni znak treba postaviti na opterećenijim raskrižjima i s većim brzinama na glavnom kolniku, a udaljenost do raskrižja je u izravnoj ovisnosti o brzini u području raskrižja (tablica 18.)

Tablica 18. Udaljenost predputokaza ispred užeg područja raskrižja

Brzina u raskrižju	50	60	70	80	90	100
Razmak predputokaz-raskrižje	100	125	150	175	200	225

Izvor: [3]

RASVJETA

Za raskrižja cesta unutar ili na rubu naselja treba uvijek biti predviđena rasvjeta, a za javne ceste višeg razreda i s većim brzinama u raskrižju, rasvjeta treba biti u iznimnim slučajevima (veliki promet, nepregledne zone, skućeni morfološki i oblikovni uvjeti itd.)

Projekt rasvjete te normativi i način postavljanja rasvjetnih tijela uređeni su posebnim regulativnim aktima.

KRAJOBRAZNO UREĐENJE

Ovaj projekt predstavlja nadogradnju projektnog rješenja raskrižja i ima dvije osnovne zadaće:

- estetska zadaća oplemenjivanje raskrižja sadržajima i podizanje vrijednosti prostora, odnosno povećanje funkcionalne, prometne i svake druge vrijednosti raskrižja
- sigurnosna zadaća – a) nisko raslinje i cvijeće stvaraju drukčiji dojam kod vozača, čime se on upozorava na prilazak prostoru s drukčijim režimom prometa. – b) stvaranje preduvjeta za osiguranje preglednosti kroz podrezivanje, uklanjanje ili premještanje nasada koji ometaju zahtjevima preglednosti.

Pripadajući projekt po svojoj namjeni ima svrhu povezivanja raznih rješenja, budući da uključuje bitne prostorne oblikovne, funkcionalne, građevinske, biološke i ekološke odnose, uvjete i procese.

Kroz svoju osnovnu ulogu projekt krajobraznog uređenja ima integrativnu ulogu, a ulazne veličine za njega mogu biti važne za stvaranje neizostavnog modela zaštite okoliša.

OSTALA PROMETNA OPREMA

Za raskrižja s većim brojem pješaka u prometu potrebno je predvidjeti posebne građevine izvan razine motornog prometa. Moraju se projektirati s obzirom na prognozne količine pješačkog prometa, te opremiti stepeništima ili dizalima za osobe sa invaliditetom.

Projektom se treba dobro riješiti funkcionalnost i zaštita vodova komunalnih instalacija: kanalizacije, elektrovođa, plinovoda, telefona itd.

Odvodnja ploha kolnika, te biciklističkih i pješačkih staza treba rješavati po normativima odgovarajuće struke, a uređaje za odvodnju prilagoditi zahtjevima učinkovitog odvodnjavanja u svim vremenskim uvjetima

UREĐAJI ZA UPRAVLJANJE PROMETOM

Sustavi za upravljanje prometom su u punom smislu primjereniji režimu gradskog prometa, a za raskrižja javnih cesta i onih u prigradskim zonama izloženi su najbitniji elementi.

Cjelokupan sustav za upravljanje prometom čine sustavi:

- sustav prometnih svjetala za automatsko upravljanje prometom
- sustav za automatsko upravljanje i naplatu prometa na parkiralištima i na slobodna mjesta za parkiranje
- sustav za automatsko upravljanje, informiranje i upućivanje javnog gradskog prometa

Za predmetna raskrižja od posebnog je značaja kvalitetna oprema sustava za automatsko upravljanje prometom.

3. 5. 8. Raskrižja s kružnim tokom (RKT)

Raskrižja s kružnim tokom (kružna raskrižja) pojavila su se kao oblikovno strukturni elementi mnogo prije dominacije motornog prometa. Kružna raskrižja nisu imala poseban značaj u cestovnom prometu sve do pedesetih godina 20. stoljeća, kada su u Velikoj Britaniji uveli pravilo da vozila unutar kružnog toka imaju prednost pred nadolazećim vozilima. To je bila prekretnica u razvoju kružnih raskrižja i nakon toga je kružnim raskrižjima pridodavano sve veće značenje. Procjenjuje se da je danas u svijetu izgrađeno preko 40 000 kružnih raskrižja (podatak iz 2008. godine).

Prema suvremenoj definiciji, kružno raskrižje je prometna građevina, gdje je kretanje vozila određeno središnjim kružnim otokom i kružnim kolnikom te privozima i razdjelnim otocima i s prometnim znakovima.

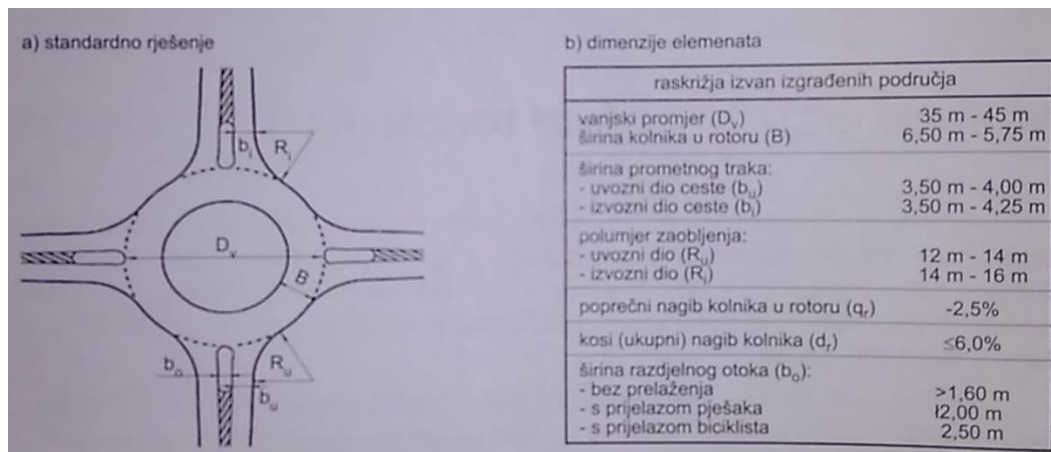
U odnosu na klasična, ova se raskrižja također mogu definirati kao nesemaforizirana raskrižja u jednoj razini, u kojima se promet u pravilu odvija:

- na jednotračnom odnosno dvotračnom kolniku
- s jednim do dva prometna traka na privozima postavljenim što okomitije na ulazu u kružno križanje
- s reguliranom prednošću kružnog prometnog toka u smjeru suprotnog od kazaljke na satu

Općenito, obrada zajedničke problematike odnosi se na kružna raskrižja vanjskog promjera $D_V \leq 90$ m, s najviše dva prometna traka na privozu i u kružnom toku, bez semaforiskih uređaja.

Za bicikliste i pješake vrijede ista pravila kao i u ostalim raskrižjima u jednoj razini.

Dugačkim vozilima u kružnoj vožnji je dopušteno korištenje proširene unutarnje strane kružnog kolničkog traka (prijelazni prsten), dok za kraća vozila ne postoji takva potreba.



Slika 17. Osnovni oblikovni elementi manjeg kružnog raskrižja

Izvor: [3]

POSEBNOSTI KRUŽNIH RASKRIŽJA

- kružna raskrižja su raskrižja s kombinacijom prekinutog i neprekinutog prometnog toka
- prvenstvo prolaza imaju vozila u kružnom toku pred vozilima na prilazima/privozima (ne vrijedi „pravilo desnog“)
- kružna raskrižja na javnim cestama (naročito u naseljima) omogućuju vožnju smanjenim brzinama i s velikim skretnim kutem prednjih kotača
- vozilo na ulazu u kružno raskrižje se, u slučaju slobodnog kružnog toka, ne treba zaustavljati, već smanjenom brzinom može ući u kružni tok
- u kružnim raskrižjima je zabranjena vožnja unatrag
- dugim vozilima je tijekom vožnje dopušteno koristiti i prošireni dio kružnog kolničkog traka
- za pješake i bicikliste vrijede jednaka pravila kao i za druge oblike raskrižja u razini

PREDNOSTI I NEDOSTACI KRUŽNIH RASKRIŽJA

Prednosti pred ostalim oblicima raskrižja su:

- puno veća sigurnost prometa uz manje posljedice prometnih nesreća (s manjim brojem konfliktnih točaka i sa smanjenim brzinama u kružnom toku, bez čelnih i sudara pod pravim kutem)
- manje čekanje na privozima i mogućnost propuštanja jačih prometnih tokova (kontinuitet vožnje)
- veća propusna moć raskrižja, uz manje proizvedene buke i štetnih plinova
- dobro rješenje pri ravnomjernijem opterećenju privoza i kao mjera za smirivanje prometa
- dobro rješenje za slučajeve s više privoza (5 ili više)

- mogućnost dobrog uklapanja u okolni prostor

Nedostatci kružnih raskrižja su:

- slabo rješenje za slučaj velikog prometnog toka sa skretanjem ulijevo (zbog duljih putovanja, s otežavajućim presjecanjima i preplitanjima)
- s povećanjem broja kružnih prometnih trakova smanjuje se razina prometne sigurnosti
- višetračno kružno raskrižje nije najpogodnije za osobe s posebnim potrebama, odnosno u blizini ustanova za obrazovanje i odgoj
- produljenje putanje pješaka i vozila s obzirom na izravno kanalizirana klasična križanja
- problemi pri većem biciklističkom ili pješačkom prometu, koji presjecaju jedan ili više privoza prema raskrižju

PODJELA I OSNOVNE ZNAČAJKE KRUŽNIH RASKRIŽJA

Kružna raskrižja se mogu razvrstati po više kriterija, a uobičajena je podjela po lokaciji i veličini, po broju privoza i prometnim trakovima, po svrsi ili namjeni i sl.

Kružna raskrižja u naselju i kružna raskrižja izvan naselja čine širu podjelu s obzirom na lokaciju i veličinu ovih prometnih građevina

Kružna raskrižja u naselju su:

- Mini kružna raskrižja ($D_v \leq 26$ m) – izvode se u gušće izgrađenim gradovima s ciljem distribucije i smirivanja manjih prometnih tokova ($V_k \leq 25$ km/h). Zbog malih dimenzija razdjelni otoci su montažni, a biciklisti i pješaci se vode izvan prometne plohe mini kružnog raskrižja. U usporedbi s drugim nesemaforiziranim raskrižjima, ima veću propusnu moć i puno veću sigurnost prometnih sudionika. Uz najmanje troškove izvedbe predstavlja visoko konkurentno rješenje.
- Mala kružna raskrižja ($22 \text{ m} \leq D_v \leq 35$ m) – u načelu se također izvode samo u urbanim sredinama, pri čemu je brzina u kružnom toku ispod 30 km/h. Najčešće se izvode na ulazu u naselje, a očekivana propusna moć je do 15 000 voz/dan.
- Srednje velika kružna raskrižja ($35 \text{ m} \leq D_v \leq 45$ m) – grade se na jače opterećenim gradskim i prigradskim čvornim točkama, a oblikovni elementi omogućavaju brzine u raskrižju $V_k \leq 40$ km/h. Pješaci i biciklisti se vode izvan kolnika, a usječeni razdjelni otoci se koriste na praktični način za osiguranje nemotornog prometa pri prijelazu preko privoznih cesta.

Kružna raskrižja izvan naselja su:

- Srednje velika kružna raskrižja ($35 \text{ m} \leq D_v \leq 45$ m) – izvode se na mjestima gdje se ne očekuje veći promet biciklista i pješaka. Oblikovana su tako da

omogućuju dobru propusnost (do 22 000 voz/dan) i brzinu ulaza u kružni tok od $V_k \leq 40$ km/h.

- Srednje velika dvotračna kružna raskrižja ($50 \text{ m} \leq D_v \leq 90 \text{ m}$) – izvode se na mjestima velikih prometnih opterećenja izvan naselja i iznimno na rubnim dijelovima naselja
- Velika kružna raskrižja ($D_v \geq 90 \text{ m}$) – izvode se iznimno na cestama velikog učinka (križanje autocesta i brzih cesta te cesta 1. razreda). Biciklistički i pješački promet treba voditi odvojeno. Dimenioniranje i proračun bitnih elemenata (privozi, preplitanje itd.) obavlja se po posebnim postupcima

Prema broju privoza, kružna raskrižja su:

- sa tri privoza (tzv. trokraka)
- s četiri privoza
- s pet i više privoza

S obzirom na broj prometnih trakova u kružnom kolniku, raskrižja se najčešće dijele na:

- jednotračna
- dvotračna

Broj prometnih trakova u kružnom toku mora biti jednak ili veći broju prometnih trakova na ulazima i izlazima privoza. Kompromis između dobre propusnosti i dovoljne prometne sigurnosti postiže se s dva prometna traka u kružnom toku, što se obično regulira smjernicama.

Kružna raskrižja prema namjeni dijelimo na:

- raskrižja za smirivanje prometa (u naseljima i prilaznim područjima)
- raskrižja za ograničavanje prometa (u naseljima, na mjestima gdje se želi ograničiti promet na ciljanu razinu propusne moći)
- raskrižja za postizanje veće propusne moći uz dostatnu sigurnost prometa (isključivo izvan naselja)

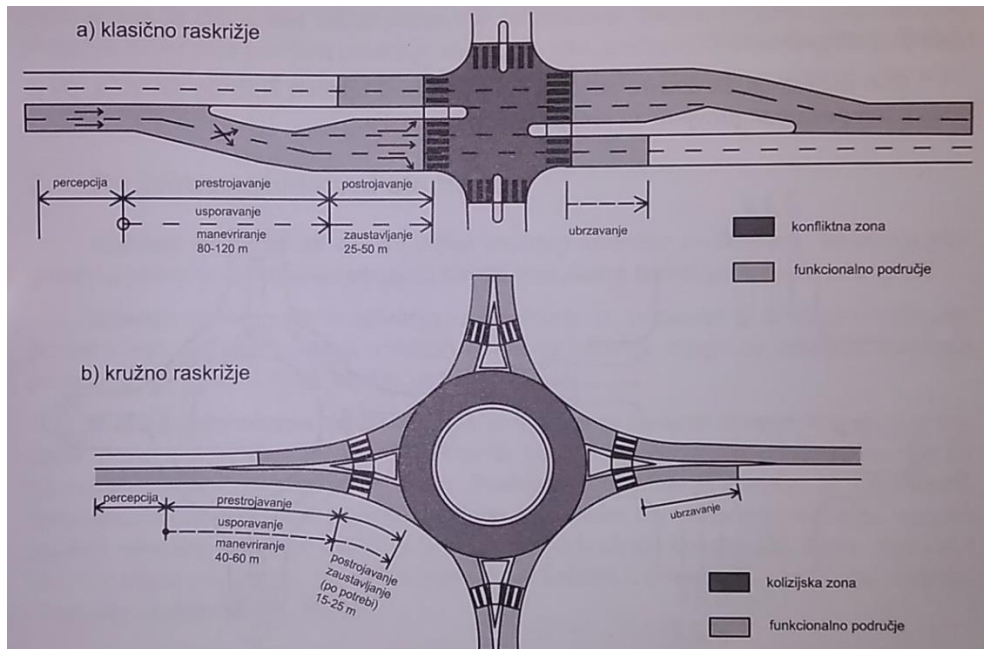
PRIMJERENOST I MJERILA ZA IZVEDBU

Primjerenost izvedbe kružnih raskrižja izvan naselja zasniv ase na udovoljavanju grupi najbitnijih mjerila, prvenstveno prostorno-prometnog i sigurnosno-kapacitivnog značenja.

Prostorna mjerila

Uz propisane dokumentne i postupke, ponekad je potrebno zbog kompleksne problematike provesti i proceduru prihvata rješenja nakon pozitivnih ocjena okolnog stanovništva i vozača. Posebno trebaju biti zadovoljeni:

- mjerilo makrolokacije. S ciljem optimalnog alociranja raskrižja u cestovnoj mreži i u trasi glavnih cesta
- mjerilo mikrolokacije, s procjenom optimalnog umještanja unutar izgrađenog ili planiranog prostornog ambijenta



Slika 18. Usporedba karakterističnih područja površinskih raskrižja

Izvor: [3]

Prometna mjerila

Kružno raskrižje preporučljivo je:

- na mjestima s privozima sličnih intenziteta prometnog opterećenja
- na mjestima bez izrazito jakih lijevih skretača, tj. na mjestima s velikim brojem desnih skretača
- svugdje gdje jesu ili gdje se mogu pojaviti oštri kutevi presjecanja prometnih tokova
- na T raskrižjima, gdje glavni tok skreće pod pravim kutem ili kad se sporedni priključni tok nedopustivo dugo ne može uključiti u dominantni tok glavnog pravca
- u čvornim točkama mreže s pet i više privoza
- za slučajeve kada semaforizacija nije opravdana, a propusna moć nesemaforiziranog raskrižja je prekoračena
- na mjestima gdje se očekuje veliki budući promet ili je on neodređen i sklon promjenama

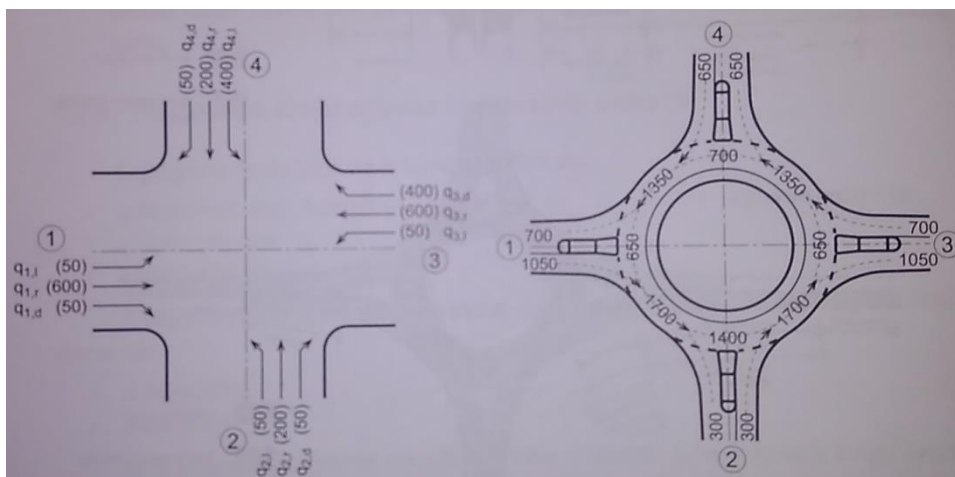
Prometno-sigurnosna mjerila

Za što sigurniji promet, preporuča se izvedba kružnih raskrižja:

- na klasičnim raskrižjima s čestim nesrećama i teškim posljedicama
- na postojećim raskrižjima s prevelikim brzinama vožnje na glavnom pravcu, kada nije sigurno uključivanje vozila sa sporednog pravca
- na semaforiziranim raskrižjima, kada je prometni tok takav da izgradnja kružnog raskrižja obećava sigurnije odvijanje prometa (oba raskrižja imaju sličnu propusnost, ali je sigurnost prometa na strani kružnog toka)

Mjerilo propusne moći

Ovo mjerilo pruža izravan odgovor na ispravnost odabira kružnog raskrižja, pa je obvezatan postupak provjere za kraj planskog raskrižja.



Slika 19. Pretvorba brojenog prometa na klasičnom raskrižju u kružno

Izvor: [3]

Propusna moć kružnog raskrižja (c_k) izražava broj vozila koji prođe kroz njega u jedinici vremena, a dobije se zbrajanjem propusnosti $q_{p,n}$ svih privoznih ulaza (n) u kružno križanje:

$$c_k = \sum_1^n q_{p,n}$$

Propusnost jednog ulaznog mjesta izravno ovisi o veličini i svojstvima kružnog toka te o geometrijsko-oblikovnim svojstvima cijelog kružnog raskrižja.

Za slučaj preuređenja klasičnog u kružno raskrižje neophodno je obaviti provjeru propusne moći za dva ili više vršnih prometnih opterećenja (barem jutarnje i popodnevne). Postotak povećanja prometa određuje se kao prosjek posljednjih 5 do 10 godina, a kada nema podataka, koriste se podatci za prosječno povećanje prometa u cijelom području.

PROJEKTNO OBLIKOVNI ELEMENTI

Najbitniji čimbenici za okvirni izgled kružnog raskrižja su količina i struktura prognozno prometa, položaj u cestovnoj mreži, dopuštena brzina prometnih tokova itd.

Postupak projektiranja provodi se određenim redosljedom tzv. projektnih koraka, u kojima se odabiru bitni elementi raskrižja: vanjski polumjer odnosno polumjer raskrižja (D_v, R_v), širina kružnog kolnika (B), širine ulaznog i izlaznog dijela privoza (b_u, b_i), širina otoka ili razdjelnika u privozu (b_o), polumjer ulaznog i izlaznog zaobljenja (R_u, R_i), itd.

KRUŽNI KOLNIK

Bitne sastavnice kružnog kolnika su vanjski i unutarnji promjer/polumjer, odnosno širina kružnog kolnika s jednim ili iznimno dva prometna traka.

Vanjski promjer (D_v), odnosno polumjer (R_v) i širina kružnog kolnika (B) u međusobnoj su vezi (tablica 19.).

Tablica 19. Okvirni oblikovni elementi kružnih raskrižja

Veličina/tip raskrižja	Alokacija	Vanjski promjer D_v (m)	Širina kolnika B (m)	Propusna moć, okvirno (voz/dan)	oblikovanje i dimenzioniranje
1	2	3	4	5	6
Mini RTK / jednostručno	u naselju	(13,5)-25	4,5-5	$\leq 15\ 000$	poseban postupak
Malo RKT / jednostručno	u naselju	22-35	9,0-6,5	15 000	$V_k = 30\ \text{km/h}$
Srednje veliko RKT / jednostručno	u naselju	30-40	7,0-5,5	20 000	$V_k = 35\ \text{km/h}$
Srednje veliko RKT / jednostručno	izvan naselja	35-45	6,0-5,5	22 000	$V_k = 40\ \text{km/h}$
Srednje veliko RKT / dvotračno	izvan naselja	(45) 50-90	7,5-7,0	25 000	$V_k \leq 40\ \text{km/h}$
Veliko RKT / dvotračno	izvan naselja	≥ 90	$\leq 7,0$	$\geq 25\ 000$	poseban postupak

Izvor: [3]

Za svako kružno raskrižje potrebno je provjeriti provoznost mjerodavnog vozila. Provjera se posebno odnosi na urbana rješenja (mini, mala i srednje velika raskrižja), ali isto tako treba provjeriti rješenja većih raskrižja izvan naselja zbog prolaska kraj vozila u kvaru i sl.

Poprečni nagib kolnika izvodi se u iznosu $q_{min} = -2,5\%$ (2%) prema vanjskoj strani zbog:

- učinkovitije i tehnički prihvatljivije odvodnje
- pogodnijeg prelaska iz privoza u kružni tok
- prisiljavanja na smanjenje brzine u kružnom toku

KRUŽNI OTOK

U oblikovnom i funkcionalnom pogledu središnji kružni otok ispunjava ciljeve:

- prepoznavanje kružnog raskrižja u mreži
- prekid trase sa svojstvima slobodnog toka
- obilaženje vozila
- mjesto za prometne znakove i uređenje prometa
- prostor za posebna oblikovanja i krajobrazna uređenja

Središnji otok je po definiciji provozni, djelomično provozni ili pak neprovozni dio obrubljen kružnim kolnikom. Po obliku bi trebao biti približno kružni zbog stalnog stupnja zakrivljenosti koja pretpostavlja održavanje stalne brzine vožnje. Zbog preglednosti ne bi trebao biti viši od 1,0 (1,2) m s višim raslinjem i nepotrebnim sadržajem.

PRIJELAZNI PRSTEN

Prsten širine 1,5 do 2,0 m između kružnog kolnika i središnjeg otoka omogućava lakši provoz duljih vozila. Izvodi se od različitih materijala (kocka) i/ili u drugoj boji u odnosu na boju kolnika, te u preporučenom nagibu oko -4%.

Razgraničenje s provoznim dijelom središnjeg otoka treba se predvidjeti uz pomoć izdignutih rubnjaka visine 12-14 cm.

PRIVOZI

Priključni kolnik privoza u pravilu treba biti položen okomito na kružni kolnik, odnosno radijalno usmjeren prema središtu raskrižja. Ovo se iz razloga sigurnosti prometa posebno odnosi na ulaz, ali isto tako i na izlaz iz raskrižja.

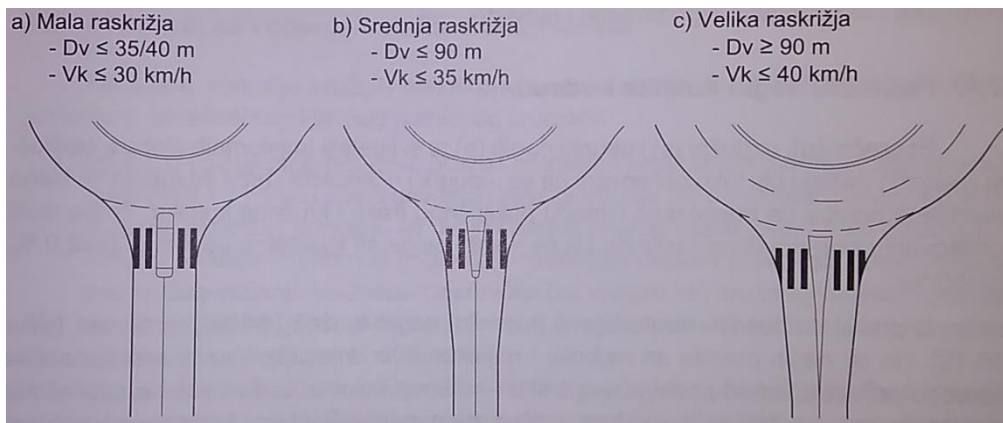
Širina prometnog traka na ulaznoj strani u raskrižje treba biti 3,5 m (iznimno 3,25 m), a na izlaznoj strani između 3,5 i 3,75 m (ovisno o oblikovnoj konfiguraciji i zahtjevima mjerodavnog vozila). U našim prilikama se za slučaj rekonstrukcije klasičnog raskrižja na lokalnoj mreži dopušta minimalna širina traka od 2,75 m.

RAZDJELNI OTOK U PRIVOZU

Razdjelni otoci imaju višeznačnu ulogu, a prvenstveno služe za: razdjeljivanje i vođenje tokova, sprečavanje opasnih skraćivanja putanja vozila, najavu obveznog usporavanja, pripomoć u poprečnom prijelazu pješaka i biciklista, prostor za prometne znakove.

Za slučaj iznimno malenog prometa na privozu nije potrebna izvedba razdjelnog otoka, a za razdjeljivanje nasuprotnih prometnih tokova dostatna je tlocrtna markacija.

U projektno-oblikovnom pogledu razdjelnike treba postaviti okomito na kružni kolnik, a najmanja širina ne smije biti ispod 1,6 m. Za slučaj prijelaza pješaka 2,0 m, a za bicikliste barem 2,5 m širine.

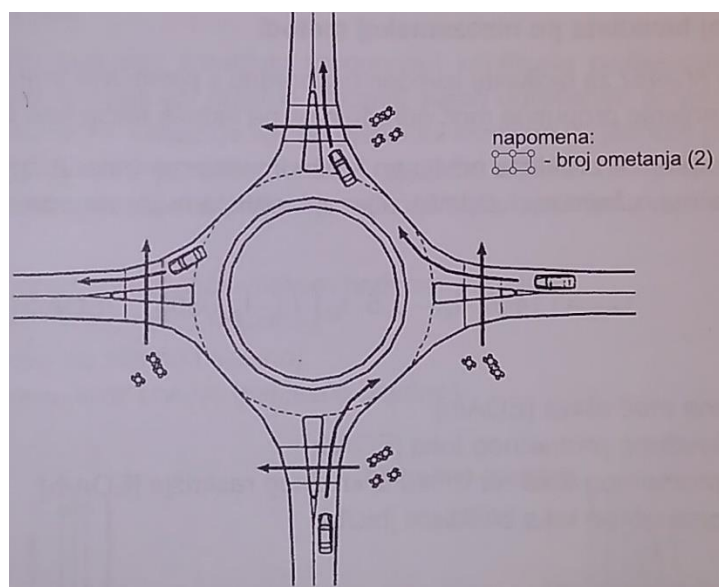


Slika 20. Oblici razdjelnih otoka u zavisnosti o veličini (Dv) i brzini uvoženja (Vk); (a) paralelni; (b) trokutasi i (c) ljevkašti

Izvor: [3]

MOGUĆI KONFLIKTI MOTORNOG PROMETA I PJEŠAKA I BICIKLISTA

U raskrižjima s jednim prometnim trakom u kružnom toku moguće je da zbog gustog toka biciklista i/ili pješaka nastanu problemi punjenja i pražnjenja kružnog raskrižja. Vozila na ulazima/izlazima u/iz kružnih raskrižja moraju ustupiti prednost biciklistima/pješacima, zbog čega dolazi do ometanja tokova (slika 21.).



Slika 21. Mjesta ometanja prometnih tokova u kružnom raskrižju

SIGURNOST PROMETA NA KRUŽNIM RASKRIŽJIMA

Sigurnost cijelog raskrižja se može analizirati na više načina:

- po opsegu – uže raskrižje s privozima
- po veličini – mini, mala, srednje velika, velika (po broju trakova)
- po vrsti prometa – za motorni, za nemotorni promet
- po alokaciji – unutar ili izvan naselja

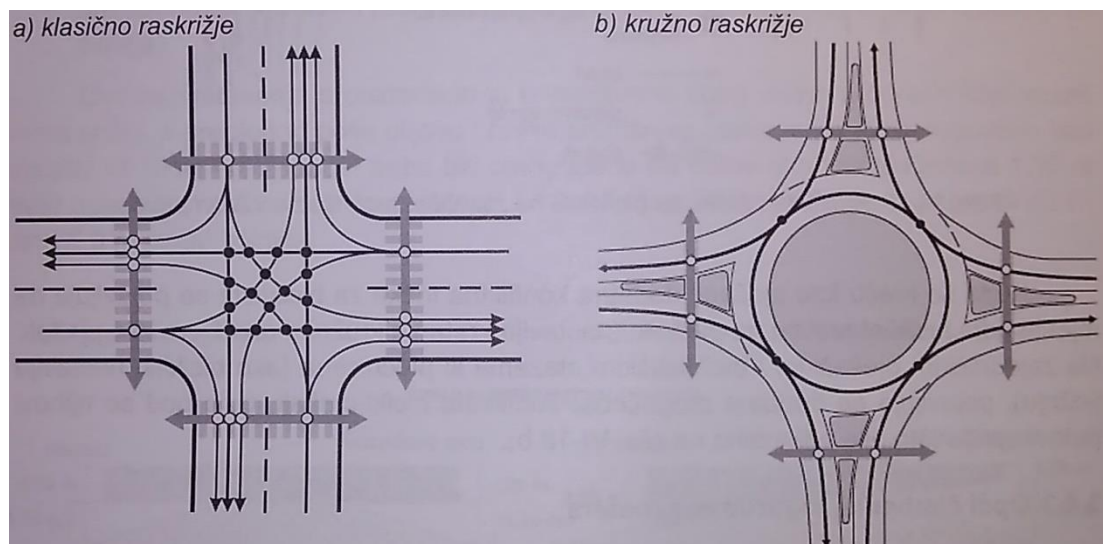
U odnosu između postojećeg klasičnog i novog kružnog raskrižja, mogu se očekivati pozitivni učinci:

- kružna raskrižja imaju manje konfliktnih točaka u usporedbi s klasičnim četverokrakim raskrižjima
- manje apsolutne brzine daju vozačima više vremena za reagiranje na potencijalne konflikte
- s obzirom da većina korisnika ceste putuje sličnim brzinama kroz kružno raskrižje težina sudara se može smanjiti u usporedbi s nekim klasičnim raskrižjima
- pješaci prelaze jedan po jedan smjer prometnog toka za razliku od nesemaforiziranih raskrižja
- brzina vozila na ulazu i izlazu iz kružnog raskrižja se smanjuje dobrim projektiranjem

PJEŠAČKI KONFLIKTI

Semaforizirana raskrižja smanjuju mogućnost konflikta pješak-vozilo pomoću svjetlosnih faza, koje omogućuju legalno kretanje samo određenim smjerovima u bilo kojem trenutku. Pješački prijelazi na tipičnom semaforiziranom raskrižju suočen je s četiri potencijalna konflikta s vozilima, svaki od njih dolazi iz drugog smjera:

- prolasci kroz crveno (najčešće velikom brzinom, ilegalno)
- skretanje udesno na zeleno (legalno)
- skretanje ulijevo na zeleno (legalno)
- skretanje udesno kroz crveno (najčešće legalno)



Slika 22. Konfliktne točke vozilo-pješak na različitim raskrižjima s četiri privoza

Izvor: [3]

Pješaci na kružnim raskrižjima, s druge strane, suočeni su s dva konfliktna kretanja vozila na svakom prilazu:

- konflikti s vozilima koja ulaze
- konflikti s vozilima koja izlaze

OSIGURANJE PREGLEDNOSTI U KRUŽNOM RASKRIŽJU

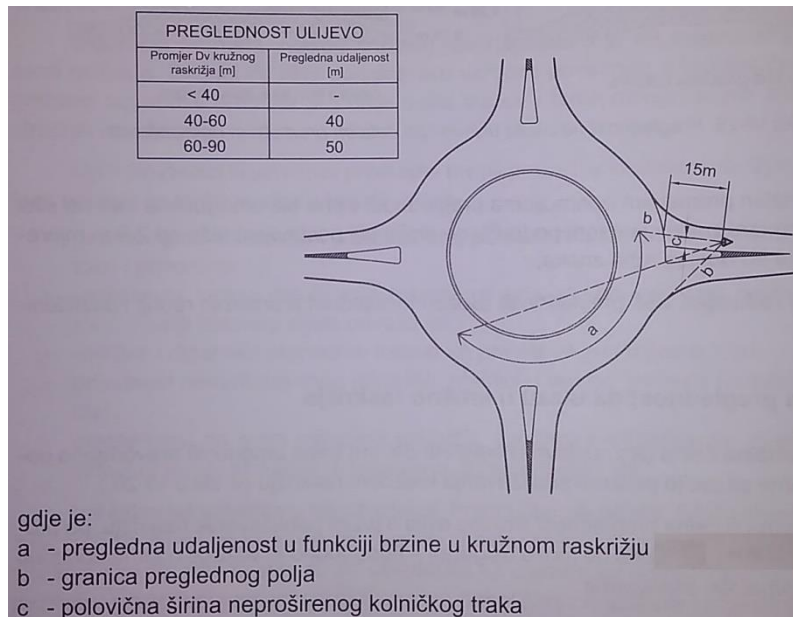
Kod kružnih raskrižja postoje dvije vrste preglednosti:

- preglednost na ulazu u kružno raskrižje
- preglednost pri ostalim prometnim operacijama (kruženje, napuštanje kružnog raskrižja)

Horizontalna čelna preglednost (m) mora omogućiti pravodobno uočavanje sporne situacije prilikom približavanja kružnom raskrižju. Ona ovisi o brzini približavanja raskrižju, te u slučaju da se ona ne može osigurati – neophodno je vozače o tome upozoriti dodatnim prometnim znakovima.

Preglednost ulijevo provjerava se iz sredine prometnog traka na udaljenosti 15 m pred razdjelnom crtom.

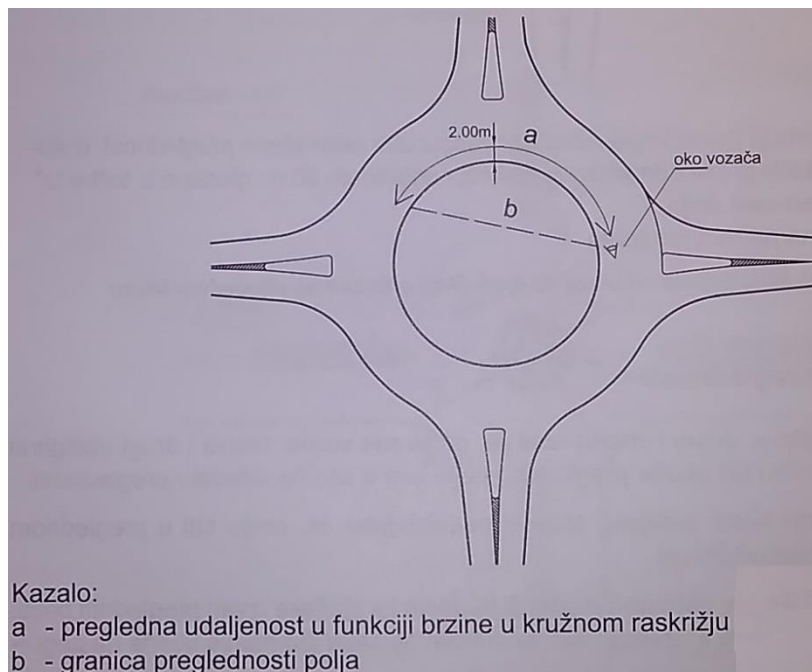
U nekim slučajevima, prevelika preglednost na ulazu ili između susjednih ulaza može prouzročiti prevelike brzine vozila na ulazu u kružno raskrižje. U takvim situacijama je dobro ograničiti prekomjernu preglednost selektivnim dodavanjem raslinja središnjem otoku. Preglednost na susjednim ulazima može na početku ulaza biti ograničena na 15 m, a uzduž ulaza na preglednu udaljenost, potrebnu za zaustavljanje pri brzini planiranoj za ulaz (slika 23.).



Slika 23. Preglednost ulijevo potrebna pri ulazu u raskrižje

Izvor: [3]

Preglednost u kružnom toku mora biti omogućena nad cjelokupnom širinom kružnog kolnika pred njima i to na udaljenosti koja odgovara veličini kružnog raskrižja. Preglednost je potrebno provjeriti 2 m od ruba središnjeg otoka (prikazano na slici 24.).

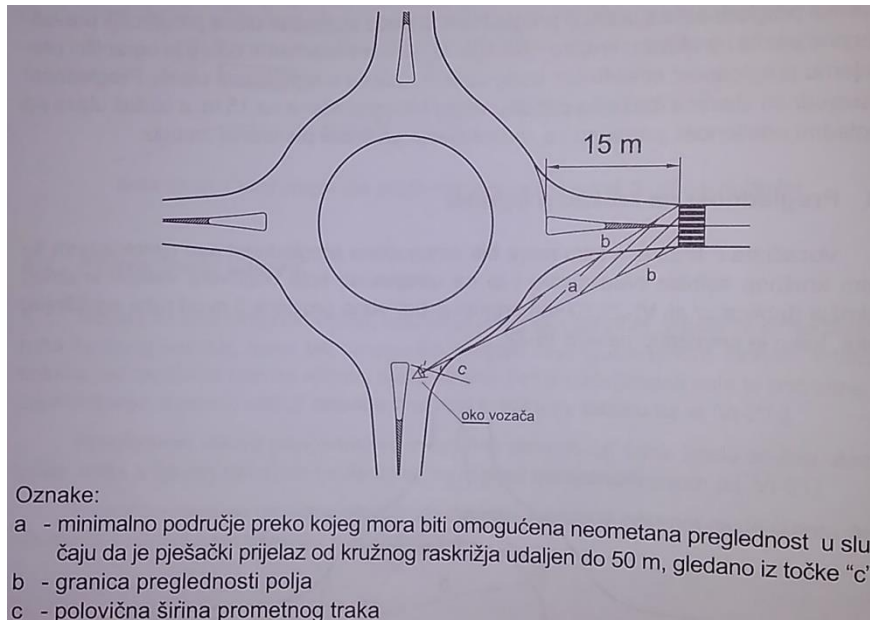


Slika 24. Preglednost u kružnom kolniku

Izvor: [3]

Preglednost do pješačkog prijelaza mora biti osigurana na način da vozači koji se približavaju pješačkom prijelazu imaju toliku preglednost do pješačkog prijelaza da im je omogućeno sigurno zaustavljanje pri brzini koja je dopuštena na ulazu u kružno raskrižje.

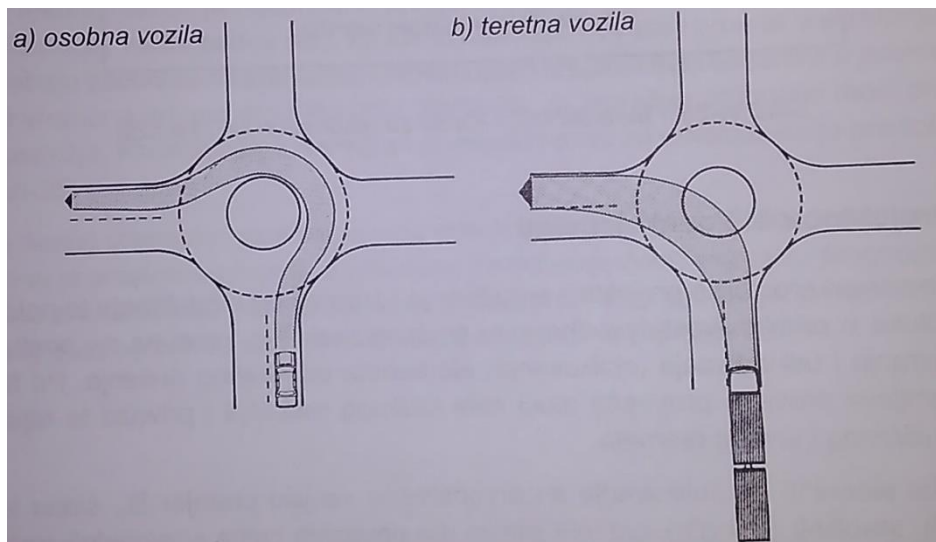
U malim i srednje velikim kružnim raskrižjima je potrebno, vozačima koji stoje iza razdjelne crte, omogućiti pregled nad cjelokupnom širinom pješačkog prijelaza na sljedećem izlazu (slika 25.).



Slika 25. Preglednost od ulaza do pješačkog prijelaza na sljedećem izlazu

Izvor: [3]

Režim vožnje u mini kružnom raskrižju u osnovi je dvojak: za osobna vozila vožnja je slična kao i u ostalim kružnim raskrižjima (u okvirima kružnog kolnika/traka), a za dulja vozila kao u konvencionalnim raskrižjima (preko središnjeg otoka). Za sve ove specifičnosti potrebna je jasna najava putem prometnih znakova, a sigurnost provoženja moguća je samo uz smanjenje dolazne brzine u širu i užu zonu raskrižja. Oblici navedenih vožnji predloženi su slikom 26.



Slika 26. Dopusštene trajektorije provoženja za osobna i teretna vozila

Izvor: [3]

OPREMA I UREĐENJE KRUŽNIH RASKRIŽJA

Slično ostalim oblicima u razini, i kod kružnih raskrižja treba predvidjeti opremu u koju spadaju:

- prometni znakovi
- prometna svjetla
- oznake na kolniku
- prometna oprema
- signalizacija
- oprema za smirivanje prometa
- rasvjeta

Po logici zahtjeva, prometne oznake na ispred i unutar kružnog raskrižja imaju izrazitu svrhu da naznače i reguliraju:

- umirivanje prometnog toka
- priprema za kružni tok
- pravovremenu pripremu usmjeravanje na izlaz iz kružnog toka

U našim prilikama opremljenost je reguliranja Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05 i NN 155/05)

Uređenje bitnih elemenata raskrižja

Pod navedene elemente, dovoljno bitne za reguliranje prometa, spada središnji otok, okolna raskrižja i prijelazi za nemotorizirani promet.

Oblikovnost središnjeg otoka

Kod srednje velikih i malih kružnih raskrižja je potrebno predvidjeti prijelazni prsten za iznimno provodne prijelaze duljih vozila. Širina prijelaznog prstena za provodne vožnje treba biti 1,0 (1,5) do 2,0 m, poprečnog nagiba 5%. Provozni dio središnjeg otoka treba biti izrađen od materijala i u takvoj tehnici da odvraća kraća vozila od korištenja i da omogućiti samo dugim vozilima prolaz kroz raskrižje.

Na kružnom toku je dopušteno postavljanje sadržaja za podizanje ambijentalne vrijednosti raskrižja (fontana, ukrasni stup, skulptura) ali samo pod uvjetom da ne narušava prometnu signalizaciju i ukupnu preglednost.

Nije dopušteno postavljanje napisa reklamnih ploča ili naprave za zvučno i slikovno obavješćivanje.

Prometni znakovi

Kružno raskrižje prvenstveno mora biti opremljeno znakovima:

- „raskrižje s cestom s prednošću prolaska“ (B01) i „kružni tok prometa“ (B62), postavljeni tik pred isprekidanom crtom zaustavljanja
- „obavezno obilaženje s desne strane“ (B59) i „ploča za označavanje prometnog otoka“ (K06) na zajedničkom stupiću u razdjelnom otoku

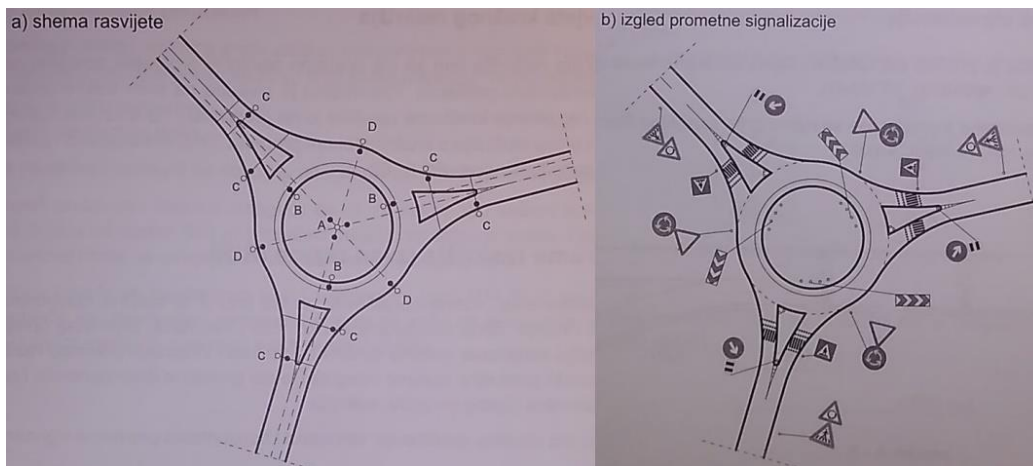
Na unutarnjem dijelu razdjelnog otoka postavljaju se oznake lokaliteta (informacijske ploče) i putokazi na putokaznoj ploči.

Ispred raskrižja u području približavanja postavljaju se obavijesne oznake i znakovi naredbe:

- Ograničenje brzine (znak B31)
- Prethodna ploča s najavom kružnog toka
- Obilježje pješačkog ili biciklističkog puta
- I ostale oznake

Rasvjeta kružnog raskrižja

Rasvjeta raskrižja ima za cilj dostatno osvijetliti prometne površine noću i u posebnim vremenskim prilikama. Predviđena je izvedba na svim frekventnim mjestima, a izrazitije reguliranje kvalitetne rasvjete je na privozima i na kružnom kolniku odnosno središnjem otoku raskrižja s kružnim tokom prometa (slika 27.).



Slika 27. Dispozicija rasvjetnih tijela i prometnih znakova u kružnom raskrižju

Izvor: [3]

3. 5. 9. Raskrižja izvan razine (RIR)

Raskrižja najveća po prostornom obuhvatu, cijeni izvedbe i po propusnoj moći, a redovito se primjenjuju na javnim prometnicama najvećeg ranga.

Raskrižja izvan razina su prometne građevine za organizirano povezivanje dvaju cestovnih pravaca pod uvjetom održavanja režima neprekinutih tokova. Prostorno razdvajanje konfliktnih stanja, tj. nezavisno vođenje prometnih tokova u različitim građevinskim razinama ima za posljedicu dva najbitnija učinka: najvišu sigurnost prometa i najveću propusnu moć.

Prostornim razdvajanjem konfliktnih tokova eliminiraju se njihove točke presjecanja ili križanja te postiže propusna moć svojstvena slobodnim dionicama trase. Statistička praćenja pokazuju neke indikativne podatke: 20-30% svih nesreća događaju se u zoni površinskih raskrižja, raskrižja izvan razina prema onima u razini imaju najmanje 2,0-2,5 puta veću propusnu moć.

PODRUČJE I UVJETI PRIMJENE

Područje primjene raskrižja izvan razine je u grupi javnih cesta najviše razine prometnog učinka (autoceste i brze ceste).

Potreba za prostornim razdvajanjem javlja se na onim raskrižjima gdje ukupna prometna opterećenja glavnog i sporednog pravca prelaze 12 000 voz/dan, a sa stajališta gospodarske opravdanosti trebalo bi se kao minimalno opterećenje uzeti $PGDP \geq 3\ 000$ (4 000) voz/dan.

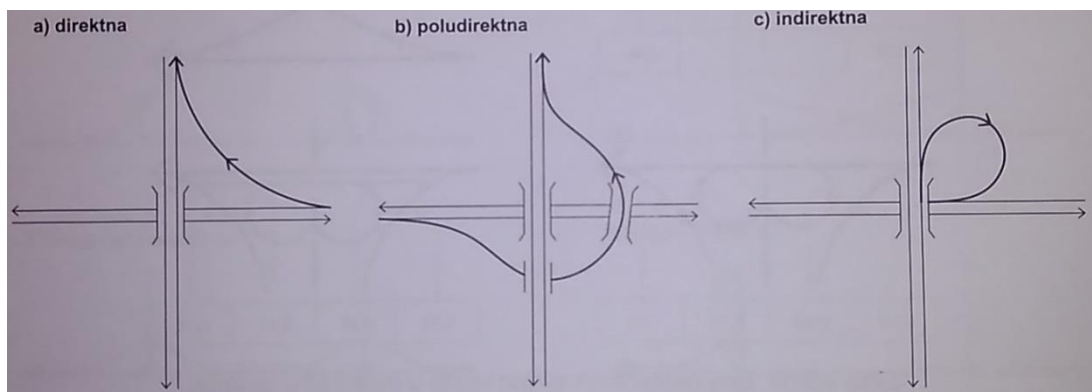
Međusobni razmak ovih raskrižja se treba uskladiti s prometnim značenjem glavnog pravca.

U skladu s transportnom funkcijom raskrižja, treba povećati razmak između njih. Za klasične dvotračne ceste ($PGDP$ 10-20 tisuća voz/dan) optimalan razmak $L=10-15$ km, a za autoceste s naplatom ($PGDP \geq 20\ 000$ voz/dan) preporučljiv međusobni razmak je $L=12-18$ km. Razmak raskrižja za autoceste bez naplate je za 20-25% veći.

SPOJNE CESTE/RAMPE

Spojne ceste ili rampe povezuju osnovne pravce, a predstavljaju samostalne prometnice za izmjene smjerova prometnih tokova. Razlikujemo tri oblika (slika 28.):

- Direktne spojne rampe (u istom kvadrantu)
- Poludirektne spojne rampe (u nasuprotnom kvadrantu)
- Indirektne spojne rampe (u susjednim kvadrantima)



Slika 28. Osnovni oblici spojnih cesta/rampi

Izvor: [3]

U oblikovanju rampi koriste se pravac, kružni luk i klotoida kao tri osnovna geometrijska elementa. S obzirom da su oblici rampi uvjetovani tipom raskrižja i prostornim ograničenjima, u praksi su prisutne slobodnije kombinacije geometrijskih elemenata. Projektni elementi rampi u tlocrtnoj funkciji moraju se provjeravati sa stajališta sigurnosti prometa i propusne moći.

Vertikalna projekcija spojnih rampi u pravilu se oblikuje i dinamizira uz pomoć graničnih elemenata niveliranja, kako bi se manjila duljina rampi i opseg prostora:

- Najmanja visinska razlika dviju razina u križanju određena je visinom slobodnog profila ($h_s = 4,5$ m) te konstruktivnom visinom nadvožnjaka
- Najveći dopušteni nagib nivelete ne bi trebao prelaziti u usponu $s_{max} = +5,0$ (6,0) %, odnosno u padu $s_{max} = -6,0$ (7,0) %
- Granični polumjeri zaobljenja vertikalnih krivina proističu iz mjerila preglednosti (tablica 20.)

Tablica 20. Minimalni polumjeri zaobljenja vertikalnih krivina

V_p (km/h)	(30)	40	50	60	70	80
R_{min} (m)						
$R_{min, konveksno}$ (m)	500	500	1000	1500	2500	4000
$R_{min, konkavno}$ (m)	500	500	1000	1500	2000	3000

OSIGURANJE PREGLEDNOSTI

Za postizanje dostatne sigurnosti prometa i propusne moći raskrižja, neophodno je predvidjeti dovoljnu vidljivost i preglednost u najosjetljivijim područjima.

Iz ovih razloga prometna signalizacija i vrhovi otoka na mjestima izljeva u raskrižju moraju biti vidljivi s udaljenosti od barem 180 m, a mjesto razdvajanja kolnika sa spojnim rampama s udaljenosti 100 m.

Za svaki prometni znak ili putokaz može se zahtijevani stupanj čitljivosti proračunati na temelju prosječnih vremenskih prilika, brzine vožnje i puta, puta za vrijeme reakcije vozača.

Sa stajališta preglednosti i sigurnosti, raskrižje treba biti vidljivo s glavnog pravca na udaljenosti $L \approx 4V_r$. Ovakav zahtjev isključuje lokacije s nedostatnom preglednošću.

Privozna doglednost

Privozna doglednost je sigurnosna veličina, odnosi se na vozača koji se nalazi na poziciji vrha otoka ili uljevnog traka. Isti vozač treba procjenjivati mogućnost uplitanja vozila u prometni tok na odabranom traku.

Privozna doglednost mora biti osigurana na svim mjestima uljevnog područja te po mogućnosti i u zoni preglednoj preko retrovizora. Tražena duljina kraka dobije se iz odnosa projektne brzine traka s pravom prvenstva ili spojne rampe.

OPREMA RASKRIŽJA IZVAN RAZINE

Raskrižje izvan razine obilježavaju velike brzine te veličina spojnih elemenata i rampi. Zbog mnogobrojnih okolnosti i svojstava, prometna oprema za ovu vrstu raskrižja obilježava veličina oznaka i razmak signalizacije.

Glavninu opreme predstavlja vertikalna i horizontalna signalizacija.

Elementi horizontalne signalizacije su rubne crte, razdjelne štedne površine, srednje isprekidane linije i sl.

Vertikalni elementi su bitni elementi vođenja i sigurnosti prometa, a čine ih klasični znakovi, te u manjoj mjeri portalni nosači znakova i ploče za upravljanje prometom.

Ploče za upravljanje prometom imaju zadaću pravovremeno upozoriti i uputiti vozače na sve posebnosti u geometrijskom vođenju kroz sklop raskrižja. Te posebnosti su:

- Dodavanje/uplitanje trakova
- Završetak prometnog traka

Ploče se trebaju postaviti na dovoljnu udaljenost od predmetne situacije.

Postupak dodavanja trakova omogućit će se za slučaj ako vođeni trak možemo priključiti na duljinu od barem 500 m.

4. ANALIZA SIGURNOSTI PROMETA PREMA KATEGORIJAMA I ZNAČAJKAMA CESTE U GRADU SISKU OD 2012. – 2016.

Motorizirani cestovni promet jedno je od bitnih obilježja suvremene civilizacije. Sve dobrobiti ovog fenomena, nažalost, i nadalje plaćamo visokom cijenom nepoželjnog ljudskog stradanja.

Osim individualnih tragedija, i društvo trpi velike gubitke zbog prometnih nesreća. U posljednjih deset godina na hrvatskim se cestama prosječno dogodilo oko 42 tisuće prometnih nesreća. U 32 posto nesreća stradavale su osobe. Godišnje je u prometu prosječno stradavalo 18,5 tisuća osoba. Od tog broja 80 posto prošlo je s lakšim tjelesnim ozljedama. Teške tjelesne ozljede zadobilo je 18 posto osoba, dok je dva posto osoba godišnje poginulo (prosječno godišnje 440 osoba).

Prema stupnju društvene opasnosti i posljedicama, nesigurnost u prometu gotovo bi se mogla izjednačiti s kriminalitetom. Iako su gubici zbog kriminaliteta brojčano izraženo nešto veći, a zbog namjernog djelovanja potencijalno opasniji, nesigurnost cestovnog prometa to nadmašuje u nenadoknadivim i nepopravljivim gubicima, a to su poginuli i teško ozlijeđeni u prometu. Od ukupnog broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama oko pet posto osoba ostaju trajni stopostotni invalidi, što je godišnje više od stotinjak ljudi. Deset posto njih trpi trajne posljedice, a najčešće je riječ o osobama mlađe životne dobi.

Da bi se stanje sigurnosti u cestovnom prometu podignulo na višu razinu, društvo mora uložiti znatno više sredstava u poboljšanje prometne infrastrukture. Također je nužno što više educirati građane u svrhu poboljšanja prometne kulture koja u Hrvatskoj nije na zavidnoj razini.

Tablica 21. Podatci o broju prometnih nesreća prema kategorijama ceste u gradu Sisku od 2012. – 2016.

Kategorija ceste		Prometne nesreće od 2012.-2016.				
		2012.	2013.	2014.	2015.	2016.
Državna cesta	ukupan broj prometnih nesreća	88	93	88	127	103
	poginuli	-	2	2	1	2
	ozlijeđeni	47	38	48	72	32
	materijalna šteta	51	62	51	76	80
Lokalna cesta	ukupan broj prometnih nesreća	334	326	253	269	309
	poginuli	4	3	2	1	2

	ozlijeđeni	145	133	81	109	125
	materijalna šteta	216	211	170	177	212
Ukupno sve ceste	ukupan broj prometnih nesreća	422	419	341	396	412
	poginuli	4	5	4	2	4
	ozlijeđeni	192	171	129	181	157
	materijalna šteta	267	273	221	253	292

Izvor: [4]

Tablica 22. Težine ozljeda

Kategorija ceste		Nastradale osobe od 2012.-2016.				
		2012.	2013.	2014.	2015.	2016.
Državna cesta	poginule	-	2	2	1	2
	teško ozlijeđene	3	4	4	7	5
	lakše ozlijeđenje	44	34	44	65	27
Lokalna cesta	poginule	4	3	2	1	2
	teško ozlijeđene	33	16	25	12	11
	lakše ozlijeđene	112	117	56	97	114

Izvor: [4]

Analizirajući ukupan broj prometnih nesreća na području grada Siska, možemo uočiti kako se, u prosjeku, svake godine dogodi oko 400 prometnih nesreća. Ako analiziramo prometne nesreće prema kategorijama ceste, uočiti ćemo kako se na lokalnim cestama u prosjeku dogodi tri puta više nesreća nego na državnim cestama.

Tablica 23. Prometne nesreće u gradu Sisku prema značajkama ceste u razdoblju od 2012.-2016.

Karakteristike ceste			Prometne nesreće od 2012. – 2016.									
			2012.		2013.		2014.		2015.		2016.	
			b. p. n	p. p. n	b. p. n	p. p. n	b. p. n	p. p. n	b. p. n	p. p. n	b. p. n	p. p. n
Raskrižje	T - raskrižje	po g		1		-		-		1		-
		tto	67	3	74	4	61	4	61	5	59	4
		lto		38		31		24		38		23
		mš		35		44		37		35		36
	Y – raskrižje	po g		-		1		-		-		-
		tto	7	2	13	-	11	-	17	-	15	1
		lto		-		4		4		12		7
		mš		5		8		7		8		10
	četverokrako raskrižje	po g		1		-		-		1		-
		tto	39	5	66	6	38	2	40	1	68	3
		lto		41		46		21		25		39
		mš		14		29		20		18		36
	kružni tok	lto	-	-	-	-	2	-	5	1	-	-
		mš		-		-		2		4		-
	raskrižje – ostalo	tto		1		-		-		-		-
		lto	2	1	2	-	1	1	2	-	5	-
		mš		1		2		-		2		5
	UKUPNO	po g		2		1		-		2		-
		tto	115	11	155	10	113	6	125	6	147	8
		lto		80		81		50		76		69
mš			55		83		66		67		87	
Cesta izvan raskrižja i čvora	most	po g		1		-		-		-		-
		tto	5	-	7	1	1	-	4	-	7	3
		lto		1		2		1		-		23
		mš		4		4		-		4		6
	podvožnjak	lto	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
	nadvožnjak		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	UKUPNO	po g	5	1	7	-	1	-	5	-	7	-
		tto		-		1		-		-		3

		lto		1		2		1		2		23
		mš		4		4		-		4		6
Prijelaz preko željezničke pruge	fizički zaštićen - otvoren	mš	1	1	-	-	1	1	3	3	-	-
	fizički zaštićen - zatvoren	mš	1	1	2	2	1	1	-	-	2	2
	svjetlosna signalizacija	mš	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	nezaštićen - pregledan	mš	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	UKUPNO	mš	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3
Zavoj	po g			-		2		-		-		-
	tto	70	15	54	2	51	3	50	4	50	5	
	lto		31		31		15		23		56	
	mš		39		29		35		27		33	
Ravni cestovni smjer	po g		1		2		4		-		4	
	tto	184	10	158	6	142	19	172	9	173	4	
	lto		73		47		52		70		23	
	mš		124		115		90		114		127	
Parkiralište	lto	34	-	36	1	25	3	36	2	31	2	
	mš		34		35		22		34		29	
Pješački prijelaz	tto		-		1		-		-		-	
	lto	4	2	3	-	-	-	-	-	-	-	
	mš		2		2		-		-		-	
Nogostup	tto		-		-		1		-		-	
	lto	2	1	-	-	1	-	-	-	1	-	
	mš		1		-		-		-		1	
Biciklistička staza	lto	-	-	1	1	-	-	1	1	1	1	
Ostalo	mš	5	5	3	3	6	6	4	4	1	1	
UKUPNO	po g		4		5		4		2		4	
	tto	422	36	419	20	341	29	396	19	414	20	
	lto		188		163		118		174		174	
	mš		267		273		221		253		287	

Izvor: [4]

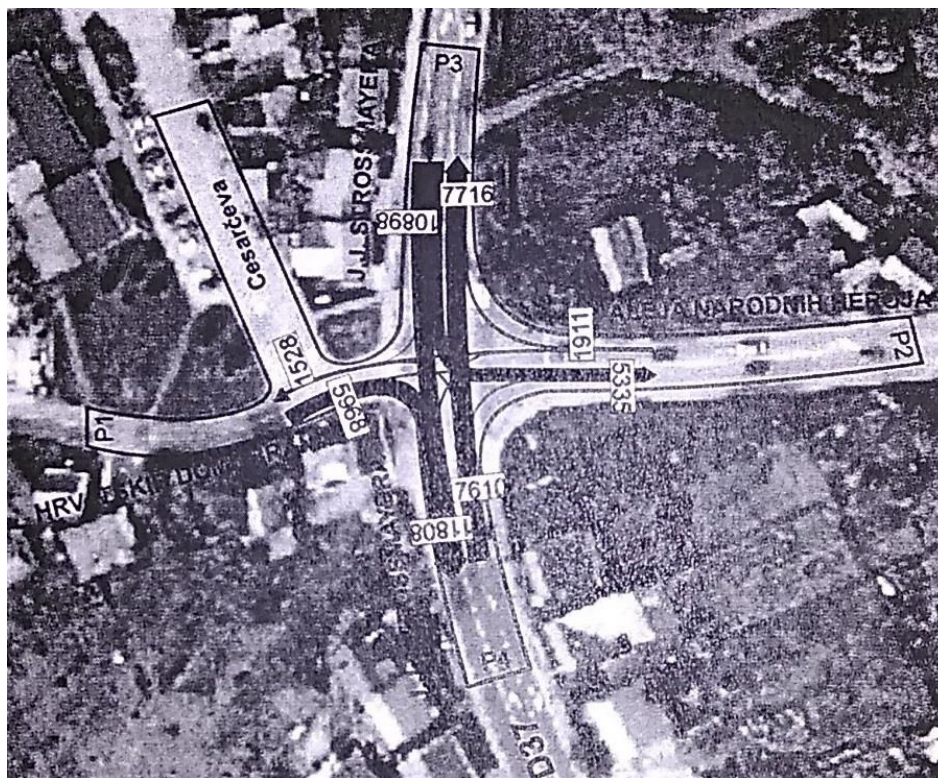
b. p. n. - broj prometnih nesreća
p. p. n. - posljedice prometnih nesreća
pog - poginuli
tto - teške tjelesne ozljede
lto - lakše tjelesne ozljede
mš - materijalna šteta

5. ANALIZA PRIMJENJENIH PROMETNO OBLIKOVNIH ELEMENATA NA RASKRIŽJU ULICA JOSIPA JURJA STROSSMAYERA I ALEJE NARODNIH HEROJA S PRIJEDLOGOM MJERA ZA POVEĆANJE SIGURNOSTI

5. 1. Analiza primjenjenih prometno oblikovnih elemenata na raskrižju

Raskrižje ulica Josipa Jurja Strossmayera, Hrvatskih domobrana i Aleje narodnih heroja nalazi se između zapadnog i južnog dijela Grada Siska, te spaja gradske četvrti Zibel i Viktorovac. Navedeno raskrižje je raskrižje državne ceste D37 i dvaju lokalnih cesta na kojima se odvija gradski, prigradski i međugradski promet. Raskrižje ima četiri privoza sa trakovima za lijevo skretanje na dva privoza, trakom za desno skretanje na jednom privozu i dva pješačka prijelaza, sadrži horizontalnu i vertikalnu signalizaciju, te je semaforizirano. Motorizirani promet se odvija dvosmjerno u sve tri ulice. Pješački prijelazi se nalaze na zapadnom i južnom privozu, trakovi za lijevo skretanje se nalaze na sjevernom i južnom privozu, dok se trak za desno skretanje nalazi na istočnom privozu. Pješački nogostup u ulicama J. J. Strossmayera i Aleja narodnih heroja izveden je s jedne strane, dok je u ulici Hrvatskih domobrana izveden obostrano u duljini od 9 m do raskrižja s ulicom Augusta Cesarca. U raskrižju nema biciklističkih staza, zbog čega biciklistički promet može izazvati poremećaje. Dimenzije poprečnog presjeka su, prema pravilniku [izvor 6], u dozvoljenim granicama za projektnu brzinu raskrižja od 50 km/h. Udaljenost putokaznih znakova na oba privoza glavnog prometnog toka je 150 m.

Problem analiziranog raskrižja iz aspekta sigurnosti je neodgovarajući signalni plan za prometno opterećenje raskrižja (oko 26 000 vozila/dan, slika 29.) te smanjena preglednost (slika 30.). U fazama se istovremeno pušta dvosmjerni promet u pravcu zajedno sa pješacima i lijevim skretačima zbog čega se pojavljuje veliki broj kritičnih točaka. Najveći problem imaju lijevi skretači na južom privozu jer imaju kraće vrijeme trajanja zelenog svjetla nego pravac iz suprotnog smjera zbog čega se često dogodi da vozilo ostane u raskrižju do pojave sljedeće faze, međutim, nerijetko se dogodi da vozač, pri pojavi vremena i prostora za skretanje u vremenu trajanja zelenog svjetla, nije u mogućnosti napustiti raskrižje zbog pojave pješaka na zapadnom privozu.



Slika 29. Kumulativni pregled dnevnog prometa na raskrižju J. J. Strossmayera i Aleje narodnih heroja.

Izvor: [8]

Prema policijskom izvješću, uzroci prometnih nesreća na raskrižju Josipa Jurja Strossmayera i Aleje narodnih heroja su greške vozača, tj. oduzimanje prednosti prolaska zbog nepoštivanja svjetlosne signalizacije. Iz tablice 24 vidimo kako se broj prometnih nesreća na raskrižju kroz razdoblje od 2012. – 2016. povećava.

Tablica 24. Prometne nesreće na raskrižju J. J. Strossmayera i Aleje narodnih heroja.

Godina	Broj prometnih nesreća	Vrsta prometnih nesreća	Ozljedeno-poginulo osoba
2012	2	1 ozljedena osoba 1 materijalna šteta	1 LTO
2013	4	1 ozljedena osoba 3 materijalna šteta	1 LTO
2014	0		
2015	5	4 ozljedena osoba 2 materijalna šteta	4 LTO
2016	6	1 ozljedena osoba 5 materijalna šteta	1 LTO

Izvor: [4]



Slika 30. Smanjena preglednost privoza

Izvor: [10]

Na raskrižju se uz glavni prometni tok nalaze zapreke koje smanjuju preglednost raskrižja što uzrokuje mogućnost nastanka prometnih nesreća.

5. 2. Prijedlog mjera za povećanje sigurnosti

Analizom primjenjenih prometno oblikovnih elemenata na raskrižju utvrđeno je kako navedeno raskrižje nema osiguranu dovoljnu razinu sigurnosti zbog prevelikog prometnog opterećenja, neodgovarajućeg signalnog plana i nedovoljne preglednosti dijela privoza. Za povećanje sigurnosti prometa predlažu se sljedeće mjere:

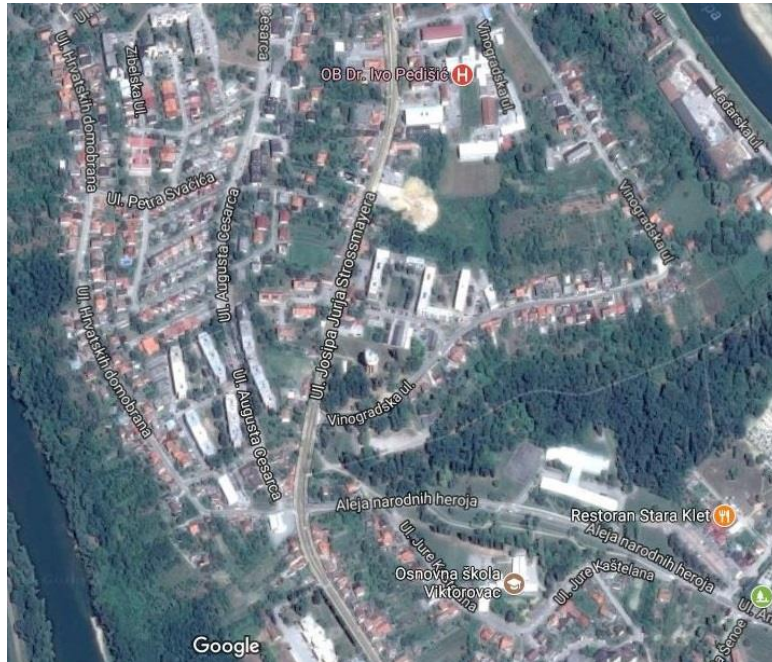
1. Promjena signalnog plana
2. Izgradnja kružnog raskrižja
3. Izgradnja alternativnog pravca
4. Dugoročno rješenje primjenom predloženih mjera

1. Promjena signalnog plana

S obzirom na postojanje traka za lijevo skretanje, predlaže se promjena signalnog plana na način da se iz postojećeg signalnog plana izdvoje zaštitne faze za lijeve skretače i pješake. Ishod takve promjene bio bi smanjenje broja kritičnih točaka čime bi se povećala sigurnost prometa, međutim, s obzirom na prometno opterećenje, ovakvo rješenje se ne smatra dugoročnim.

2. Izgradnja kružnog raskrižja

Izgradnjom kružnog raskrižja postiglo bi se povećanje sigurnosti i povećanje propusne moći raskrižja. Prema prometnom opterećenju potrebno je izgraditi kružno raskrižje srednje veličine. Glavni nedostaci takvog rješenja su nedostatak prostora za izgradnju kružnog raskrižja odgovarajuće veličine te njegova pozicija između stambene zone i obrazovnih ustanova (slika 31.) jer djeca čine veliki dio pješačkog prometa na raskrižju zbog čega treba težiti smanjenju prometnog opterećenja.



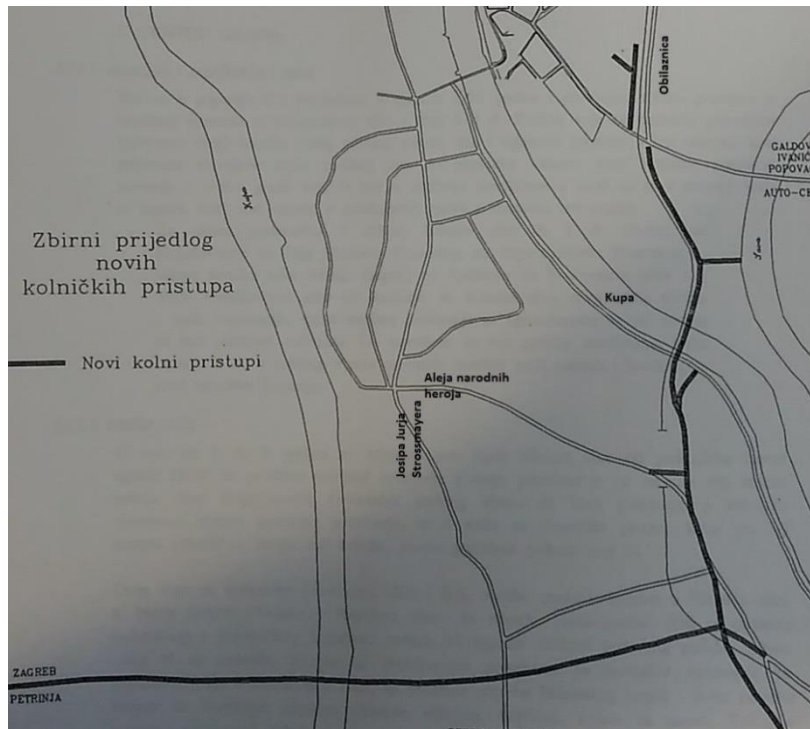
Slika 31. Lokacija raskrižja u odnosu na stambenu zonu, bolnicu i obrazovne ustanove

Izvor: [9]

3. Izgradnja alternativnog pravca

Ulica Josipa Jurja Strossmayera je državna cesta koja povezuje grad Sisak s gradovima Zagrebom i Petrinjom. Jedan je od dva prometna pravca koji spajaju zapadni i južni dio grada sa sjevernim, centralnim i istočnim dijelom. Posebnost toga pravca je što je značajno kraći od postojeće alternative, zbog čega se na njemu odvija veliki dio unutargradskog i prolaznog prometa. S obzirom na takvo stanje, može se zaključiti kako je glavni problem grada Siska njegova loša prometna povezanost.

Izgradnjom alternativnog pravca prikazanog na slici 32., južni i zapadni dio grada bi se, sa mostom preko Kupe spojenim na istočnu obilaznicu, povezali sa istočnim, centralnim i sjevernim dijelom grada. Ishod izgradnje alternativnog pravca bio bi prometno rasterećenje ulica J. J. Strossmayera i Aleje narodnih heroja čime bi se povećala sigurnost na njihovom raskrižju. Dodatni pozitivni učinak bio bi smanjenje buke s obzirom da se u ulici Josipa Jurja Strossmayera nalaze opća bolnica i stambeni objekti (slika 31.).



Slika 32. Prijedlog alternativnog pravca

Izvor: [7]

4. Dugoročno rješenje primjenom predloženih mjera

S obzirom na složenost problema raskrižja, kao najsigurnije rješenje predlaže se kombinacija navedenih mjera kroz tri razvojne faze. U prvoj fazi bi se promijenio signalni plan na prethodno opisan način. U drugoj fazi bi se izgradio alternativni pravac kojim bi se glavni prometni pravac iz ulice J. J. Strossmayera prebacio na gradsku obilaznicu. U trećoj fazi, radi smirivanja preostalog prometa na raskrižju ulica J. J. Strossmayera i Aleje narodnih heroja, zabranio bi se promet teškim teretnim vozilima, te bi se izgradilo mini kružno raskrižje, jednostručno, vanjskog polumjera 10 m, središnjim otokom polumjera 3,5 m, širinom kružnog kolnika 4,5 m, te prijelaznim prstenom širine 2 m na način prikazan na slici 33.



Slika 33. Prijedlog rješenja kružnog raskrižja

Izvor: satelitska snimka [11], prijedlog rješenja [10]

6. ZAKLJUČAK

Na temelju analize i obavljenog istraživanja je utvrđeno da su na raskrižju ulice Josipa Jurja Strossmayera i Aleje narodnih heroja uočeni problemi povezani uz veliko prometno opterećenje, neadekvatan signalni plan rada semafora i preglednost samog raskrižja.

Naime, prema obavljenoj analizi broja prometnih nesreća od 2012. do 2016. godine i prosječnom godišnjem dnevnom opterećenju oko 20 000 vozila, 2016. godine, broj nesreća povećan je za oko 300% u odnosu na 2012. godinu. Osnovni uzrok prometnih nesreća na navedenom raskrižju je oduzimanje prednosti prolaska zbog nepoštivanja svjetlosne signalizacije što je izravna posljedica lošeg signalizacijskog plana.

Osim navedenog, na raskrižju nije osigurana dovoljna preglednost, odnosno nije osiguran dovoljan trokut preglednosti zbog čega vozači ne mogu procijeniti udaljenost i brzinu vozila na glavnoj cesti.

Nakon obavljene analize i istraživanja, prijedlog rješenja poboljšanja sigurnosti prometa na navedenom raskrižju moguće je obaviti u tri faze. U prvoj fazi predlaže se promjena signalnog plana na način da se izdvoje zaštitne faze za lijeve skretače, te zaštitna faza za pješake. Druga faza je izgradnja alternativnog pravca kako bi se smanjilo prometno opterećenje čime bi se povećala sigurnost raskrižja. U trećoj fazi predložena je promjena prometno oblikovnih elemenata raskrižja iz sadašnjeg četverokrakog u kružno čime bi se povećala preglednost samog raskrižja, ujednačilo prometno opterećenje i znatno povećala sigurnost pješaka.

LITERATURA:

- [1] Cerovac, V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [2] Božičević, J., Topolnik, D.: *Infrastruktura cestovnog prometa I. I II.*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1996.
- [3] Legac, I.: *Raskrižja javnih cesta*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
- [4] Ministarstvo unutarnjih poslova: *Policajska uprava Sisačka, Prometna jedinica Sisak: Statistika prometnih nesreća u gradu Sisku po značajkama i kategorijama ceste od 2012. – 2016.*
- [5] http://stari.mup.hr/UserDocsImages/Publikacije/2016/bilten_promet_2016.pdf
- [6] *Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa*, Ministarstvo pomorstva, prometa i veza, Zagreb, 2001., *Narodne novine*, 110/2001
- [7] *Prometna studija užeg područja grada Siska kao polazište za uređenje cestovnog prometa*, Zavod za planiranje i razvoj, Sisak, 1997.
- [8] *Prometna studija grada Siska*, Prometis d.o.o., Zagreb, listopad, 2007.
- [9] <https://www.google.hr/maps/place/Sisak/>
- [10] Vlastiti izvor
- [11] <https://geoportal.dgu.hr/>

POPIS SLIKA:

Slika 1. Plan opterećenja prometnih tokova za jedno raskrižje	4
Slika 2. Stajalište za zaustavljanje vozila	18
Slika 3. Polumjer prednjih i stražnjih kotača pri prolasku kroz zavoj	20
Slika 4. Proširenje zavoja	20
Slika 5. Izvođenje pločnika u odnosu na kolnik sa ugrađenim rubnjacima	24
Slika 6. Stajališta za zaustavljanje autobusa	25
Slika 7. Polumjeri zaobljenja prilaza autobusnom stajalištu	25
Slika 8. Duljina preglednosti za slučaj da se oba vozila kreću	28
Slika 9. Duljina preglednosti za vozilo koje nema prednost stoji pred čvorištem.	29
Slika 10. Preglednost kod približavanja	30
Slika 11. Privozna preglednost	31
Slika 12. Polja preglednosti na mjestima prijelaza pješaka i biciklista	31
Slika 13. Trakovi za lijevo i desno skretanje	33
Slika 14. Kritične točke na raskrižju dviju prometnica s dvosmjernim prometom	34
Slika 15. Raznovrsnost prometnih radnji (deblje - glavni tok, tanje - sporedni tok)	37
Slika 16. Primjeri konfliktnih točaka i situacija	38
Slika 17. Osnovni oblikovni elementi manjeg kružnog raskrižja	44

Slika 18. Usporedba karakterističnih područja površinskih raskrižja	47
Slika 19. Pretvorba brojenog prometa na klasičnom raskrižju u kružno	48
Slika 20. Oblici razdjelnih otoka u zavisnosti o veličini (Dv) i brzini uvoženja (Vk); (a) paralelni; (b) trokutasi i (c) ljevkasti.....	51
Slika 21. Mjesta ometanja prometnih tokova u kružnom raskrižju	51
Slika 22. Konfliktne točke vozilo-pješak na različitim raskrižjima s četiri privoza	53
Slika 23. Preglednost ulijevo potrebna pri ulazu u raskrižje	54
Slika 24. Preglednost u kružnom kolniku	54
Slika 25. Preglednost od ulaza do pješačkog prijelaza na sljedećem izlazu	55
Slika 26. Dopuštene trajektorije provoženja za osobna i teretna vozila	56
Slika 27. Dispozicija rasvjetnih tijela i prometnih znakova u kružnom raskrižju	58
Slika 28. Osnovni oblici spojnih cesta/rampi	59
Slika 29. Kumulativni pregled dnevnog prometa na raskrižju J. J. Strossmayera i Aleje narodnih heroja	68
Slika 30. Smanjena preglednost privoza	69
Slika 31. Lokacija raskrižja u odnosu na stambenu zonu, bolnicu i obrazovne ustanove	70
Slika 32. Prijedlog alternativnog pravca	71
Slika 33. Prijedlog rješenja kružnog raskrižja	72

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Brzina kretanja pješaka	10
Tablica 2. Razredi ceste prema veličini motornog prometa	13
Tablica 3. Podjela ceste prema zadaći povezivanja ovisno o srednjoj duljini putovanja	13
Tablica 4. Širina prometnog traka ovisno o računskoj brzini i terenu	16
Tablica 5. Širina prometnog traka ovisno o računskoj brzini, terenu i razredu ceste	16
Tablica 6. Širina rubnog traka ovisno o širini prometnog traka	17
Tablica 7. Širina bankine ovisno o širini prometnog traka	17
Tablica 8. Širina razdjelnog pojasa prema našim propisima	18
Tablica 9. Veličina R_{min} i PZ ovisno o računskoj brzini	19
Tablica 10. Prijelaz iz pravca u luk bez prijelazne krivulje.....	21
Tablica 11. Veličine bočnog udara (s) ovisno o računskoj brzini V_r i najmanjoj duljini prijelazne krivulje L_{min} u području polumjera R_{min} do približno $3 \cdot R_{min}$	22
Tablica 12. Nagib prijelazne rampe ovisno o računskoj brzini	22
Tablica 13. Uzdužni nagibi ovisno o terenu, značenju i rangu ceste.....	23
Tablica 14. Osnovne dimenzije stajališta ovisno o vrsti vozila i brzini	25
Tablica 15. Potrebne duljine zaustavne preglednosti L_{p1}	30
Tablica 16. Duljina kraka vidnog polja u glavnom pravcu	30
Tablica 17. Postupci kretanja u raskrižjima (prema Dietrichu)	35
Tablica 18. Udaljenost predputokaza ispred užeg područja raskrižja	41
Tablica 19. Okvirni oblikovni elementi kružnih raskrižja.....	49
Tablica 20. Minimalni polumjeri zaobljenja vertikalnih krivina.....	59
Tablica 21. Podatci o broju prometnih nesreća prema kategorijama ceste u gradu Sisku od 2012. – 2016.	62
Tablica 22. Težine ozljeda	63
Tablica 23. Prometne nesreće u gradu Sisku prema značajkama ceste u razdoblju od 2012.-2016.	64
Tablica 24. Prometne nesreće na raskrižju J. J. Strossmayera i Aleje narodnih heroja.....	68

POPIS SHEMA:

Schema 1. Podjela cestovnog prometa prema vrsti vozila koja sudjeluju u prometu.....	9
Schema 2. Načini razdjeljivanja prometnih tokova u raskrižjima.....	39