

Planiranje i primjena projektnih elemenata raskrižja u funkciji sigurnosti

Jezidžić, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:119:054903>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-04**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Filip Jezidžić

PLANIRANJE I PRIMJENA PROJEKTNIH ELEMENATA
RASKRIŽJA U FUNKCIJI SIGURNOSTI

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 4. studenoga 2019.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5474

Pristupnik: **Filip Jezidžić (0135237578)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Planiranje i primjena projektnih elemenata raskrižja u funkciji sigurnosti**

Opis zadatka:

U radu potrebno je analizirati značaj i postupka prometnog planiranja kao dijela prostornog planiranja u stvaranju optimalnog prometnog sustava. Isto tako potrebno je prikazati načine odabira projektnih elemenata raskrižja u odnosu na zahtjeve sigurnosti svih sudionika u prometu. Odrediti značajne elemente raskrižja s kojima se može povećati propusna moć i sigurnost raskrižja kao najčešćeg elementa cestovne i ulične mreže.

Mentor:



doc. dr. sc. Rajko Horvat

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PLANIRANJE I PRIMJENA PROJEKTNIH ELEMENATA RASKRIŽJA U FUNKCIJI SIGURNOSTI

PLANNING AND IMPLEMENTATION OF PROJECT ELEMENTS OF THE ROAD INTERSECTION IN THE FUNCTION OF TRAFFIC SAFETY

Mentor: doc. dr. sc. Rajko Horvat

Student: Filip Jezidžić

JMBAG: 0135237578

Zagreb, rujan 2020.

SAŽETAK:

Zbog ubrzanog stupnja motorizacije kako u svijetu tako i u Republici Hrvatskoj, te naglog razvoja prometa, pogotovo cestovnog što dovodi do porasta broja cestovnih vozila tako i povećanja prometnih nesreća potrebno je poduzeti preventivne mjere i aktivnosti u cilju smanjenja prometnih nesreća, a jedna od tih mjera je primjena prometno-tehničkih elemenata raskrižja u funkciji sigurnosti. Prema istraživanjima oko 30% nesreća se događa na raskrižjima, stoga je potrebno u planiranju i projektiranju raskrižja naglasak staviti na sigurnost prometa, a kod postojećih raskrižja potrebna je rekonstrukcija kako bi se povećala sigurnost prometa. U radu su navedeni prijedlozi poboljšanja projektnih elemenata raskrižja u funkciji povećanja sigurnosti.

KLJUČNE RIJEČI: sigurnost prometa, cestovna raskrižja, elementi projektiranja

SUMMARY:

Due to the accelerated degree of motorization both in the world and in the Republic of Croatia, and the rapid development of traffic, especially road, which leads to an increase in the number of road vehicles and an increase in traffic accidents, it is necessary to take preventive measures and activities to reduce traffic accidents. Application of traffic-technical elements of intersections in the function of safety. According to research, about 30% of accidents occur at intersections, so it is necessary to place emphasis on traffic safety in the planning and design of intersections, and existing intersections need reconstruction to increase traffic safety. The paper presents proposals for improving the design elements of the intersection in the function of increasing safety.

KEY WORDS: road traffic safety, road intersections, design elements

Sadržaj

1	UVOD	1
2	VRSTE PROMETNOG PLANIRANJA	2
2.1	Sektorsko planiranje prometa	2
2.2	Prostorno planiranje prometa	3
2.3	Projektno planiranje prometa	5
2.4	Planiranje prometa u privrednim organizacijama.....	6
3	ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA	7
3.1	Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa	7
3.2	Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa.....	8
3.3	Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa.....	8
3.4	Čimbenik „promet na cesti“	12
3.5	Incidentni čimbenik.....	12
4	ELEMENTI PROJEKTIRANJA PROMETNIH POVRŠINA.....	13
4.1	Elementi projektiranja cesta i autocesta	13
4.2	Elementi projektiranja gradske ulične mreže	16
4.3	Elementi projektiranja prometnih čvorišta	17
5	OSNOVNA PODJELA RASKRIŽJA.....	21
5.1	Raskrižja u razini.....	21
5.2	Raskrižja s kružnim tokom.....	21
5.3	Raskrižja izvan razine.....	22
6	ANALIZA STANJA SIGURNOSTI PROMETA PREMA ZNAČAJKAMA CESTE U REPUBLICI HRVATSKOJ OD 2013.-2017.....	24
7	PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA PROJEKTNIH ELEMENATA RASKRIŽJA U FUNKCIJI POVEĆANJA SIGURNOSTI.....	28
7.1	Trakovi za uključivanje i isključivanje iz prometa.....	28
7.2	Proširenje kolnika.....	29
7.3	Osiguranje zaustavne preglednosti raskrižja	30
7.4	Primjena mini kružnih raskrižja	31
7.5	Primjena zaštitnih ograda za motocikliste i kotrljajućih odbojnih ograda	32
7.6	Planiranje i razvoj centralnog sustava upravljanja prometom.....	33
8	ZAKLJUČAK	35
9	LITERATURA.....	36
	POPIS SLIKA	37
	POPIS TABLICA.....	38

1 UVOD

Raskrižja se mogu definirati kao točke u cestovnoj mreži u kojima se povezuju dvije ili više cesta, te se prometni tokovi spajaju, razdvajaju, križaju ili prepliću, zbog prometnih radnji i mogućih konflikata na raskrižjima su izraženi problemi propusnosti i sigurnosti prometa. Tema završnog rada je Planiranje i primjena projektnih elementa raskrižja u funkciji sigurnosti, u radu su nabrojani i navedeni elementi za povećanje sigurnosti odvijanja prometa u raskrižjima. Rad je podijeljen u osam cjelina:

1. Uvod
2. Vrste prometnog planiranja
3. Čimbenici sigurnosti cestovnog prometa
4. Elementi projektiranja prometnih površina
5. Osnovna podjela raskrižja
6. Analiza stanja sigurnosti prometa prema značajkama ceste u Republici Hrvatskoj od 2013.-2017.
7. Prijedlozi poboljšanja projektnih elemenata raskrižja u funkciji sigurnosti
8. Zaključak

U drugom poglavlju navedene su i opisane vrste prometnog planiranja, makroplaniranje i mikroplaniranje prometa.

U trećem poglavlju se spominju čovjek, vozilo, cesta, promet na cesti i incidentni čimbenici i kakav utjecaj imaju na sigurnost odvijanja prometa.

Četvrto poglavlje definira elemente projektiranja prometnih površina, te su navedene norme koje određena kategorija ceste mora zadovoljavati.

Peto poglavlje prikazuje osnovnu podjelu i elemente raskrižja.

Analiza stanja sigurnosti prometa prema značajkama ceste u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2013.-2017. prikazana je u šestom poglavlju.

U sedmom poglavlju navedeni su prijedlozi poboljšanja elementa projektiranja raskrižja kako bi se omogućilo sigurnije odvijanje prometa.

2 VRSTE PROMETNOG PLANIRANJA

Prometno planiranje je znanstveno-stručna disciplina, i kao takva analizira postojeću prometnu problematiku, predviđa buduće zahtjeve i definira razvoj prometnog sustava kako bi se osiguralo nesmetano kretanje ljudi i dobara. Glavni cilj prometnog planiranja je maksimalno iskorištenje postojećih prometnica te planski razvoj novih prometnica koje treba prilagoditi potrebama prometa u budućnosti.

Promet ima važnu ulogu u gospodarskom razvoju i u razvoju gradova, u povećanju pokretljivosti stanovništva i ostalih faktora proizvodnje, u organizaciji prostora, kvaliteti okoline i podizanju životnog standarda te u jačanju nacionalnog jedinstva i državnog integriteta. No osim povoljnih, promet izaziva niz nepovoljnih učinaka, od kojih se neki odražava u gubitcima ljudskih života i materijalnih dobara, u obezvređivanju ljudske sredine i smanjenju udobnosti života.

Prometno planiranje moguće je, osim podjele prema vremenskom obuhvatu planiranja (kratkoročno, srednjoročno i dugoročno), razlikovati prema razini planiranja, pa se u skladu s tim dijeli na:

1) Makroplaniranje prometa

- a) sektorsko planiranje prometa,
- b) prostorno planiranje prometa

2) Mikroplaniranje prometa

- a) projektno planiranje prometa,
- b) planiranje prometa u privrednim organizacijama [1]

2.1 Sektorsko planiranje prometa

Ta vrsta planiranja obuhvaća planiranje prometa kao zasebnog ekonomskog sektora ili pojedinih prometnih grana. To je dio šireg sustava planiranja te je usko povezano s planiranjem ostalih društveno-ekonomskih djelatnosti. Stoga se opća projekcija prometa može smatrati valjanom samo onda ako je izvedena iz makro strukture svih ostalih sektora prometnog područja.

U sektorskom je planiranju prometa moguća projekcija ukupnog prometa i projekcija po pojedinim prometnim granama. Unutar svake od ovih skupina moguća je projekcija veličine prijevoznog učinka (ostvareni putnički kilometri ili tonski kilometri). Osim fizičkih veličina o razvitku prometa, dosad izrađenih ekonometrijski postupci omogućuju projekciju ekonomsko-vrijednosnih veličina, kao što su veličina društvenog proizvoda, osnovnih sredstava, kapitalnog koeficijenta, zaposlenosti i proizvodnosti rada za promet kao cjelinu i za pojedine prometne grane. [1]

2.2 Prostorno planiranje prometa

Prostorno prometno planiranje predstavlja donošenje odluka na temelju prikupljenih i obrađenih podataka, kao i bilo koja druga vrsta planiranja, te ih možemo opisati s pet osnovnih postupaka: definiranje ciljeva, utvrđivanje problema, izbor alternativnih rješenja, testiranje i vrednovanje alternativa te izbor optimalne varijante. Prostorno prometno planiranje obuhvaća planiranje prometnog sustava, a posebno prometne mreže unutar promatranog područja. Svrha mu je da pridonese povećanju racionalne organizacije prostora i porastu prostorno važnih učinaka društveno-ekonomskog razvitka. Zato je glavna pozornost te vrste planiranja usmjerena na promatranje odnosa između prometa i danog prostora te na utvrđivanje međusobnih veza i utjecaja.

Osnovni zadatak prostornog planiranja je ostvarenje dugoročnih ciljeva društvene zajednice, kako bi se osigurala funkcionalna sredina za život. Slika 1 prikazuje opći postupak karakterističan za prometno-prostorno planiranje koji sadrži nekoliko općih faza koje zajedno čine logičnu cjelinu.



Slika 1. Opći slijed postupka prostorno-prometnog planiranja, [1]

- Definiranje problema i okvira planiranja spadaju faze za utvrđivanje ključnih problema, određivanje ciljeva i ograničenja, određivanje ulaznih i izlaznih podataka te vrijednosnih mjerila i izbor kriterija odlučivanja. Cilj faze je izrada varijantnih prijedloga plana, tako da za primarni zadatak zadovolji potrebe i interese ljudi u skladu s ciljevima društveno-ekonomskog razvitka.

- Stvaranje statističko-dokumentacijske osnove, ovom se fazom planiranja osigurava statistička osnova na kojoj treba počivati kvantitativni postupak prostorno-prometnog planiranja. Obuhvaća četiri glavne skupine podataka o postojećem stanju i odnosima: o prometnim kretanjima, stanovništvu, društveno-ekonomskoj razvijenosti i o prometu sustavu. Tok obrade podataka sastoji se od : brojanja prometa, kodiranje i unos podataka, provjera točnosti i ispravljanje unesenih podataka, pohranjivanje podataka, ekspanziranje uzoraka, provjera točnosti dobivenih rezultata, predočavanje stanja i odnosa.

- Predviđanje društveno-ekonomskog razvoja zadatak faze je planiranje da se predvide razvojne promjene u budućem razdoblju i da se ocijeni kretanje faktora koji će najviše utjecati na buduću prijevoznu potražnju. Ocjena tih faktora najčešće se svodi na predviđanje stanovništva, ekonomskog razvitka, odnosno namjene površina stupnja motorizacije.

- Predviđanje prijevozne potražnje predstavlja fazu kojoj su podređene sve prethodne faze prometnog planiranja. Svrha ove faze je osiguravanje podataka o ukupnoj veličini, sastavu i načinu prijevoza ljudi i dobara na prometnoj mreži za razdoblje za koji se izrađuje plan. Temeljna pretpostavka ove faze je da postoji uzročno-posljedična veza između potražnje i društveno-ekonomskih obilježja promatranog područja.

- Stvaranje i vrednovanje plana spada testiranje kojim se utvrđuje je li predloženi prometni sustav zadovoljava prijevoznoj potražnji u smislu kapaciteta, sigurnosti i razine usluge te se ocjenjuju mogući utjecaj na okoliš i namjenu površina. Vrednovanjem se ocjenjuje do koje je mjere neko rješenje ekonomski i društveno opravdano i ostvarivo. To se postiže usporedbom troškova i koristi varijantnih planova te usvajanjem onog koji postiže najveće koristi.

- Donošenje odluke i utvrđivanje politike ostvarenja plana je posljednji korak u cjelokupnom postupku prostorno-prometnog planiranja. Sadrži širok skup općedruštvenih, ekonomskih, financijskih, zakonodavnih, administrativnih i drugih akcija koje treba poduzeti da bi se osiguralo izvršenje plana. [1]

2.3 Projektno planiranje prometa

Projektno planiranje prometa ima svrhu da daje osnovu za ocjenu vrijednosti predloženog projekta ili skupine projekata kako bi donositelj odluke mogao izabrati onaj projekt koji mu jamči najveće koristi. Stoga se ta vrsta planiranja često susreće pod nazivom procjene i izbora investicijskog projekta ili jednostavno – vrednovanje projekta.

Projektno se planiranje prometa u znatnoj mjeri koristi metodama što se upotrebljavaju i za vrednovanje projekata s područja drugih infrastrukturnih djelatnosti (vodoprivrede, elektroprivrede i dr.). No činjenica je da se neke od tih metoda pretežno upotrebljavaju u vrednovanju prometnih objekata. Tih metoda ima više, nastale su i razvijale se u različitim vremenskim razdobljima i u različitim društveno-ekonomskim sredinama. [1]

2.4 Planiranje prometa u privrednim organizacijama

Prometno planiranje u privrednim organizacijama obuhvaća planiranje prometa u onim privrednim organizacijama kojima je prijevoz putnika i robe te prijenos vijesti glavna djelatnost, kao što je planiranje prometa u željezničko-transportnim poduzećem, organizacijama cestovnog prijevoza, u brodarskim ili aerotransportnim poduzećima. Ta vrsta planiranja može također uključiti planiranje prometa u onim industrijskim, trgovačkim i drugim privrednim organizacijama koji zbog veličine i sastava poslovanja, potrebe tržišta i drugih razloga imaju potrebu za organizacijom vlastite prijevozničke službe. [1]

3 ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

Promet predstavlja vrlo složenu pojavu koja dovodi do mnogih opasnih situacija. Kako bi sigurnost prometa bila na visokoj razini, potrebno je realizirati mnogobrojne mjere, čiji je zadatak otkloniti rizik od nastanka opasnosti. Na sigurnost cestovnog prometa najviše utječu ovi čimbenici, a to su: čovjek, vozilo i cesta (okolina).

Čimbenici sigurnosti: čovjek, cesta, vozilo i promet na cesti, pojavljuju se uvijek u sustavu ako postoji promet vozila i pješaka na prometnicama. Ti čimbenici podliježu određenim pravilnostima, ali ne obuhvaćaju druge elemente koji se pojavljuju neočekivano i nesustavno a utječu na stanje sustava. Tu se uglavnom misli na atmosferske prilike ili druge elemente, npr. kamenje na cesti, ulje i blato na kolniku i sl. Stoga se uočava potreba za uvođenjem još jednog čimbenika u kojemu bi bili sadržani svi elementi. Taj se čimbenik može nazvati incidentni čimbenik kako bi se istaknulo njegovo nesustavno i neočekivano pojavljivanje. Na taj način opasnost od nastanka prometnih nezgoda postaje funkcija pet čimbenika koji čine sustav. To su: čovjek, vozilo, cesta, promet na cesti, incidentni čimbenik.

Na temelju analize statističkih podataka o nezgodama u Hrvatskoj, može se zaključiti da su tri najčešća uzroka prometnih nesreća: vozač (oko 88%), vozilo (3-4%) i cesta (7-9%).
[2]

3.1 Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa

Na ponašanje čovjekova kao čimbenika sigurnosti u prometu utječu:

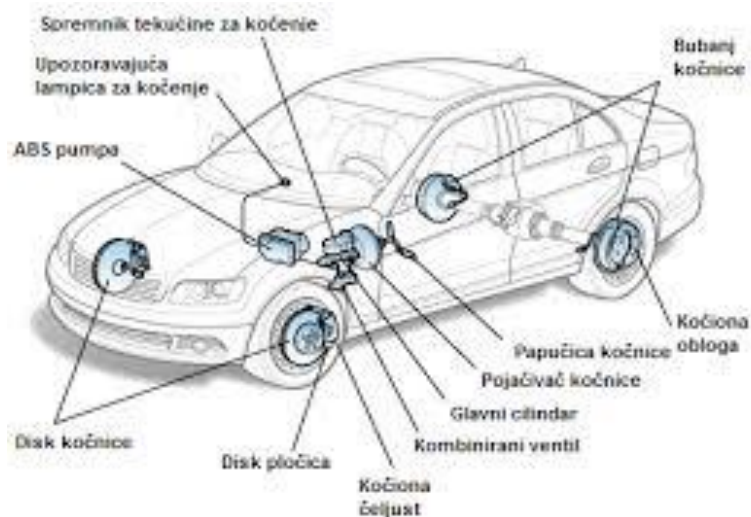
Osobne značajke vozača – tu spadaju sve osobine, svojstva i ponašanja čovjeka. U užem smislu pojma osobe mogu se obuhvatiti ove psihičke osobine: sposobnost, stajališta, temperament, osobne crte, karakter

Psihofizička svojstva – znatan utjecaj na sigurnost prometa. Prilikom upravljanja vozilom dolaze posebno do izražaja sljedeće psihofizičke osobine: funkcije organa osjeta, psihomotorične sposobnosti te mentalne sposobnosti.

Obrazovanje i kultura – vozač koji je stekao određeno obrazovanje poštuje prometne propise i odnosi se ozbiljno prema ostalim sudjelovateljima u prometu. Tu se može ubrojiti: poznavanje zakona i propisa o reguliranju prometa, poznavanje kretanja vozila, poznavanje vlastitih sposobnosti.

3.2 Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa

Elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa mogu se podijeliti na aktivne i pasivne. U aktivne elemente sigurnosti mogu se ubrojiti ona tehnička rješenja vozila čija je zadaća smanjiti mogućnost nastanka prometne nezgode, dok se u pasivne elemente mogu ubrojiti rješenja koja imaju zadaću, u slučaju nastanka prometne nezgode, ublažiti njezine posljedice.



Slika 2. Kočnice i kočioni sustav automobila, [9]

Pod aktivne elemente sigurnosti vozila ubrajamo kočnice, upravljački mehanizam, gume svjetlosni i signalni uređaji, uređaji koji povećavaju vidno polje vozača, konstrukcija sjedala, sumjerivači zraka (spojleri), uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila te vibracije vozila i buka. U pasivne elemente sigurnosti vozila ubrajaju karoserija, vrata, sigurnosni pojasevi, nasloni za glavu, vjetrobranska stakla i zrcala, položaj motora, spremnika, rezervnog kotača i akumulatora, odbojnik i sigurnosni zračni jastuk. [2]

3.3 Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa

Tehnički nedostaci ceste često su uzrok nastanka prometnih nezgoda, a oni mogu nastati pri projektiranju cesta i pri njihovoj izvedbi. Utjecaj konstruktivnih elemenata na

sigurnost prometa dolazi do izražaja pri oblikovanju te pri utvrđivanju dimenzija i konstruktivnih obilježja ceste. Cestu kao čimbenik sigurnosti prometa obilježuju:

- Trasa ceste
 - Tehnički elementi ceste
 - Stanje kolnika
 - Oprema ceste
 - Rasvjeta ceste
 - Križanja
 - Utjecaj bočne zapreke
 - Održavanje ceste
- Trasom ceste određuje se smjer i visinski položaj ceste, te se sastoji od pravaca, zavoja i prijelaznih krivulja, ti elementi trebaju biti izabrani tako da omogućuju maksimalnu sigurnost kretanja vozila pri određenoj računskoj brzini. Duljine pravaca i zavoja treba međusobno uskladiti. Preporučene duljine pravaca između protusmjernih zavoja su:

$$2V_p \leq L_{pr} \leq 20V_p$$

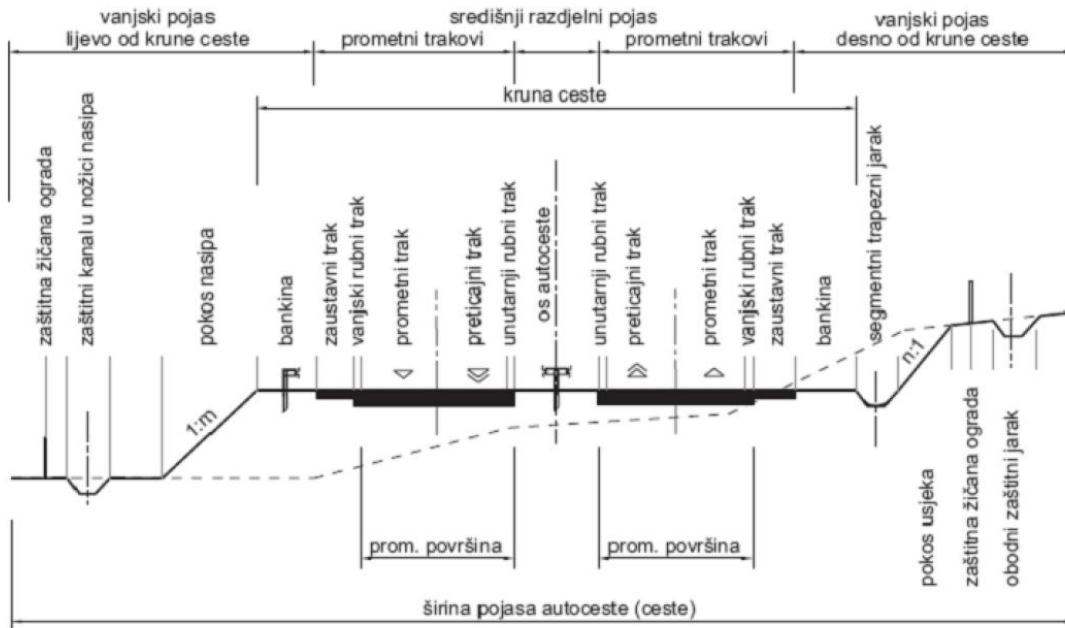
između istosmjernih zavoja:

$$4V_p \leq V_{pr} \leq 20V_p$$

gdje je: L_{pr} (m) – duljina pravca

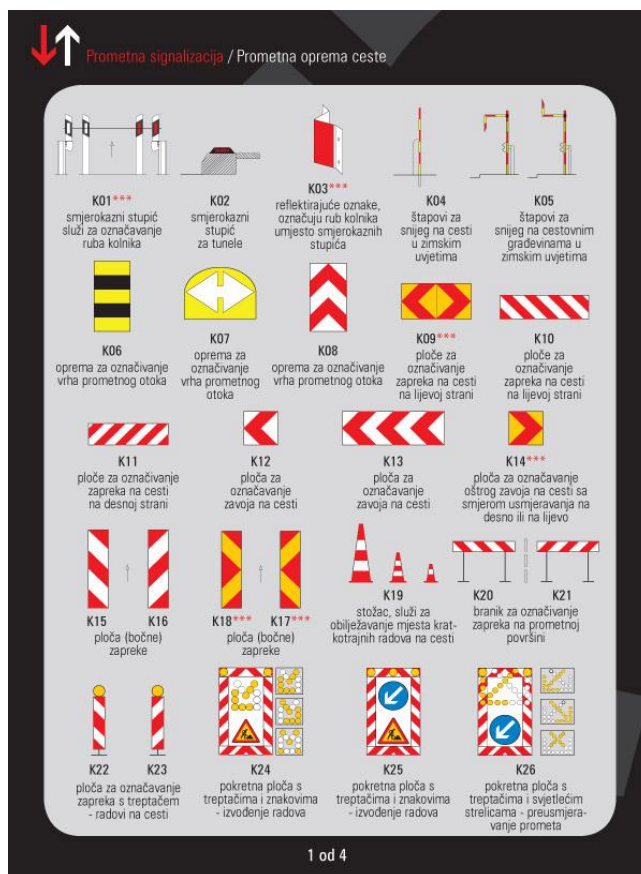
V_p (km/h) – projektna brzina

- Tehnički elementi ceste su važni čimbenici sigurnosti prometa. Obuhvaćaju veličine elemenata poprečnog presjeka, tu se ubrajaju širine prometnih, rubni i zaustavnih trakova, te trakova za spora vozila, bankine, berme rigola, razdjelnog pojasa, biciklističke i pješačke staze. Širina kolnika znatno utječe na broj prometnih nezgoda, mnogobrojna ispitivanja su pokazala da se povećanjem širine kolnika smanjuje broj prometnih nezgoda.



Slika 3. Shematski prikaz elemenata poprečnog presjeka u pojasu autoceste, [2]

- Stanje kolnika uvelike utječe na sigurnost prometa, za sigurnu vožnju potrebno je dobro prijanjanje između kotača i zastora. Na smanjenje koeficijenta trenja, odnosno prijanjanje utječu: mokr zastor, neravnine na zastoru, nagib ceste, snijeg, led, temperatura i dr. Smanjenje koeficijenta trenja između kotača i kolnika dovodi do prometne nesreće, te je potrebno redovno održavanje kolnika.
- Oprema ceste povećava sigurnost vozača, pogotovo pri uvjetima smanjenje vidljivosti (magla, snijeg, noć i sl.), te pri velikim brzinama i velikoj gustoći prometa. Opremu ceste tako čine: oprema za označavanje ruba kolnika, oprema za označavanje vrha prometnog toka, oprema, znakovi i oznake za označavanje zavoja, radova, zapreka i oštećenja kolnika, oprema za vođenje i usmjeravanje prometa u zoni radova na cesti, zapreka, privremenih opasnosti i oštećenja kolnika, branici i polubranici, prometna zrcala, zaštitne odbojne ograde, oprema protiv zasljepljivanja, zaštitne žičane ograde, pješačke i biciklističke ograde, ublaživači udara, oprema za ručno upravljanje prometom, pokazivač smjera vjetra te mjerni, upravljački i nadzorni uređaji.



Slika 4. Prometna oprema ceste, [8]

- Dobra rasvjeta nužan je preduvjet za siguran promet kako bi se promet noću odvijao na siguran način. Dobrom rasvjetom ceste smanjuje se broj prometnih nezgoda, ceste izvan naselja treba rasvijetliti samo na kritičnim mjestima, poput prijelaza za pješake, križanja i sl. Dobrom rasvjetom se povećava udobnost vožnje te se smanjuje umor vozača.

- Križanja predstavljaju najopasniji element ceste zbog velikog broja prometnih nezgoda, u gradu broj prometnih nezgoda na križanjima iznosi 40-50 posto ukupnog broja nezgoda. Provedena istraživanja pokazala su da se pri preglednosti na križanju smanjenoj tri puta sigurnost prometa smanjuje deset puta. Zbog toga je potrebno rješavati križanja u dvije ili više razina. Ako to nije moguće, treba osigurati dobru preglednost i posebnu pažnju posvetiti regulaciji prometa. Posebna opasnost na križanjima su vozila koja skreću ulijevo, te ih pri reguliranju treba posebno odvojiti. Križanja sa željezničkom prugom treba riješiti s pomoću nadvožnjaka i podvožnjaka, a ako to nije moguće, onda automatskim branicima. Na nezaštićenim prijelazima treba osigurati dovoljnu preglednost te postaviti odgovarajuće prometne znakove.

- Postavljanje bočnih zapreka uz rub kolnika, odnosno na području bankine treba izbjegavati jer negativno utječe na sigurnost odvijanja prometa. Udaljenost zaštitne ograde od ruba kolnika ovisi o širini prometnog traka. Drvorede pokraj ceste treba izbjegavati jer tijekom sunčanih dana stvaraju izmjenu svjetla i sjena što otežava vožnju i onečišćuju cestu lišćem što rezultira smanjenjem prljanjanja.

- Održavanje ceste važno je obavljati tijekom cijele godine. Održavanje obuhvaća popravke kolničkog zastora, zemljanog trupa ceste, potpornih i obložnih zidova, mostova i propusta, čišćenje kolnika, čišćenje odronjenog kamenja, zaštitu kosina nasipa, usjeka i zasjeka, čišćenje odvodnih kanala, posipanje kolnika na većim nagibima, mostovima, oštrim zavojima, popravak tlocrtne i uspravne signalizacije te ostale opreme ceste. [2]

3.4 Čimbenik „promet na cesti“

Čimbenik „promet na cesti“ obuhvaća podčimbenike organizacije, upravljanja i kontrole prometa. Organizacija se temelji na prometnim propisima i tehničkim sredstvima za organizaciju. Upravljanje prometom počiva na prometnim znakovima i posebno se ističe zimi kada je potrebno posvetiti posebnu brigu o načinu reguliranja prometa tj. postaviti dopunske prometne znakove na kritičnim dijelovima ceste. Pod kontrolu prometa spada način kontrole i ispitivanje i statistika prometnih nezgoda. [2]

3.5 Incidentni čimbenik

Svi, do sada nabrojani čimbenici su se mogli predvidjeti na temelju određenih pravilnosti i zakonitosti. U incidentne čimbenike ubrajamo one čimbenike koje je teško predvidjeti, odnosno čija je pojava neočekivana.

Najvažniji element tih čimbenika su atmosferske prilike u koje se ubrajaju kiša, poledica, snijeg, magla, vjetar i promjena atmosferskog tlaka. Uz to je moguća pojava i nekih drugih elemenata, kao na primjer trag ulja na kolniku, nečistoća, odnosno blata, lišće, izlijetanje divljači i sl. [2]

4 ELEMENTI PROJEKTIRANJA PROMETNIH POVRŠINA

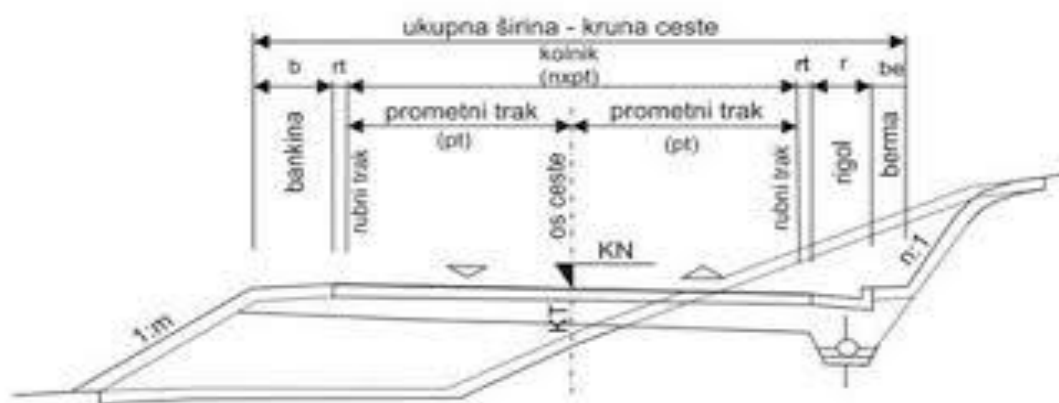
Konstruktivski zahtjevi prometnih površina moraju zadovoljiti različita stajališta efektivnosti, efikasnosti i sigurnosti prometa, prema tome možemo ih podijeliti na tri skupine:

- Elementi projektiranja cesta i autocesta
- Elementi projektiranja gradske ulične mreže
- Elementi projektiranja prometnih čvorišta.

4.1 Elementi projektiranja cesta i autocesta

U osnovne elemente poprečnog presjeka ceste spadaju: prometni trak kao dio kolnika, rubni trak, bankina odnosno berma, rigol ili jarak za odvodnju. Kolnik je dio gornjeg ustroja ceste namijenjen isključivo za kretanje vozila, najčešće se izvode s dva prometna traka, a ako je moguće zbog veće sigurnosti preporučuju se kolnici s četiri prometna traka, s odvojenim smjerovima.

Osim tih elemenata, poprečni presjek ceste može sadržavati i trak za stajanje, trak za spora vozila, razdjelni pojas, trak za bicikliste i hodnik za pješake. U području raskrižja često se primjenjuju trakovi za usmjeravanje, usporavanje i ubrzanje.



Slika 5. Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste u zasjeku, [3]

- Broj prometnih trakova određuje se prema značenju ceste, gustoći prometa i zahtijevanoj propusnoj moći ceste. Širina prometnog traka ovisi o širini mjerodavnog vozila i bočnom sigurnosnom razmaku između vozila. Što je veća brzina prometnog toka, potrebna je veća širina prometnog traka. Prema hrvatskim tehničkim propisima, širina prometnog traka određuje se na temelju projektne brzine, razreda ceste i konfiguracije terena.

Tablica 1. Ovisnost širine prometnog traka o projektnoj brzini, [3]

V_p (km/h) ceste	≥ 120	100	90	80	70	60	50	40
\check{S}_{vt} (m)	3,75	3,50	3,50	3,25	3,00	3,00	3,00 (2,75)	2,75 (2,50)

- Rubni trak predstavlja učvršćeni dio ceste koji se nalazi između bankine i kolnika, širina rubnog traka ovisi o širini prometnog traka. Koristi se za obilježavanje ruba kolnika te pomaže optičkom vođenju trase ceste. Može biti izveden kao zaseban element ili kao proširenje kolničke konstrukcije uz označivanje rubnom crtom. Rubna crta između prometnog i zaustavnog traka iznosi 0,20 metara.

Tablica 2. Odnos širine rubnog i prometnog traka, [3]

Prometni trak (m)	Rubni trak (m)
3,75	0,50
3,50	0,35
3,25-3,00	0,30
2,75	0,20

- Bankina (berma) se nalazi uz rubni trak te ovisi širini prometnog traka. Služi za postavljanje prometnih znakova, zaštitnih ograda, zaustavljanja vozila u nuždi te samo iznimno za kretanje pješaka.

Tablica 3. Odnos širine bankine i prometnog traka, [3]

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

- Rigol služi za preuzimanje vode s kolnika i njezinu odvodnju, izvodi se u područjima gdje je cesta u usjeku ili zasjeku tako da nagib berme bude usmjeren u iznosu 5-6% prema rigolu. [3]

- Zaustavni trak služi za zaustavljanje vozila u nuždi, potrebno ga je predvidjeti na autocestama širine 2,5 m, te ako je moguće i na brzim cestama u širini 1,75-2,5 m. U tunelima i galerijama kao i na ostalim dijelovima ceste na kojima se ne predviđa zaustavni trak mogu se na pogodnim mjestima predvidjeti ugibališta za privremeno zaustavljanje vozila. [5]

- Trakovi za spora vozila izvode se na većim i dugačkim usponima autocesta, te na cestama 1.i 2. razreda. Teretna vozila zbog velike težine gube na brzini te ometaju normalno odvijanje prometa i automatski smanjuju sigurnost i propusnu moć ceste. Širina traka za sporu vožnju iznosi od 3,0 do 3,25 metara, a poprečni nagib je isti kao i na prometnim trakovima.

- Razdjelni pojas se izvodi na autocestama, i po mogućnosti na cestama s dva kolnika, radi povećanja sigurnosti prometnog toka. Služi još za odvodnju vode, te za postavljanje razdjelne ograde, stupova rasvjete, signalizacije i sl. Širina razdjelnog pojasa na autocesti iznosi 4,0 m ili u iznimnim slučajevima 3,0 m, na brzim cestama razdjelni pojas može biti 2,0 m.

- Biciklističke staze treba predvidjeti na cestama gdje se odvaja mješoviti promet. Zbog veće sigurnosti bolje je odvojiti od kolnika povišenjem te razdjelnim trakom. Visina slobodnog profila biciklističke staze iznosi 2,5 metara, širina za jedan smjer iznosi 1,0 m, a za dva smjera 1,90 m.

- Pješačke staze potrebno je graditi u naseljima te na prilazima u cestama izvan naselja, te se izvode se s najmanje dva pješačka traka širine svaki po 0,80 m. [3]

4.2 Elementi projektiranja gradske ulične mreže

Prema funkcionalnom obilježju gradska ulična mreža se može podijeliti na brze ceste, gradske ceste, magistralne ulice, zbirne ulice, ulice u stambenim naseljima te ostale prometne površine.

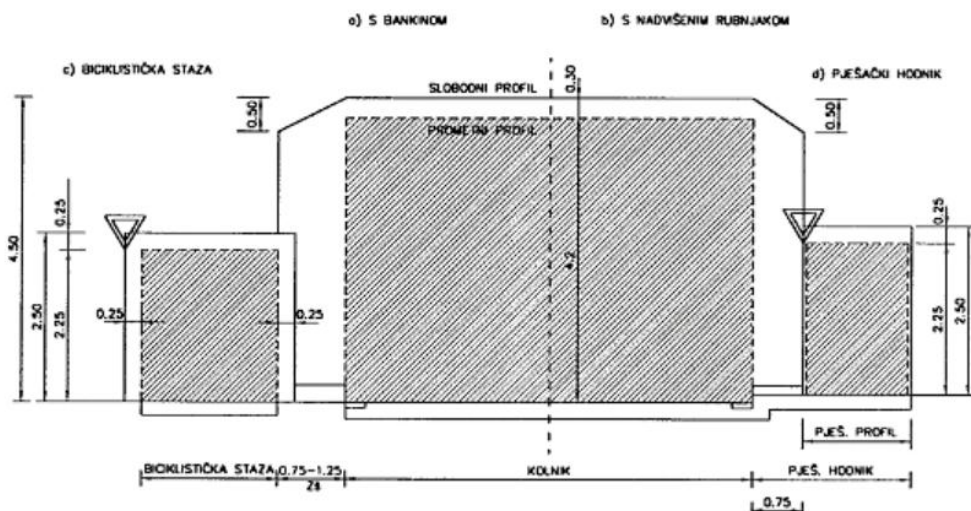
Pri projektiranju gradske ulične mreže kao glavni elementi se izdvajaju kolnici, pločnici, biciklističke staze, razdjelni trakovi, tramvajske pruge. Kolnici imaju dva ili više prometnih trakova što ovisi o računskoj brzini i intenzitetu prometa. Širina prometnih trakova ovisi o tipu prometnice i iznosi :

Tablica 4. Širina prometnih trakova ovisno o tipu prometnice

U stambenim područjima	3,65 m
U lokalnim poslovnim područjima	3,65 m
U industrijskim područjima	3,65 m
Na zbirnim cestama	3,65 m
Na gradskim cestama	3,45-3,50 m
Na brzim cestama	3,45-3,50 m

Izvor: [2]

Visina slobodnog profila iznosi 4,5 m od gornje površine kolnika, zaštitna širina se dodaje na širinu s obje strane u iznosu od 0,65 m, ako je ulica predviđena za tramvaj ili trolejbus visina slobodnog profila iznosi 5,5 m. Pločnik se izvodi povišen od kolnika, te mu visina iznosi 2,5 metara, a širina varira od 2,0 m uz stambene ulice do 5,0 m u poslovnim i trgovačkim dijelovima. Ako je predviđena zaštitna ograda visina slobodnog profila smanjuje se za 0,5 m. [3]



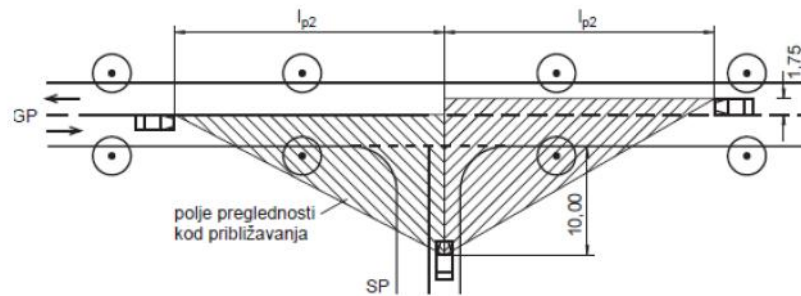
Slika 5. Kombinirani prometni i slobodni profil, [3]

4.3 Elementi projektiranja prometnih čvorišta

Prometna čvorišta su mjesta gdje se spajaju dvije ili više prometnica, pravilnim projektiranjem i oblikovanjem čvorišta potrebno je omogućiti maksimalnu sigurnost vožnje što je jedan od najvažnijih kriterija pri projektiranju prometnih čvorišta. Osnovna načela pri oblikovanju prometnih čvorišta, zbog sigurnosti jesu vidljivost, preglednost, prilagodljivost i protočnost. Pod elemente projektiranja prometnih čvorišta spadaju :

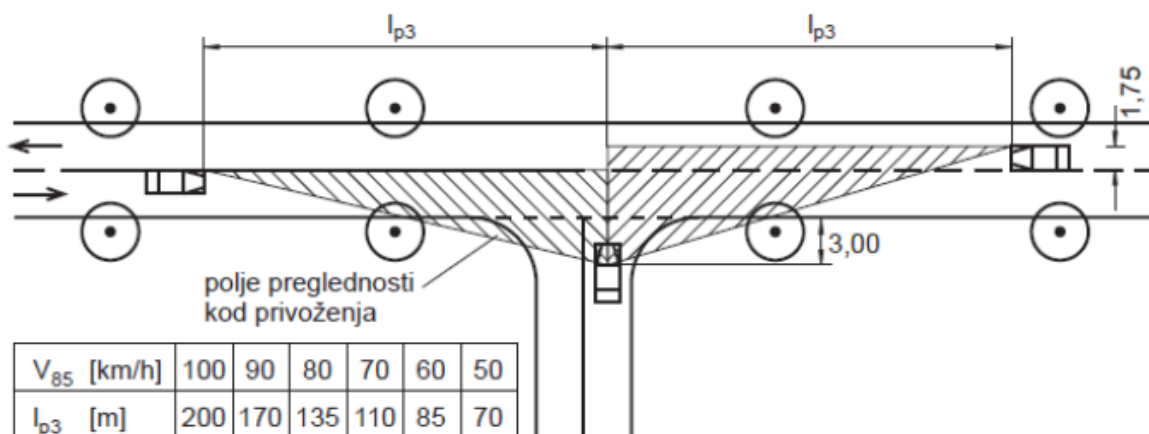
- Preglednost čvorišta
 - Vozni trakovi
 - Trakovi za usporavanje
 - Trakovi za ubrzavanje
 - Trakovi za lijevo i desno skretanje
 - Prometni otoci i pješačke ograde
 - Nagibi i polumjeri zavoja.
- Preglednost čvorišta ovisi o duljini preglednosti, pri projektiranju prometnog čvorišta potrebno je osigurati što veću duljinu preglednosti kako bi vozač koji se priključuje, sa sporedne ceste, mogao uočiti i na vrijeme izbjeći smetnje koje nastaju od prometa s glavne

ceste pri križanju. Slika 6 prikazuje polje preglednosti kod približavanja raskrižju i glavnoj cesti podrazumijeva doglednost, za slučaj pri uključivanju na glavnu cestu bez zaustavljanja, koja mora biti osigurana na određenoj udaljenosti od ruba glavne ceste. U raskrižjima izvan rubnih zona mora biti zadržano vidno polje i doglednost I_{p2} za udaljenost 10 metara od ruba kolnika glavne ceste. [2]



Slika 6. Polje preglednosti kod približavanja, [4]

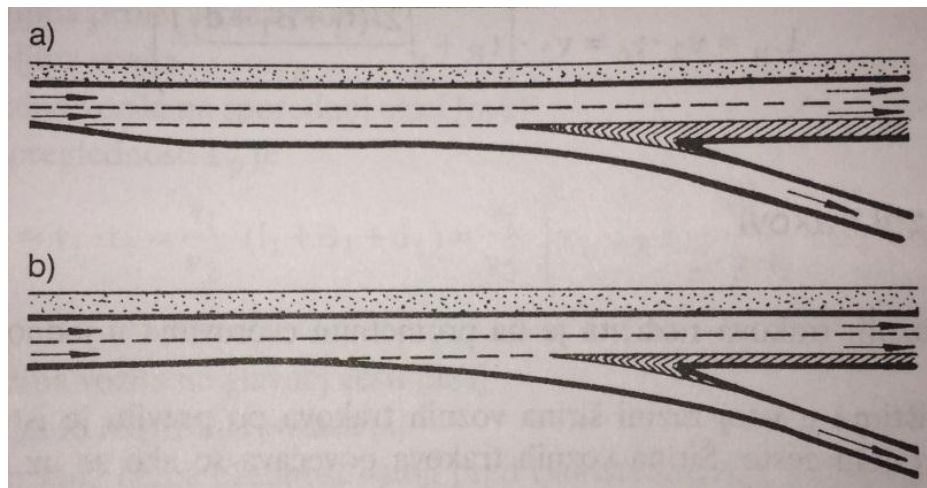
- Na slici 7 prikazana je preglednost koju je potrebno osigurati vozaču kada čeka na razmaku 3 metra od ruba kolnika glavne ceste kako bi, unatoč prednosti i uz očekivano ometanje s glavne ceste, mogao uvesti svoje vozilo. Navedeni uvjet bit će omogućen ako su osigurana polja preglednosti, čiji su dosezi vidljivosti I_{p3} u glavnoj cesti. Za slučaj odmaknute biciklističke staze potrebno je da razmak vozila bude povećan na 4,0 – 5,0 metara. [4]



Slika 7. Privozna preglednost, [4]

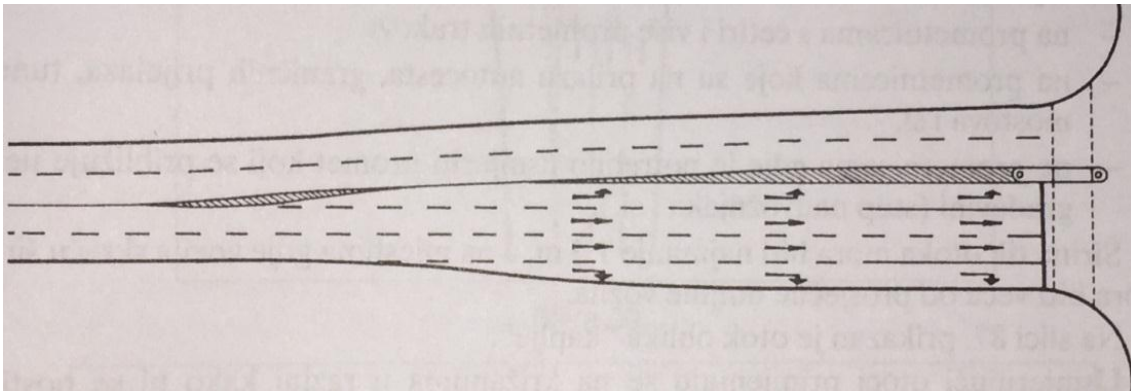
- Širina voznih trakova kod čvorišta u istoj razini povećava se ako se uz trak nalazi razdjelni pojas, otok ili prometni trak u horizontalnom zavoju. Kod prometnih čvorišta s dvije ili više razina širina kolnika iznosi 5,0 m za jednotračne kolnike, ako kolnici imaju trakove za stajanje onda širina može biti 4,0 m, širina kod dvotračnih kolnika na spojnim rampama iznosi 3,5 m.

- Trakovi za usporavanje, ubrzavanje te lijeva i desna skretanja izvode se isključivo radi povećanja sigurnosti prometa i povećanju propusne moći čvorišta. Trakove za usporavanje treba izvesti na prometnicama čija je računaska brzina veća od 80 km/h, ili na opterećenim prometnicama, širina traka za usporavanje ovisi o računskoj brzini i u rasponu je od 2,75 do 3,50 metara. Slika 8 prikazuje dva primjera izvođenja trakova za usporavanje, pod a) trak za usporavanje usporedan s glavnim prometnim trakom, b) kao zavoj za usporavanje. Trakovi za usporavanje sastoje se od dva dijela, prvi dio za skretanje vozila s glavnog traka na usporedni, zatim drugi dio za promjenu brzine. Trakovi za ubrzavanje se izvode na brzim i vrlo opterećenim cestama, služi za uključivanje prometa iz sporednog smjera te postizanje dovoljne brzina radi ulijevanja u glavni prometni tok. Zbog lakšeg, bržeg i sigurnijeg odvijanja prometa izvode se trakovi za lijevo odnosno desno skretanje.



Slika 8. Trakovi za usporavanje, [2]

Slika 9 prikazuje trakove za skretanje ulijevo i skretanje udesno na prometnici s četiri vozna traka. Ako se zbog određenih uvjeta na pojedinim čvorištima ne mogu izvesti oba skretanja prednost se daje skretanju u lijevo, jer tu dolazi do direktnog križanja prometnih tokova. Širina traka treba iznositi 3,5 m, ovisno o računskoj brzini može se smanjiti do 3,0 m, duljina također ovisi o računskoj brzini te se kreće od 80 do 120 m.



Slika 9. Trakovi za lijevo i desno skretanje, [2]

- Prometni otoci i pješačke ograde se koriste za smirivanje prometa, usmjeravanje prometnih tokova, zaštitu pješaka pri prelasku kolnika, postavljanje prometnih znakova i sl. Razdjelni otoci koriste se za razdvajanje prometnih tokova, širina otoka mora biti najmanja 1,5 m, a na mjestima gdje vozila skreću širina mora biti veća od prosječne duljine vozila. Primjenom prometnih otoka smanjuje se broj mogućih točaka sudara. Pješački otoci se izvode kod velikih i nepravilno izvedenih križanja, radi pružanja sigurnosti pješacima prilikom prelaska prometnice.

- Dimenzije uzdužnih i poprečnih nagiba na čvorištima u pravilu su jednaki kao i na otvorenom dijelu ceste, kod projektiranja čvorišta poželjno je primijeniti što manje uzdužne nagibe kako bi se omogućila bolja vidljivost, te lakše zaustavljanje odnosno pokretanje vozila. [2]

5 OSNOVNA PODJELA RASKRIŽJA

Raskrižja se mogu podijeliti prema više mjerila, osnovna mjerila su prometno-planerska, prometno-tehnička i prometno građevinska, glavni čimbenici koji utječu na odabir raskrižja su zahtijevana propusna moć i sigurnost prometa. Raskrižja u mreži javnih cesta se mogu podijeliti na raskrižja u jednoj razini, raskrižja s kružnim tokom, raskrižja u više razina te kombinirana raskrižja.

5.1 Raskrižja u razini

Raskrižja u razini predstavljaju čvorna mjesta u cestovnoj mreži, te su oblikovana i uređena tako da omogućavaju funkcioniranje prometa. Najbrojnija su raskrižja u razini u mreži javnih cesta, građevinska rješenja i prometni tokovi se nalaze u istoj razini, čine ih klasična rješenja priključaka i križanja u užem smislu, a u novije vrijeme im se pridružuju i raskrižja s kružnim tokom u jednoj razini. Raskrižja u razini mogu zadovoljiti prometno opterećenje od 800 voz./h u oba smjera, zbog te se karakteristike najčešće primjenjuje na lokalnim, županijskim te i državnim cestama. U raskrižju se mora osigurati kvalitetno odvijanje više vrsta prometa (motorni, biciklistički i pješачki promet),

Pri koncipiranju raskrižja neophodno je utvrditi najbitnija polazišta i parametre. Prije svega to se odnosi na određivanje uloge ili značenja privoznih cesta u mreži te na dopuštenu brzinu u raskrižju, određivanje glavne ceste, na voznodinamičke i geometrijske okvire, propusnu moć, sigurnost prometa i razmak raskrižja. U sklopu određivanja rasporeda i razmaka raskrižja u cestovnoj mreži mora se voditi računa da učestalo čvoriranje smanjuje prometno – sigurnosnu vrijednost, a preveliki razmaci dovode do neravnomjernog i nepotrebnog opterećenja cestovne mreže. [4]

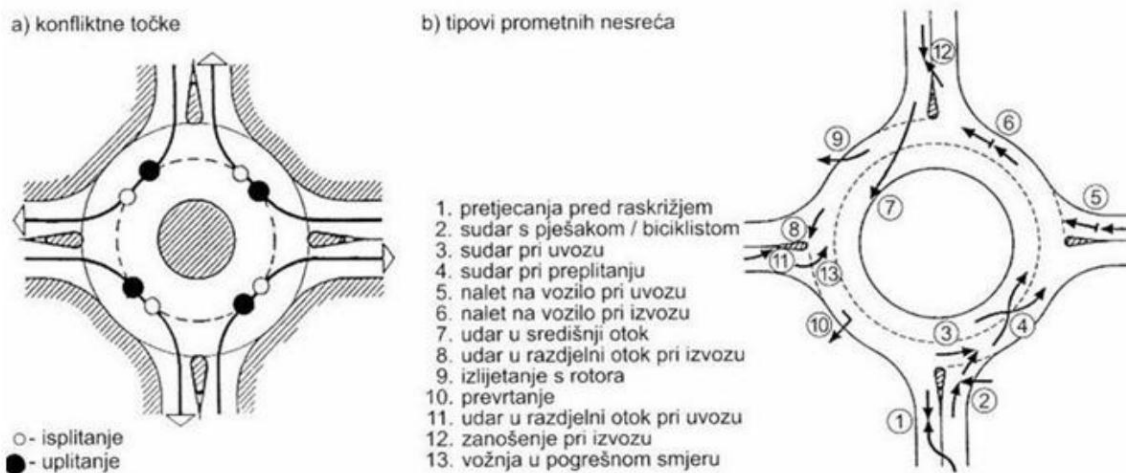
5.2 Raskrižja s kružnim tokom

Kružno raskrižje je prometna građevina gdje je kretanje vozila određeno središnjim kružnim otokom i kružnim kolnikom te privozima s razdjelnim otocima i s prometnim znakovima. Definiiraju se kao nesemaforizirana raskrižja u jednoj razina gdje se promet u

pravila odvija:

- na jednotračnom odnosno dvotračnom kružnom kolniku
- s jednim od dva prometna traka na privozima postavljenim što okomitije na u laz u kružno raskrižje
- s reguliranom prednošću kružnog prometnog toka u smjeru suprotno od kazaljke na satu

Na slici 10 prikazano je dvotračno raskrižje s kružnim tokom, konfliktne točke, 4 točke uplitanja i 4 točke isplitanja sveukupno 8 za razliku od klasičnog površinskog raskrižja s 32 konfliktne točke što uvelike utječe na sigurnost odvijanja prometa, te su prikazani i tipične nesreće u kružnom raskrižju.



Slika 10. Konfliktne točke i tipične nesreće u dvotračnom raskrižju s kružnim tokom, [4]

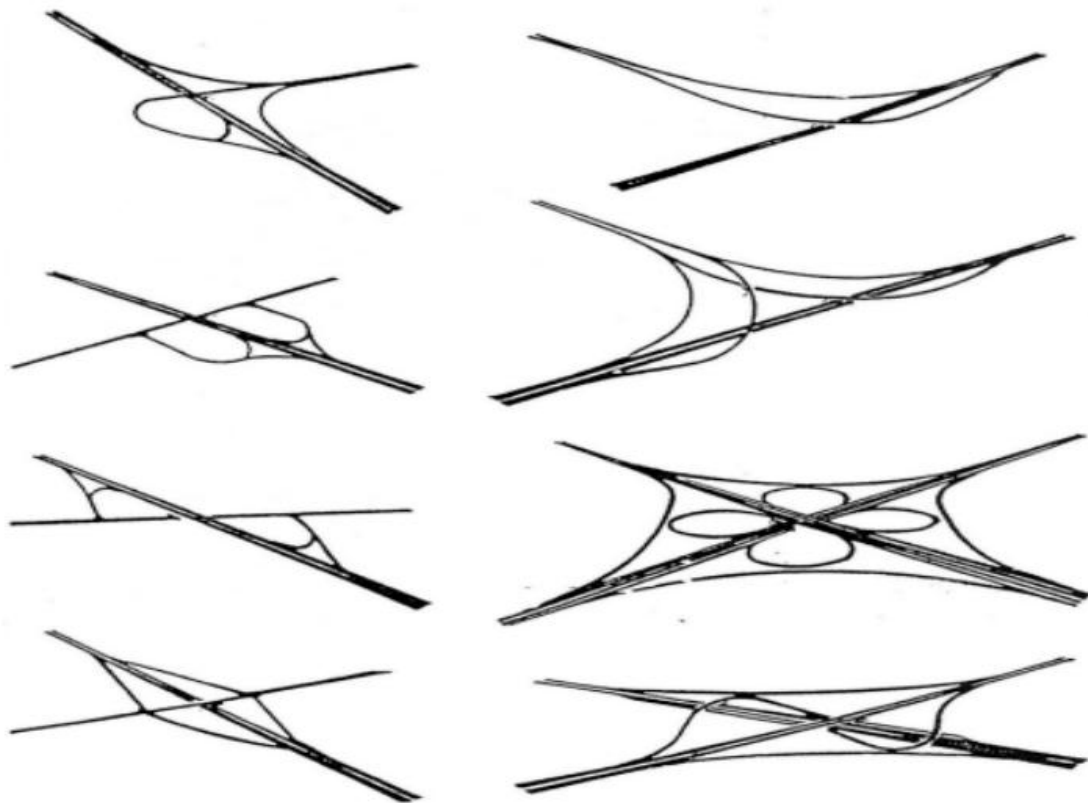
Prema veličini vanjskog promjera i mjesta primjene razlikujemo četiri vrste klasičnih kružnih raskrižja:

- mini kružna raskrižja, $D_v \leq 26$ m;
- mala kružna raskrižja, $22 \text{ m} \leq D_v \leq 35$ m;
- srednja kružna raskrižja, $35 \text{ m} \leq D_v \leq 45$ m;
- velika kružna raskrižja, $D_v \geq 45$ m. [4]

5.3 Raskrižja izvan razine

Raskrižja izvan razine su prometne građevine koje omogućuju povezivanje konfliktnih prometnih tokova uz najviši stupanj sigurnosti i protočnosti. Takva raskrižja zauzimaju velike

površine zemljišta, cijena njihove izvedbe je visoka, a predviđaju se u okolnostima kada se primjenom manjih raskrižja ne može razriješiti nastalo prometno opterećenje. U načelu se potreba za ovakvim raskrižjima visokog učinka javlja na onim čvornim mjestima cestovne mreže gdje ukupna prometna opterećenja s glavnog i sporednog pravca prelaze 12 000 voz./dan. U raskrižjima izvan razine su za oblikovanje i sigurnost prometa mjerodavni voznodinamički zahtjevi, takvi zahtjevi podrazumijevaju visoke sigurnosne standarde pri odabiru bitnih parametara poput projektne brzine, glavnog prometnog pravca te samog položaja raskrižja i razmaka među susjednim raskrižjima u mreži. [4]



Slika 11. Temeljna rješenja prometnih raskrižja u više razina, [2]

6 ANALIZA STANJA SIGURNOSTI PROMETA PREMA ZNAČAJKAMA CESTE U REPUBLICI HRVATSKOJ OD 2013.-2017.

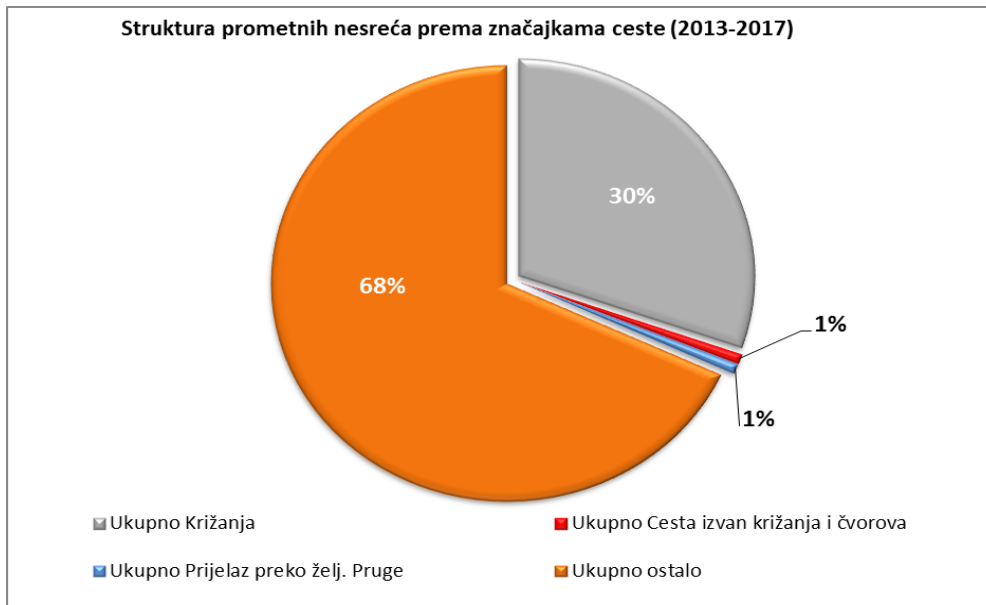
Analiza stanja sigurnosti prometa prema značajkama ceste u Republici Hrvatskoj od 2013.-2017. nalazi se u tablici 5. Na tablici je prikazan broj prometnih nesreća s obzirom na značajke ceste, da li se nesreća desila na križanju, na otvorenoj cesti, u zavoju i sl. Također nalaze se podaci o broju poginulih i ozljeđenih na pojedinim dijelovima ceste. Iz tablice je vidljivo da ukupan broj prometnih nesreća varira od 31 000- 35 000 ovisno o godini, te da broj nesreća na raskrižjima iznosi oko 10 000, što znači da se oko 30% nesreća dešava na raskrižjima. Može se izčitati da se najveći broj nesreća desio na T – raskrižjima i na četverokrakim raskrižjima, za razliku od kružnih tokova i raskrižja u više razina gdje su same posljedice prometnih nesreća puno blaže.

Tablica 5. Analiza stanja sigurnosti prometa prema značajkama ceste u Republici Hrvatskoj (2013.-2017.)

Značajke ceste	Prometne nesreće					Poginuli					Ozljeđeni					
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	
Križanje	T- križanje	4.581	4.330	4.324	4.332	4.628	21	24	17	20	27	2.255	2.066	2.110	2.118	2.148
	Y- križanje	730	670	726	671	721	1	8	1	2	4	341	282	317	324	340
	četverokrako križanje	3.992	3.615	3.791	3.735	3.769	24	15	22	22	21	2.287	2.101	2.395	2.273	2.088
	kružni tok	447	478	533	466	573	-	3	1	1	1	151	201	171	169	175
	ostala križanja	535	514	449	502	536	4	1	3	1	1	173	152	136	115	119
	čvor u više razina	25	30	18	17	25	4	-	-	-	-	11	24	1	6	9
	Ukupno Križanja	10.310	9.637	9.841	9.723	10.252	54	51	44	46	54	5.218	4.826	5.130	5.005	4.879
Cesta izvan križanja i čvorova	most	98	66	72	67	60	1	2	5	-	-	42	38	36	32	16
	podvožnjak	29	29	35	23	26	-	1	-	-	-	16	10	11	5	13
	nadvožnjak	36	46	50	29	52	6	1	2	-	2	36	17	23	9	27
	tunel	91	78	88	91	99	-	-	-	1	-	42	28	26	37	44
	Ukupno Cesta izvan križanja	254	219	245	210	237	7	4	7	1	2	136	93	96	83	100
Prijelaz preko željeznice	fizički zaštićen	188	156	160	163	177	5	-	-	-	2	20	12	21	18	20
	svjetlosna signalizacija	66	39	58	59	55	3	-	-	-	3	28	5	5	3	11
	nezaštićen	41	35	23	41	32	3	4	3	1	1	31	33	21	17	16
	Ukupno Prijelaz preko željeznice	295	230	241	263	264	11	4	3	1	6	79	50	47	38	47
Zavoj	6.068	5.592	5.823	5.849	5.732	126	109	124	115	113	3.538	3.198	3.438	3.348	3.126	
Ravni cestovni smijer	13.343	12.319	12.685	12.883	13.880	163	129	159	138	155	5.781	5.526	5.777	5.650	6.011	
Parkiralište	2.997	2.731	2.924	3.066	3.220	-	1	1	1	-	133	152	161	112	123	
Pješački prelaz	181	164	190	191	197	4	7	6	4	-	163	142	169	165	168	
Nogostup	116	90	131	121	101	1	-	-	-	-	71	59	79	77	60	
Biciklistička staza	39	39	29	35	25	1	-	-	1	-	36	32	28	32	25	
Ostalo	362	334	413	380	416	-	2	3	-	1	57	38	75	70	61	
Pješačka zona	17	26	34	24	20	-	-	1	-	-	4	7	19	15	4	
Zona smirenog prometa	12	7	15	12	24	-	-	-	-	-	5	1	5	1	4	
Ukupno ostalo	23.135	21.302	22.244	22.561	23.615	295	248	294	259	269	9.788	9.155	9.751	9.470	9.582	
Ukupno	33.994	31.388	32.571	32.757	34.368	367	307	348	307	331	15.221	14.124	15.024	14.596	14.608	

Izvor: [6]

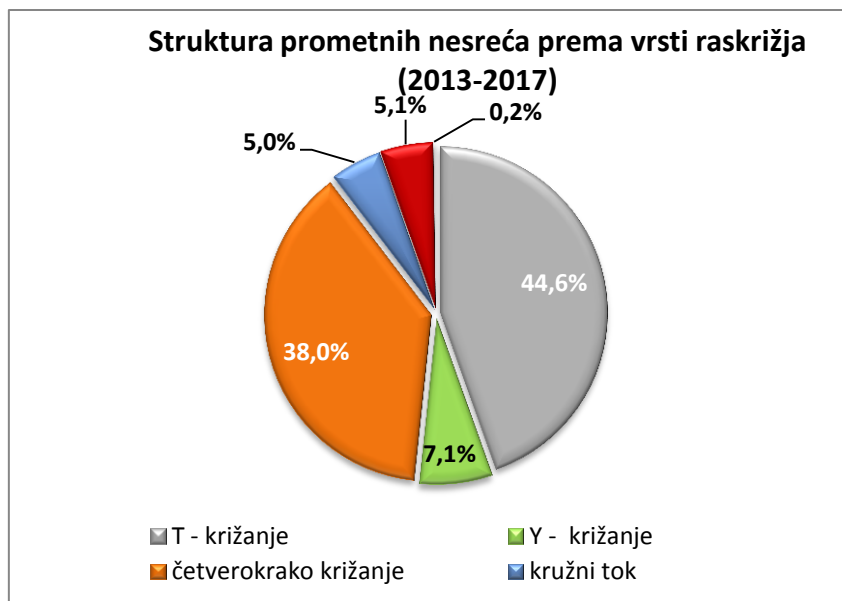
Na slici 12 je prikazan prosjek prometnih nesreća od 2013. do 2017. prema značajkama ceste, odnosno postotak nesreća prema određenim dijelovima ceste. Iz tablice je vidljivo da se 30% svih prometnih nesreća zbiva na križanjima i čvorovima ceste, taj broj se može smanjiti pravilnim projektiranjem i primjenom projektnih elemenata koji povećavaju sigurnost odvijanja prometa.



Slika 12. Struktura prometnih nesreća prema značajkama ceste (2013.-2017.)

Izvor: [6]

Postotak prometnih nesreća u razdoblju od 2013. do 2017. raspoređenih prema vrsti križanja, od ukupnog broja nesreća na križanju i čvorištima ceste je prikazan na slici 13. Najmanje prometnih nesreća dogodilo se na kružnim tokovima 5%, te na čvorištima u više razina 0,2% što nam govori da je na tako izvedenim raskrižjima najveća sigurnost, tako da pri projektiranju novih ili rekonstrukciji postojećih projekata treba težiti izvođenju kružnih tokova te čvorišta u više razina.



Slika 13. Struktura prometnih nesreća prema vrsti raskrižja (2013.-2017.)
Izvor: [6]

Tablica 6. Prometne nesreće prema vrsti vozila u Republici Hrvatskoj (2017.)

Vrste vozila	Nastradale osobe prema vrsti vozila					
	poginule	%	teško ozlijeđene	%	lakše ozlijeđene	%
Moped	8	2,9	193	8,2	546	5,1
Motocikl	42	15,3	466	19,9	756	7,0
Četverocikl	1	0,4	12	0,5	35	0,3
Osobno vozilo	187	68,0	1.264	53,9	7.966	74,2
Autobus	1	0,4	18	0,8	175	1,6
Teretno vozilo	9	3,3	57	2,4	389	3,6
Traktor	3	1,1	21	0,9	48	0,4
Bicikl	23	8,4	299	12,8	769	7,2
Tramvaj			8	0,3	35	0,3
Zaprežno vozilo					1	0,0
Vlak- željezn.vozilo						
Ostala vozila	1	0,4	5	0,2	15	0,1
UKUPNO	275	100,0	2.343	100,0	10.735	100,0

Izvor [6]

U tablici šest su navedeni podaci o broju stradalih osoba prema vrsti vozila u Republici Hrvatskoj. Prema podacima razvidno je da najviše prometnih nesreće izazivaju i u njima sudjeluju vozači osobnih automobila. Jednako tako posebno se ističe problem broja motocikla i mopeda koji prema broju i posljedicama prometnih nesreće pripadaju u skupinu najkritičnijih sudionika u prometu. Jedan od razloga za to je i nedostatak sustava zaštite na cestama i cestovnim objektima. Naime, kod prometnih nesreće u kojima sudjeluju motociklisti na mjestima gdje se nalaze zaštitne odbojne ograde, u slučaju proklizavanja vozača isti udara u noseći vertikalni stup zaštitne ograde ili naleti na predmete pored ceste

poput stupa, drveća ili drugih objekata a što ima za posljedicu smrtnog stradavanja.

Tablica 7. Prometne nesreće prema stanju kolničke konstrukcije

Stanje kolničke konstrukcije	Prometne nesreće					
	ukupno	%	s poginulim osobama	%	s ozlijeđenim osobama	%
Dobro	33.511	97,5	302	98,4	10.419	98,0
Manja oštećenja	508	1,5	4	1,3	141	1,3
Loše	349	1,0	1	0,3	72	0,7
UKUPNO	34.368	100,0	307	100,0	10.632	100,0

Izvor [6]

Važno je napomenuti da u Republici Hrvatskoj nema sustavnog određivanja hrapavosti i ravnosti kolnika uz pomoć uređaja gdje bi se mjerili različiti parametri poput nosivosti, ravnosti, dubini kolotruga, makrostruktura, mikrostruktura i oštećenja površinskog sloja kolnika. Zbog toga se ne može analizirati u kojoj točno mjeri i kako stanje kolnika utječe na prometnu nesreću.

7 PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA PROJEKTNIH ELEMENATA RASKRIŽJA U FUNKCIJI POVEĆANJA SIGURNOSTI

Kako bi se povećala i osigurala dovoljna sigurnost i propusna moć prometnice potrebno je konstantno usavršavati i prilagođavati elemente projektiranja samih raskrižja, te rekonstrukcija postojećih i gradnja novih suvremenih rješenja raskrižja. U nastavku rada navedeno je šest primjera rekonstrukcije raskrižja koja utječu na smanjenje prometnih nesreća, te veću propusnu moć samog raskrižja.

7.1 Trakovi za uključivanje i isključivanje iz prometa

Broj prolaznih trakova u području raskrižja (osobito u raskrižjima bez svjetlosne signalizacije) u pravilu treba ostati isti kao na otvorenoj trasi, naime radi postizanja veće propusnosti i sigurnost funkcioniranja prometa na raskrižju potrebno je povećati broj trakova te tako postići kanaliziranje prometa na raskrižju čime se smanjuje broj konfliktnih točaka, na slici 15 je prikazana promjena broja trakova na prilazu i izlazu s raskrižja.



Slika 15. Promjena broja trakova na prilazu i izlazu s raskrižja, [4]

Nepromijenjen broj prolaznih trakova treba osigurati na duljini l [m] izvan uže zone raskrižja. Ova duljina ovisi o prometnom rasterećenju u raskrižju i o konfiguraciji trase te o trajanju zelene faze (t_{zel}) u slučaju svjetlosne signalizacije. Duljina razvlačenja l_{z1} [m] sa sužavanjem kolnika treba se oblikovati simetrično na duljem potezu trase ($l_{z1}=40$ do 60 m),

što je preduvjet kvalitetnog i sigurnog toka na prijelazu u dionicu sa smanjenim brojem tokova. Širina prolaznog traka b [m] u principu se ne mjenjaju zoni raskrižja, a ovisi o prometnotehničkim zahtjevima i širini mjerodavnog vozila. [4]

Proračun i oblikovanje proširenja operativnih površina provode se u ovisnosti o prometnim, voznodinamičkim i lokalnim prilikama a duljina razvlačenja l_z [m] s postupnim proširenjem kolnika može se dobiti iz izraza:

$$l_z[m] = V_k * \sqrt{\frac{i}{3}}$$

gdje je:

l_z - duljina razvlačenja

V_k - dopuštena brzina u raskrižju

i – mjera proširenja (za jednostrano $i = b$, za obostrano proširenje kolnika $i = \frac{b}{2}$)

7.2 Proširenje kolnika

Proširenje kolnika potrebno je izvesti na području cijele trase prometnice, što znači da će širina prometnih trakova biti veća i na raskrižjima. Širina kolnika uvelike utječe na sigurnost funkcioniranja prometa, pogotovo pri većem intenzitetu teretnih vozila. Na većini kolnika u Hrvatskoj prometnica je izgrađena s dva prometna traka suprotnih smjerova.

Zbog manjih troškova rekonstrukcije, pri proširenju kolnika, nego kod odvajanja smjerova razdjelnim pojasom, potrebno je povećati minimalnu širinu prometnog traka na 3,00 m, što znači da se i širina rubnog traka povećana na 0,30 m i dolazimo do ukupne širine kolnika od 6,60 m. Takvo proširenje kolnika dovelo bi do pada prometnih nezgoda na milijun pređenih kilometara sa 7,40 na 4,48, kao što je prikazano na tablici 6.

Tablica 8. Utjecaj širine kolnika i intenziteta prometa na broj prometnih nezgoda, [2]

Širina kolnika sa dva traka (m)	4,5-5,5	5,5-6,5	6,5-7,5	7,5-8,5	>8,5
Broj nezgoda na milijun pređenih kilometara	7,40	5,70	4,84	3,80	2,45

7.3 Osiguranje zaustavne preglednosti raskrižja

Radi pravovremenog uočavanja stanja na raskrižju ili potencijalne opasnosti vozaču je potrebno osigurati dovoljnu preglednost raskrižja. Kao konstanta za modeliranje prostornih odnosa uzete su veličine od 1,20 m od tla za visinu oka vozača osobnog vozila, te 2,00 m za vozača teretnog vozila, te visina od 1,00 m za vozilo ili predmet koji treba uočiti.

Zaustavna preglednost podrazumijeva doglednost potrebna za prevremeno prepoznavanje raskrižja pred kojim se treba zaustaviti, ovisi o vrsti ceste odnosno o projektnoj brzini ceste i uzdužnom nagibu sporedne ceste, kao što je prikazano u tablici 7. Radi osiguravanja i povećanja sigurnosti potrebno je povećati duljinu zaustavne preglednosti na što većem broju raskrižja zbog povećanja sigurnosti odvijanja prometa na raskrižjima. [4]

Tablica 9. Potrebna duljina zaustavne preglednosti I_{pl}

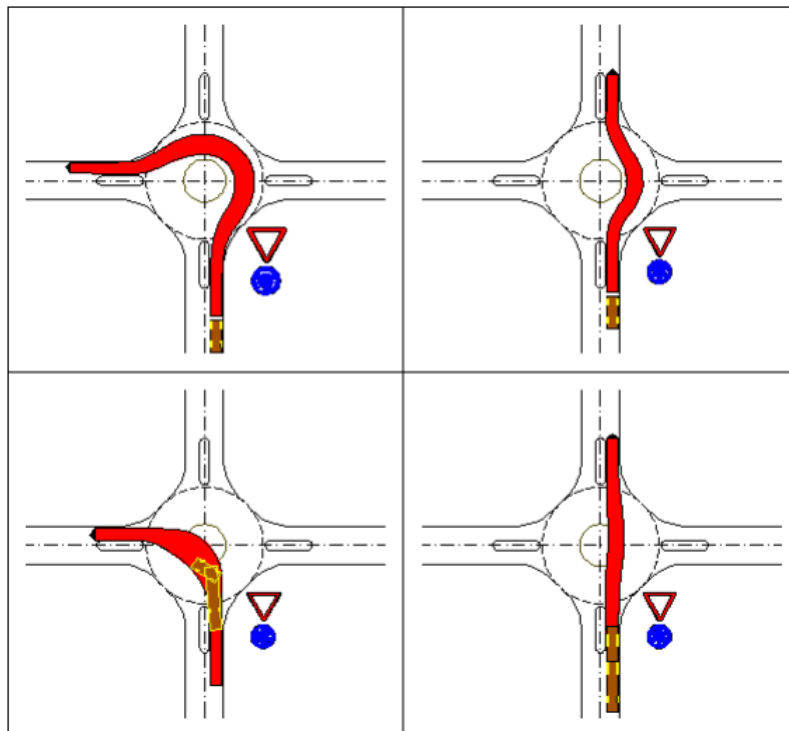
Vrste ceste	Brzina privoženja $V_{85}[km/h]$	Uzdužni nagib privozne ceste s [%]				
		-8	-4	0	+4	+8
A – nove ceste izvan naseljenog područja	100	240	210	190	170	160
	90	185	165	150	140	130
	80	145	130	120	110	105
	70	110	100	90	85	80
	60	80	70	70	65	60
	50	60	55	50	50	50
B - nove ceste u prijelaznom 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 naselja	50	40				
	40	25				
	30	15				

Izvor: [4]

7.4 Primjena mini kružnih raskrižja

Mini kružna raskrižja se definiraju kao vrsta kružnih raskrižja s provoznim središnjim otokom. Ta vrsta kružnih raskrižja se koristi isključivo u većim naseljima ili na javnim cestama u prolasku kroz manja naselja. Specifičnost mini kružnog raskrižja je ta što dulja vozila, poput autobusa i teretnih vozila, zbog svojih dimenzija, prelaze preko otoka kao kroz klasično raskrižje, dok se osobna vozila kreću kao kroz obična kružna raskrižja s otokom u sredini kao što je prikazano na slici 16 , čime se postiže smanjenje zastoja u raskrižju, smanjenje brzine vožnje kroz raskrižje te posljedično smanjenje broja prometnih nesreća te smanjenje posljedica prometnih nesreća.

Takva vrsta kružnih raskrižja osigurava visoki stupanj sigurnosti prometa, izuzetno mali stupanj nesreća s težim posljedicama, osigurana je propusna moć i smanjeno vrijeme čekanja na raskrižju, a uz to je najjeftinije i najučinkovitije rješenje zbog potrebne površine i cijene izvedbe. Ovisno o raspoloživoj površini i predviđenom prometu, dimenzije mini kružnih raskrižja za promjer kružnog kolnika kreću se od 13 m do 26 m, sastoji se isključivo od jednog prometnog traka širine 4,5 – 5,0 m, dok je središnji otok u rasponu od 1,0 – 15,0 m. [4]



Slika 16. Skica prolaska osobnog automobila i teretnog vozila kroz mini kružno raskrižje, [7]

Propusna moć mini kružnih raskrižja, prema podacima iz slovenskih Smjernica za kružna raskrižja, navodi da može zadovoljiti prometno opterećenje intenziteta 10 000 vozila/dan. Prema američkim Smjernicama kao kapacitet uzima se 15 000 vozila/dan, a u Velikoj Britaniji kapacitet mini kružnog raskrižja dolazi do broja od 17 000 vozila/dan. [7]

U njemačkoj regiji Nordrhein-Westfalen između 1996. i 1999. godine, znanstveno stručni tim W. Brilona proveo istraživanje na 18 rekonstruiranih raskrižja, klasična u mini kružna raskrižja, te je dokazana visoka razina sigurnosti. Analizom rezultata je dokazano da se nakon rekonstrukcije dogodio neznatan broj bezazlenih nezgoda. [4]

7.5 Primjena zaštitnih ograda za motocikliste i kotrljajućih odbojnih ograda

Nedostatak sustava zaštite na cestama i cestovnim objektima je već dugo problem u Republici Hrvatskoj, jedan od tih problema je i zaštitna ograda za motocikliste čija se primjena napokon kreće implementirati na našim prometnicama. Postojeće zaštitne ograde koje bi trebale zaštititi vozače motociklista imaju upravo suprotan efekt, umjesto da ih osiguraju od proklizavanja i udara u postojeće objekte uz cestu, vozač u slučaju slijetanja s kolnika udara u vertikalni noseći stup zaštitnih ograda ili proklizuju ispod zaštitne ograde i udara u predmete postavljene uz kolnik što dovodi do katastrofalnih posljedica. Na slici 17 prikazan je primjer zaštitne ograde za motocikliste.



Slika 17. Zaštitna ograda za motocikliste, [10]

Kotrljajuće odbojne ograde konstruirane su tako da u slučaju udara apsorbiraju udarnu energiju i pretvaraju je u rotacijsku kako bi se vozilo nastavilo kretati uz ogradu a ne kroz ogradu, to jest sprječavaju naglo zaustavljanje i izlijetanje vozila s prometnice. Elementi kotrljajuće odbojne ograde moraju biti takvi da se u slučaju oštećenja mogu brzo i jednostavno zamijeniti, a bačve koje upijaju energiju udara samim time moraju imati izuzetnu čvrstoću i elastičnost.



Slika 18. Zaštitna odbojna ograda, [11]

7.6 Planiranje i razvoj centralnog sustava upravljanja prometom

Sustav centralnog upravljanja prometom jedan je od značajnijih elemenata uz pomoću kojeg je moguće optimizirati prometno opterećenje u smislu ujednačavanja vremena trajanja ciklusa i faza prometnih svjetala prema trenutnom prometnom opterećenju. Takav sustav omogućava i uvid u tipične i atipične situacije u prometu poput prometnih nesreća, oštećenja kolnika, kvarova na prometnim znakovima i signalizaciji i sl.



Slika 19. Sustav automatskog upravljanja prometom u Rijeci, [12]

Sustav automatskog upravljanja prometom u Gradu Rijeci svojim tehnološkim mogućnostima ima za cilj optimalno vođenje prometa u zadanim uvjetima. Suvremena tehnologija vođenja prometa omogućuje upravljanje svjetlosnom prometnom signalizacijom u ovisnosti o stvarnim (trenutnim) prometnim opterećenjima na prometnoj mreži. Sustav je modularan i može se lako prilagoditi novim prometnim uvjetima. [12]

8 ZAKLJUČAK

Analizom stanja sigurnosti prometa prema značajkama ceste, utvrđeno je da se trećina prometnih nesreća događa na raskrižjima, stoga je potrebno u planiranju i projektiranju prometnica osigurati sigurno funkcioniranje prometa. Na temelju analize prikazani su primjeri rekonstrukcije postojećeg raskrižja u svrhu povećanja sigurnosti, poput promjene broja trakova, proširenja kolnika, osiguravanje zadovoljavajuće zaustavne preglednosti, primjena mini kružnih raskrižja, primjena zaštitnih ograda za motocikliste i kotrljajućih odbojnih ograda, te planiranje i razvoj centralnog sustava upravljanja prometom.

Pravovremenim usmjeravanjem prometa na samom raskrižju poput promjene broja trakova povećava se propusna moć, čime se osigurava i veća sigurnost odvijanja prometa. Povećanje širine kolnika dovodi do boljeg optičkog vođenja prometnice kroz raskrižje zato je potrebno osigurati dovoljnu širinu prometnih trakova radi smanjenja prometnih nezgoda. Zaustavnu preglednost raskrižja, kao element sigurnosti potrebno je osigurati na svim vrstama raskrižja da bi sudionici u prometu pravovremeno mogli reagirati na trenutnu situaciju prilikom približavanja raskrižju, ako se zbog prostornog ograničenja ne može osigurati zaustavna preglednost raskrižja neophodno je označiti prometnim znakovima opasnost od smanjene preglednosti. Kod primjene mini kružnog raskrižja potrebna je prostorno-prometna priprema, odnosno potrebno je analizirati prognozu budućeg prometa s obzirom na porast broja stanovništva, razvoj gospodarstva, stupanj motorizacije sl. Mini kružna raskrižja kao najoptimalniji oblik raskrižja u gradovima, zbog svojih karakteristika jeftine gradnje, velike propusne moći i visokog stupnja sigurnosti te radi zauzimanja male površine za izgradnju sve više se primjenjuju u većim gradovima, što ima pozitivan utjecaj na fluidnost odvijanja prometa.

Kao problem treba istaknuti da u Republici Hrvatskoj nema sustavnog ispitivanja ravnosti i hrapavosti kolnika, te se ne može odrediti u kojoj točno mjeri na prometne nesreće utječe stanje kolničke konstrukcije, te da još uvijek nema sigurnosno zaštitnih ograda koji štite motocikle od podlijetanja. Primjenom predloženih mjera moguće je znatno povećati sigurnost cestovnog prometa i njegovu protočnost.

9 LITERATURA

- [1] Padjen, J.: Osnove prometnog planiranja, Informator, Zagreb, 1986.
- [2] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [3] Legac, I.: Cestovne prometnice I – javne ceste, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [4] Legac, I: Raskrižja javnih cesta, Cestovne prometnice II., Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008.

PRAVILNICI

- [5] 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., NN 110/01

INTERNET IZVORI:

- [6] <https://mup.gov.hr/pristup-informacijama-16/statistika-228/statistika-mup-a-i-bilteni-o-sigurnosti-cestovnog-prometa/283233> 23.04.2020.
- [7] https://hrvatske-ceste.hr/uploads/documents/attachment_file/file/106/SMJERNICE_KRUZNA_RASKRIZJA_HRVATSKE_CESTE.pdf 25.04.2020.
- [8] <https://www.hak.hr> 25.04.2020.
- [9] <https://repairpal.com/brakes> 14.06.2020.
- [10] <http://www.rondino-road.com/safety-equipments/guardrails/motorcyclist-protection/> 20.06.2020.
- [11] www.ks0486.com 20.06.2020.
- [12] http://www.rijekapromet.hr/hr/automatsko_upravljanje_prometom/5/16 03.09.2020.

POPIS SLIKA

Slika 1. Opći slijed postupka prostorno-prometnog planiranja

Slika 2. Kočnice i kočioni sustav automobila

Slika 3. Shematski prikaz elemenata poprečnog presjeka u pojasu autoceste

Slika 4. Prometna oprema ceste

Slika 5. Kombinirani prometni i slobodni profil

Slika 6. Polje preglednosti kod približavanja

Slika 7. Privozna preglednost

Slika 8. Trakovi za usporavanje

Slika 9. Trakovi za lijevo i desno skretanje

Slika 10. konfliktne točke i tipične nesreće u dvotračnom raskrižju s kružnim tokom

Slika 11. Temeljna rješenja prometnih raskrižja u više razina

Slika 12. Struktura prometnih nesreća prema značajkama ceste (2013.-2017.)

Slika 13. Struktura prometnih nesreća prema vrsti raskrižja (2013.-2017.)

Slika 14. Struktura poginulih prema značajkama ceste (2013.-2017.)

Slika 15. Promjena broja trakova na prilazu i izlazu s raskrižja

Slika 16. Skica prolaska osobnog automobila i teretnog vozila kroz mini kružno raskrižje

Slika 17. Zaštitna ograda za motocikliste

Slika 18. Zaštitna odbojna ograda

Slika 19. Sustav automatskog upravljanja prometom u Rijeci

POPIS TABLICA

Tablica 1. Ovisnost širine prometnog traka o projektnoj brzini

Tablica 2. Odnos širine rubnog i prometnog traka

Tablica 3. Odnos širine bankine i prometnog traka

Tablica 4. Širina prometnih trakova ovisno o tipu prometnice

Tablica 5. Analiza stanja sigurnosti prometa prema značajkama ceste u Republici Hrvatskoj (2013.-2017.)

Tablica 6. Prometne nesreće prema vrsti vozila u Republici Hrvatskoj (2017.)

Tablica 7. Prometne nesreće prema stanju kolničke konstrukcije

Tablica 8. Utjecaj širine kolnika i intenziteta prometa na broj prometnih nezgoda

Tablica 9. Potrebna duljina zaustavne preglednosti I_{pl}



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom **Planiranje i primjena projektnih elemenata raskrižja u funkciji
sigurnosti**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 7.9.2020 _____

Student/ica:


(potpis)