

# Utjecaj geometrijskih elemenata raskrižja na sigurnost kružnih raskrižja - usporedba hrvatskih i čeških smjernica za projektiranje

---

Cukon, Carla

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:420618>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Carla Cukon**

**Utjecaj geometrijskih elemenata raskrižja na sigurnost kružnih raskrižja  
– Usporedba hrvatskih i čeških smjernica za projektiranje**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2024.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET**  
**Diplomski sveučilišni studij**  
**Urbano inženjerstvo**  
**Cestovna čvorišta**

**Carla Cukon**

**0114032692**

**Utjecaj geometrijskih elemenata raskrižja na sigurnost kružnih raskrižja –  
Usporedba hrvatskih i čeških smjernica za projektiranje**

**Impact of roundabout design elements on the safety - Comparison of Croa-  
tian and Czech guidelines for roundabout design**

**Diplomski rad**

**Rijeka, rujan 2024.**

## **IZJAVA**

Diplomski rad izradila sam samostalno, u suradnji sa mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

---

Carla Cukon

U Rijeci, \_\_\_\_\_ 2024.

## ZAHVALA

Prvenstveno bih se voljela zahvaliti roditeljima uz čiju moralnu i financijsku podršku moji akademski put ne bi bio izvediv. Također, veliko hvala mentorici Aleksandri Deluka-Tibljaš na stručnom usmjeranju i pomoći pri pisanju ovog rada.

## SAŽETAK

Uvodno u rado kratko se opisuje povijesni razvoj kružnih raskrižja, osnovne podjele kružnih raskrižja te osnovni elementi projektiranja raskrižja. Rad se temelji na usporedbi tehničkih regulativa za projektiranje kružnih raskrižja u Hrvatskoj i Češkoj. Na temelju dobivenih podloga dvaju raskrižja na području Rijeke i Kastva, projektirana su dva raskrižja primjenjujući Češke smjernice uz zadržane položaje osi i veličine vanjskog radijusa. Raskrižja su u konačnici uspoređena sa aspekta preglednosti i brzine provoznosti s ciljem isticanja sličnosti i razlika te definiranja elemenata koji svojom različitom veličinom utječu na provoznu brzinu i preglednost kružnih raskrižja. Usporedbom Hrvatskim i Čeških smjernica uočeno je da sa primjermom Hrvatskih smjernica omogućuje projektiranje kružna raskrižja većih dimenzija, što može rezultirati većim brzinama vozača, smanjenju sigurnosti te potrebu za osiguravanjem veće duljine preglednosti kružnog raskrižja. Primjermom većih ulaznih i izlaznih radijusa te manje širine prilazne trake omogućuju vozaču veće brzine kretanja posebice pri desnom skretanju, što je uočeno prilikom provjere brzina prema Američkom modelu u raskrižju projektiranim po češkim uputama. Za donošenje konačnog zaključka potrebno je analizirati više različito projektiranih kružnih raskrižja te pratiti i mjeriti funkcionalnost prometa nakon izgradnje. Sa dobivenim rezultatima moguće je unaprijediti podatke smjernica te time osigurati veću sigurnost odvijanja prometa.

Ključne riječi: Urbano kružno raskrižje, Hrvatske smjernice, Češke smjernice, Raskrižje 1, Raskrižje 2, preglednost kružnog raskrižja, provozna brzina u kružnom raskrižju.

## SUMMARY

The introduction of the paper briefly describes the historical development of roundabouts, the basic classifications of roundabouts, and the fundamental elements of roundabout design. The study is based on a comparison of technical regulations for roundabout design in Croatia and the Czech Republic. Based on the data obtained from two intersections in the Rijeka and Kastav areas, two roundabouts were designed using Czech guidelines while retaining the axis's alignment and the outer radius's size. The roundabouts were ultimately compared in terms of visibility and traversable speed, aiming to highlight similarities and differences and define elements that affect the traversable speed and visibility of roundabouts due to their varying dimensions. A comparison of Croatian and Czech guidelines revealed that the application of Croatian guidelines allows for larger roundabouts, which can result in higher vehicle speeds, reduced safety, and the need for greater sight distance at the roundabout. The use of larger entry and exit radii, along with narrower approach lanes, enables higher driving speeds, especially when turning right, as observed when checking speeds using the American model on a roundabout designed according to Czech guidelines. To reach a conclusion, analyzing several differently designed roundabouts and monitoring traffic functionality after construction is necessary. With the obtained results, it will be possible to improve guideline data and thereby ensure greater traffic safety.

**Keywords:** Urban roundabout, Croatian guidelines, Czech guidelines, Intersection 1, Intersection 2, roundabout visibility, traversable speed in roundabouts.

## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. POVIJEST KRUŽNIH RASKRIŽJA .....	2
3. OSNOVNE VRSTE I PROJEKTNI ELEMENTI KRUŽNIH RASKRIŽJA.....	6
3.1 Prednosti i nedostaci primjene kružnih raskrižja .....	6
3.2 Veličina kružnog raskrižja .....	9
3.3 Lokacija kružnog raskrižja .....	9
3.4 Podjela kružnih raskrižja po namjeni .....	11
3.5 Podjela po broju kolničkih traka .....	12
3.6 Tipovi kružnih raskrižja .....	13
3.6.1 Jednotračni kružna raskrižja .....	13
3.6.2 Višetračna kružna raskrižja .....	13
3.6.3 Mini kružna raskrižja.....	14
3.6.4 Turbo kružna raskrižja.....	15
4. ANALIZA I USPOREDBE TEHNIČKE REGULATIVE ZA KRUŽNA RASKRIŽJA- HRVATSKE I ČEŠKE .....	16
4.1 Opis pojedinih smjernica.....	16
4.2 Usporedba preporuke za geometrijske elemente.....	17
4.2.1 Kružni kolnik i provozni dio središnjeg otoka .....	18
4.2.2 Razdjelni otoci i površina za razdvajanje prometa na privozima .....	19
4.2.3. Ulaz u kružno raskrižje.....	21
4.2.4 Središnji otok.....	23
4.3 Horizontalno i visinsko vođenje kružnih raskrižja.....	26
4.3.1. Horizontalno vođenje .....	26
4.3.2. Visinsko vođenje .....	28
4.3.3. Poprečni nagib i vitoperenje kolnika .....	29
5. PREGLEDNOST KRUŽNIH RASKRIŽJA.....	32
6. PROVJERA BRZINE U KRUŽNOM RASKRIŽJU .....	39
7. USPOREDBA HRVATSKIH I ČEŠKIH SJERNICA ZA KRUŽNA RASKRUŽJA – ASPEKTI SIGURNOSTI ODVIJANJA PROMETA .....	43
7.1 Primjeri kružnih raskrižja.....	43
7.2 Usporedba provjere brzine - HRV i SAD postupak.....	47
7.3 Usporedba preglednosti u kružnom raskrižju.....	62
9. ZAKLUČAK.....	67
10. LITERATURA .....	69



## POPIS SLIKA:

Slika 1. "Dupont Circle" početkom 20.stoljeća [1].....	2
Slika 2. "Dupont Circle" danas [1] .....	3
Slika 3. "Columbus Circle" u New Yorku 1890-ih godina [3].....	4
Slika 4. "Columbus Circle" danas [2] .....	4
Slika 5. Prvo kružno raskrižje u Velikoj Britaniji [4].....	5
Slika 6. Prvi francuski kružni tok "Place de l'Etiole [6] .....	5
Slika 7. Urbano raskrižje i definirani elementi [7] .....	10
Slika 8. Ovisnost kapaciteta o veličini i vanjskom promjeru urbanih raskrižja [7].....	10
Slika 9. Izvan-urbano raskrižje i definirani elementi [7] .....	11
Slika 10. Ovisnost kapaciteta o veličini i vanjskom promjeru izvan-urbanih raskrižja [7].....	11
Slika 11. Jednotračno urbano kružno raskrižje [10] .....	13
Slika 12. Dvotračno izvan-urbano kružno raskrižje [11].....	14
Slika 13. Mini kružno raskrižje [7] .....	14
Slika 14. Turbo kružno raskrižje [12] .....	15
Slika 15. Osnovni elementi kružnog raskrižja prema [7] .....	17
Slika 16. Kružni kolnik i povozni dio središnjeg otoka [7] .....	19
Slika 17. Tipovi razdjelnih otoka [7] .....	20
Slika 18. Češke smjernice za dimenzioniranje razdjelnog otoka [15].....	21
Slika 19. Uređenje prilaza u kružno raskrižje [7] .....	22
Slika 20. Elementi uže zone češkog kružnog raskrižja [15] .....	23
Slika 21. Područja kružnog raskrižja [7].....	26
Slika 22. Prikaz položaja ceste na širem području raskrižja [7] .....	27
Slika 23. Ispravno rješenje prilaza kružnom raskrižju [15] .....	27
Slika 24. Spoj krakova kružnih raskrižja [15] .....	28
Slika 25. Visinsko vođenje u širem području raskrižja [7].....	29
Slika 26. Poprečni nagib ulaza, izlaza i unutar kružnog raskrižja [7].....	30
Slika 27. Poprečni presjek po češkim smjernicama [15] .....	30
Slika 28. Prostor preglednosti u kružnom raskrižju Hrvatskih smjernica .....	32
Slika 30. Širina perifernog polja u ovisnosti brzine kretanja vozila [15] .....	32
Slika 30. Prilazna preglednost privoza raskrižju [7].....	33
Slika 31. Preglednost na ulazu u kružno raskrižje [7] .....	34
Slika 32. Preglednost u lijevo sa privoza [7] .....	34
Slika 33. Preglednost u kružnom kolniku [7] .....	35
Slika 34. Preglednost pješačkog/biciklističkog prijelaza na ulazu [7].....	35
Slika 35. Preglednost pješačkog/biciklističkog prijelaza iz kružnog kolnika [7] .....	35
Slika 36. Kriteriji preglednosti [15] .....	36
Slika 37. Uvjeti preglednosti za mini i mala kružna raskrižja [14] .....	36
Slika 38. Elementi Nizozemskog modela [17] .....	40
Slika 39. Putanje osobnih automobila za kontrolu provozne brzine [16].....	41
Slika 40. Prolaz vozila ravno (lijevo) i desnog skretanja (desno) [17].....	41
Slika 41. Raskrižje 1 (Projekt izradio: Pro Via d.o.o., Investitor: Grad Kastav, 2019.).....	44
Slika 42. Raskrižje 1 – projektni elementi prema Češkim smjernicama (Prilog 1 – Situacija raskrižja 1 u mjerilu 1:1000).....	45
Slika 43. Raskrižje 2 (Projekt izradio Rijekaprojekt d.o.o., Investitor: HC, 2017.) .....	46
Slika 44. Raskrižje 2 – projektni elementi prema Češkim smjernicama (Prilog 2 – Situacija raskrižja 2 u mjerilu 1:1000).....	47
Slika 45. Putanje kretanja vozila za najbrži put prolaza ravno kroz raskrižje .....	48

Slika 46. Najbrži put kretanja vozila pri desnom skretanju .....	49
Slika 47. Najbrže kretanje vozila kroz kružno raskrižje pri lijevom skretanju.....	50
Slika 48. Najbrži prolaz kroz raskrižje krećući se ravno .....	51
Slika 49. Najbrži put kretanja vozila prilikom desnog skretanja .....	52
Slika 50. Najbrži put kretanja vozila prilikom skretanja u lijevo .....	53
Slika 51. Najbrži prolaz kroz raskrižje kretanja ravno .....	55
Slika 52. Nabježi put kretanja za desno skretanje.....	56
Slika 53. Najbržu put kretanja za lijevo skretanje .....	57
Slika 54. Najbrži prolaz kroz raskrižje u češkom kružnom toku .....	58
Slika 55. Najbrži put kretanja vozila za desno skretanje .....	59
Slika 56. Najbrža putanja kretanja vozila prilikom lijevog skretanja.....	60
Slika 57. Preglednost na ulazu u kružno raskrižje, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno).....	63
Slika 58. Preglednost u lijevo, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno) .....	64
Slika 59. Preglednost u kružnom raskrižju, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno).....	65
Slika 60. Preglednost na ulazu u kružno raskrižje, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno).....	65
Slika 61. Preglednost u lijevo, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno) .....	66
Slika 62. Preglednost u kružnom raskrižju, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno).....	66

## POPIS TABLICA :

Tablica 1. Odnos vanjskog polumjera i širine kružnog kolnika Čeških smjernica.....	18
Tablica 2. Usporedba osnovnih elemenata za projektiranje kružnih raskrižja Hrvatskih [7] i Čeških [13,14,15] smjernica .....	24
Tablica 3. Usporedba horizontalnih i vertikalnih elemenata kružnih raskrižja .....	30
Tablica 4. Usporedba uvjeta preglednosti hrvatskih i čeških smjernica .....	36
Tablica 5. Brzina vozila u kružnom raskrižju za Hrvatske i Češke smjernice, Raskrižje 1 ....	54
Tablica 6. Brzina vozila u kružnom raskrižju za Hrvatske i Češke smjernice, Raskrižje 2 ...	61

## 1. UVOD

Rekonstrukcijom klasičnih raskrižja u kružna, kao i gradnja novih kružnih raskrižja, bitan je korak pri unaprjeđivanju sigurnosti i kapacitetu na čvorištima cestovne mreže. Primjenom kružnih raskrižja povećavamo sigurnost odvijanja prometa tj. smanjuje se broj i težina prometnih nesreća te pridonose protočnosti prometa. U fazi projektiranja sigurnost se provjerava analizom provozne brzine, dok se kapacitet procjenjuje korištenjem različitih metodologija provjere razine uslužnosti.

Važeće smjernice za projektiranje kružnih raskrižja u Hrvatskoj primjenjuju se zadnjih 10-ak godina, te su se unutar tog razdoblja mnoga raskrižja rekonstruirala. No, raspon veličine elemenata za projektiranje kružnih raskrižja je velik i to uvelike utječe na svrhu postavljanja kružnih raskrižja na odabrano mjesto odnosno, utječe na brzinu i pravac kretanja unutar i kroz kružno raskrižje. U radu koji je prezentiran na 5. Srpskom kongresu o putovima, Beograd, Maj 2024., ANALIZA EFEKTA REKONSTRUKCIJE NESEMAFORIZIRANOG RASKRIŽJA U KRUŽNO ZA RAZLIČITE PROMETNE UVJETE– STUDIJA SLUČAJA IZ RIJEKE, HRVATSKA, autora I.I.Otković, A.D.Tibljaš, S.Šurdonja, primjećen je porast prometnih nesreća na kružnim raskrižjima u zadnjih 8 godina. U navedenom radu iz stvarno izmjerenih podataka primijećeno je da je brzina kretanja nakon rekonstrukcije raskrižja u kružna raskrižja i dalje iznad dozvoljene. Otvorilo se pitanje da li projektiranje po pravilima sugeriranim u važećim hrvatskim smjernicama jamči očekivane efekte implementacije kružnog raskrižja među kojima je vrlo često i kontrola brzine.

U ovome radu se koriste tehničke upute za projektiranje kružnih raskrižja Hrvatskih i Čeških smjernica, idejna rješenja dvaju kružna raskrižja različitog vanjskog radijusa te usporedba istih sa aspekta sigurnosti odnosno kontrole brzine u kružnom raskrižju. Primijeniti će se metode za provjeru brzine kretanja i preglednost unutar raskrižja propisanih tehničkom regulativom . Cilj ovoga rada je analizirati hrvatsku i češku tehničku regulativu za kružna raskrižja kako bi istaknuli sličnosti i razlike između njih, te kako te iste razlike utječu na proвозnu brzinu i preglednost kružnih raskrižja.

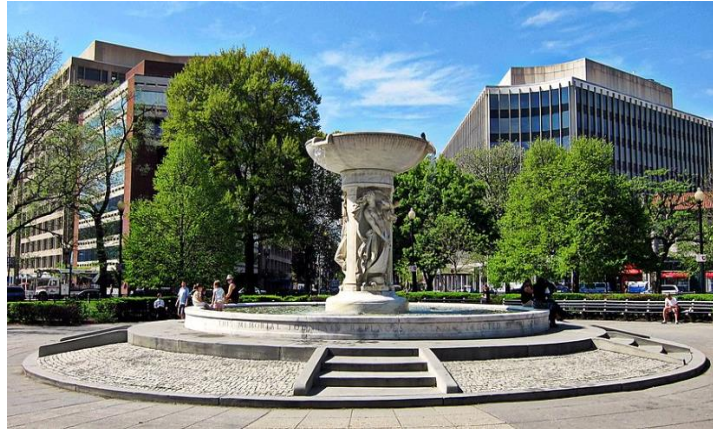
## 2. POVIJEST KRUŽNIH RASKRIŽJA

Kružna raskrižja danas imaju bitnu ulogu u planiranju gradova što se odnosi na unaprjeđenje prometnih mreža gradova, rekonstrukcije postojećih raskrižja, uređenja gradova i stambenih zona i drugo. Postaju nezamjenjivi elementi prilikom izrade prostornih planova urbanih i ruralnih područja zato što njihovom primjenom uvelike se povećava protočnost, kapacitet i sigurnost odvijanja prometa. U nastavku je ukratko opisna povijest razvoja kružnih raskrižja gdje je prikazan razvoj prometnih pravila i sve složenijih prometnih zahtjeva primjenom prometnog inženjerstva.

Prve naznake kružnih raskrižja koje poznajemo danas datiraju iz udovoljavanja 1790. godine kada je Pierre L'Enfant dizajnirao ulice Washington D.C-a. Novim dizajnom omogućuje avenijama ortogonalnog oblika da se spoje s drugim prometnicama koje su smještene pod kutem od 45 stupnjeva. Najpoznatiji primjer kružnog toka smatra se „Pasific Circle“, čija gradnja započinje 1871. godine od strane inženjerskog korpusa američke vojske. Američki kongres godine 1882. mijenja mu ime u „Dupont Circle“, koje se koristi i danas. Kružno raskrižje bilo je ukrašeno egzotičnim cvijećem i ukrasnim drvećem te je kasnije izgrađena i fontana. [1]



Slika 1. "Dupont Circle" početkom 20.stoljeća [1]



Slika 2. "Dupont Circle" danas [1]

Drugi poznati primjer, tj. začetak primjenjivanja kružnih raskrižja u SAD-u bio je dizajniran kao dio vizije Fredricka Lawa Olmsteda iz 1857. godine za Central Park. Provedba ideje započinje 1868. godine čišćenjem zemljišta u krug. Prometni krug dobiva ime „Columbus Circle“ (Kolumbov krug) zbog toga što se u središtu nalazi Kolumbov kip koji je tamo postavljen 1892. godine. Sadašnji krug redizajnirao je Wiliam Phelps Eno godine 1905. stvorivši privremeni obrazac da se unutar kruga prometuje u smjeru suprotnom od kazaljke na satu sa „središnjom zonom“ u središtu kruga za zaustavljanje automobila. Redizajniranje je bilo prijeko potrebna jer se prije njene provedbe vožnja unutar kruga odvijala u oba smjera uzrokujući nesreće gotovo svakodnevno. Plan rotacijskog odvijanja prometa nije bio uspješan i ukida se 1929. godine, a promet je dopušten da se odvija u krug u oba smjera. Promet koji je prolazio ravno kroz „Columbus Circle“ morao je proći lijevu stranu spomenika, dok onaj koji je skretao s kruga morao koristiti desnu stranu i kretati se u smjeru suprotnom od kazaljke na satu oko rotora. Ponovna reorganizacija podložena je 1941. godine kojom se promet razvrstao u ovisnosti o stranama svijeta i željenom smjeru kretanja. Konačno, 1998. godine završena je konačna reorganizacija prometa u kojem se sav promet vrši u smjeru suprotnom od kazaljke na satu. [2]



Slika 3. "Columbus Circle" u New Yorku 1890-ih godina [3]



Slika 4. "Columbus Circle" danas [2]

U originalnom urbanističkom planu grada Letchworth Garden Cityja iz 1904., koji su osmislili Barry Parker i Raymond Unwin, postojala je točka u kojoj su se susrele tri ceste - Sollershotts East i West, Broadway i Spring Road. Na tom mjestu, Parker i Unwin su u srpnju 1908. godine osmislili detaljan plan za kružni prometni otok nazvan "Sollershott Circus", koji se smatra prvim kružnim tokom u Velikoj Britaniji. „Sollerhott Circus“ je imao različitu svrhu u usporedbi sa današnjim kružnim raskrižjima. Prvotno su kružna raskrižja dizajnirana kao prometni otoci za pješake te su se postupno pretvorili u elemente usporavanja brzine vozila i održavanja sigurnosti sudionika u prometu. [4]



Slika 5. Prvo kružno raskrižje u Velikoj Britaniji [4]

Tijekom vremena korištenja kružnih raskrižja uočene su prednosti u odnosu na klasična raskrižja. Vozaču je pružena veća vidljivost i vrijeme za procjenu prometnih uvjeta, kako za pješake tako i za vozila iz suprotnog smjera. Navedene prednosti dovode do široke primjene kao učinkovitijih mjera za poboljšavanje sigurnosti u prometu i mjere smirivanja prometa. Donošenje zakona u Velikoj Britaniji 1966. godine označilo je važan korak u razvoju kružnih tokova, pružajući jasne smjernice za njihovu izgradnju i primjenu. Ova zakonska podrška doprinijela je afirmaciji kružnih tokova kao standardnog elementa u planiranju prometa i razvoju infrastrukture, kako u Velikoj Britaniji, tako i globalno.

Eugene Henrard je francuski arhitekt i utjecajan urbanist, postavio je prve kružne tokove kako bi ublažio rastuću prometnu gužvu konjskih zapreka u Parizu. Godine 1907. raskrižje 12 ravnih avenija „Place de l'Etoile“, postaje prvi francuski kružni tok. Glavna razlika između dizajna ovih dvaju arhitekata je bila veličina središnjeg otoka kružnog raskrižja. Eugene Henrard zagovara da veličina otoka treba biti najmanje promjera od 8 metara, dok je Wilian Phelps Eno smatrao da bi trebao postojati mali željezni disk veličine od 1,50 metar. [5,6]



Slika 6. Prvi francuski kružni tok "Place de l'Etoile" [6]



### **3. OSNOVNE VRSTE I PROJEKTNI ELEMENTI KRUŽNIH RASKRIŽJA**

Kružna raskrižja u odnosu na tradicionalna raskrižja sa semaforima ili znakovima postaju sve popularnija rješenja u dimenzioniranju gradova. Razlog tome je što kružnim raskrižjima poboljšavamo protočnost prometa te se smanjuje ozbiljnost prilikom pojava prometnih nesreća. Kružna raskrižja dijelimo u četiri osnovne vrste, te je svaka vrsta prilagođena specifičnim potrebama i uvjetima prometa. Svaka vrsta je detaljno opisana u slijedećim poglavljima. Sve vrste podjela raskrižja definirane su prema „Hrvatskim smjernicama za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama“, iz 2014. godine te u nastavku teksta će biti referirane kao Hrvatske smjernice [7].

#### **3.1 Prednosti i nedostaci primjene kružnih raskrižja**

Jednotračna kružna raskrižja pružaju niz prednosti u odnosu na ostala raskrižja u razini zbog toga ih sve češće primjenjujemo. U nastavku teksta opisani su prednosti i nedostaci definirane prema smjernicama [7] uz prošireno objašnjenje.

Ključne prednosti:

1. Veća sigurnost prometa: Na kružnim raskrižjima zbog njegovog geometrijskog i fizičkog oblika smanjuju količinu potencijalno opasnih (konfliktnih) točaka nego na klasičnim raskrižjima u razini. Svojom oblikom vozača prisiljavaju na smanjenje brzine tome rezultira manji broj konfliktnih točaka križanja i preplitanja. Smanjuje se brzina i kut ulaska u raskrižje zbog njegove geometrije što rezultira manjom energijom sudara tj. manje brzine eventualnih sudara s pješacima. Također, vozači moraju usporiti ili zaustaviti se pri ulasku u kružno raskrižje, što dodatno smanjuje rizik sudara.[19]
2. Smanjena razina buke i emisije ispušnih plinova: Zbog neprekidnog toka prometa, manjeg zaustavljanja vozila i vremena čekanja kružna raskrižja obično rezultiraju manjom bukom i emisijom ispušnih plinova.
3. Manje posljedice prometnih nesreća: Sudari do kojih dolazi na kružnim raskrižjima manjeg su intenziteta u odnosu na klasična četverokraka raskrižja. Zbog toka prometa nema čeonih sudara ili sudara pod pravim kutom te su zbog toga posljedice prometnih nesreća na kružnim raskrižjima obično su manje ozbiljne. [19]
4. Propuštanje prometnih tokova i manje vrijeme čekanja: U kružnom raskrižju promet se odvija (u pravilu) bez zaustavljanja ili uz minimalno zaustavljanje zbog propuštanja

nadolazećeg vozila. To utječe pozitivno na propuštanje prometnih tokova velike gustoće te se smanjuje vrijeme čekanja pri uključivanju u raskrižje u odnosu na klasično četverokrako ili semaforizirano raskrižja. U radu [19] provedena je usporedba prosječnog trajanja zaustavljanja vozila na kružnom i semaforiziranom raskrižju. Razlike su značajne te je zaključeno da se najveća ušteda vremena može očekivati po prilaznim ulicama. Smanjeno vrijeme čekanja direktno utječe na manju emisiju štetnih plinova izgaranja goriva te trošku goriva.

5. Manje zauzeće prostora: Usporediva propusna moć kružnih raskrižja s raskrižjima u razini, ali kružna raskrižja zauzimaju manje prostora jer nisu potrebni dodatni trakovi za lijevo i desno skretanje. Stoga se taj dodatni prostor može iskoristiti za izvođenje širih nogostupa, biciklističkih traka i slični elementi kojima se poboljšava kvaliteta života. U članku [19] u 4. točki naveden je primjer rekonstrukcije semaforiziranog raskrižja u kružno čime je uz poboljšanje odvijanje prometa ostvarena ušteda na prostoru. Uštedeni prostor oplemenjen je zelenilom što je utjecalo na smanjenje buke, lošeg učinka asfaltnih površina, dodatno zagrijavanje grada i drugo.

6. Dobro rješenje za raskrižja s približno jednakim prometnim opterećenjem: Kružna raskrižja posebno su učinkovita u situacijama gdje je prometna gustoća na glavnim i sporednim cestama približno jednaka.

7. Učinkovito rješenje za raskrižja s više krakova: Kružna raskrižja mogu se učinkovito koristiti i na raskrižjima s pet ili više ulaza/izlaza time se složenost situacije pojednostavljuje.

8. Manji troškovi održavanja: U usporedbi s semaforiziranim raskrižjima, kružna raskrižja obično zahtijevaju manje održavanja i servisiranja.

9. Mjera za smirivanje prometa u urbanim sredinama: Kružna raskrižja mogu se koristiti kao učinkovita mjera za smirivanje prometa i smanjenje brzine vožnje u urbanim područjima koja se postiže primjenom različitih geometrijskih elemenata kao to su razdjelni otoci, širina i kut ulaza u kružno raskrižje, veličina središnjeg otoka i drugo.

10. Uklapanje u okoliš: Kružna raskrižja mogu se prilagoditi okolnom prostoru i estetici, što ih čini povoljnim rješenjem za urbanističko planiranje. Uređena kružna raskrižja koja su dobro dizajnirana i ozelenjena postaju važan element identiteta naselja.

11. Povoljniji utjecaj na okoliš: Kružna raskrižja obično imaju manji negativni utjecaj na okoliš u usporedbi s semaforiziranim raskrižjima, posebno u smislu emisija ispušnih plinova i potrošnje goriva.

Pored svih navedenih razloga prednosti projektiranja kružnih tokova, nisu uvijek najpovoljnija i idealna rješenja u prometu.

Ključni nedostaci:

1. Povećanje broj vozni traka u kružnome raskrižju: smanjuje se prometna sigurnost. Za razliku od standardnih raskrižja u razini gdje povećanjem broja vozni traka možemo poboljšati tok prometa u kružnim raskrižjima ali to može dovesti do većeg rizika od nesreća tj. povećani broj kolizionih točaka. Preporuka je izvedba jednotračnih križnih raskrižja.

2. Veći broj kružnih raskrižja u nizu: onemogućuje uvođenje koordiniranog prolaza kroz ista tj. "zeleni val". Može rezultirati čestim zaustavljanjem te to smanjuje protočnost prometa.

3. Nedostatak prostora u već izgrađenim područjima: to se odnosi na izgradnju središnjeg otoka kružnog toka te se time može otežati njihova implementacija.

4. Kružna raskrižja većeg promjera nisu prikladna rješenja pred institucijama za slijepo i slabovidne osobe, pred domovima za starije osobe, bolnicama i zdravstvenim ustanovama kao i pred vrtićima, školama i na drugim mjestima gdje se kreće veliki broj djece: za sve navedene sudionika u prometu, izvedba kružnog toka umjesto raskrižja sa svjetlosnim signalima može dovesti do smanjenja sigurnosti sudionika.

5. Intenzivniji pješački/biciklistički promet: može se povećati broj opasnih situacija i povećati rizik od nesreća.

6. Veći broj lijevih sretanja: usporavanje prometa i povećani interval čekanja.

7. Naknadna semaforizacija: semaforiziranjem kružnog toka može pomoći u regulaciji kružnog toka, ali to bitno ne utječe na povećavanje propusne moći istog.

8. Produljenje putanja svih sudionika u prometu: vrijeme putovanja je povećano u odnosu na izravno kanalizirana rješenja te se time povećava vrijeme putovanja i smanjuje učinkovitost prometa.

9. Nepotrebno presijecanje tokova koji skreću ulijevo iz suprotnih smjerova: to nije slučaj kod izravno kanaliziranih raskrižja. To može dovesti do dodatnih komplikacija i potencijalno opasnih situacija u prometu.

Vidljivo je da ima mnogo prednosti, ali i nedostataka, stoga je važno prije projektiranja kružnog raskrižja znati njegovu namjenu kako bi se uskladili elementi projektiranja i postigao najbolji omjer sigurnosti i brzine. Također, treba uzeti u obzir ekonomičnost izvođenja projekta, utjecaj na okoliš, buku i uklapanje u prostor.

### **3.2 Veličina kružnog raskrižja**

Podjela kružnih raskrižja prema veličini odnosi se na vanjski radijus ili vanjski promjer kružnog toka. Veličinom kružnog raskrižja određujemo njegovu funkcionalnost te utječemo na sigurnost sudionika u prometu. Primjenom većih dimenzija elemenata postizemo veći tok vozila i time smanjenje zastoja vozila, no veće dimenzije potiču vozača na veće brzine što direktno utječe na smanjenje sigurnosti sudionika u prometu. Također, većim raskrižjima pružamo veći prostor vozilima za manevriranje, ali time produžujemo vrijeme prijelaza pješaka i biciklista. Prilikom planiranja i dimenzioniranja kružnog raskrižja treba uravnotežiti zahtjeve funkcionalnosti i dimenzija raskrižja kako bi se postigla maksimalno poboljšanje prometnih uvjeta ali i održala sigurnost na cestama.

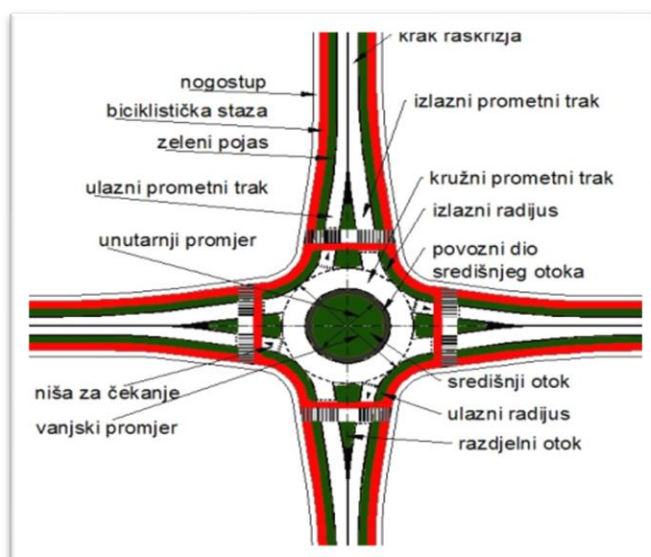
Različite zemlje koriste različite kriterije za ovu podjelu, no u većini država kružna raskrižja dijele se u četiri skupine: mini kružna raskrižja, mala kružna raskrižja, srednja kružna raskrižja i velika kružna raskrižja. Ova podjela definirana je hrvatskim tehničkom regulativom, preuzeto iz[7].

### **3.3 Lokacija kružnog raskrižja**

Obzirom na odabir lokaciju za projektiranja kružnog raskrižja glavna podjela istih je na :

- Urbana (slika 7.)

Kao što i sam naziv govori, urbana kružna raskrižja nalaze se unutar gradova ili naseljenih područja gdje je visoka gustoća prometa i gdje se očekuje veliki broj automobila, biciklista i pješaka. Prilikom gradnje kružnih raskrižja u urbanom području, najčešće smo ograničeni količinom prostora stoga su promjeri kružnih raskrižja mali što pozitivno utječe na postizanje manje brzine kretanja kroz nj te na veću sigurnost sudionika. Velika pažnja usmjerena je na pješake i bicikliste omogućujući im dodatne prijelaze, signalizacije i staze. Također, potrebno je obratiti pažnju na estetiku uklapanja križnog raskrižja u okoliš uređenjem središnjih otoka i ozelenjivanjem površina.



Slika 7. Urbano raskrižje i definirani elementi [7]

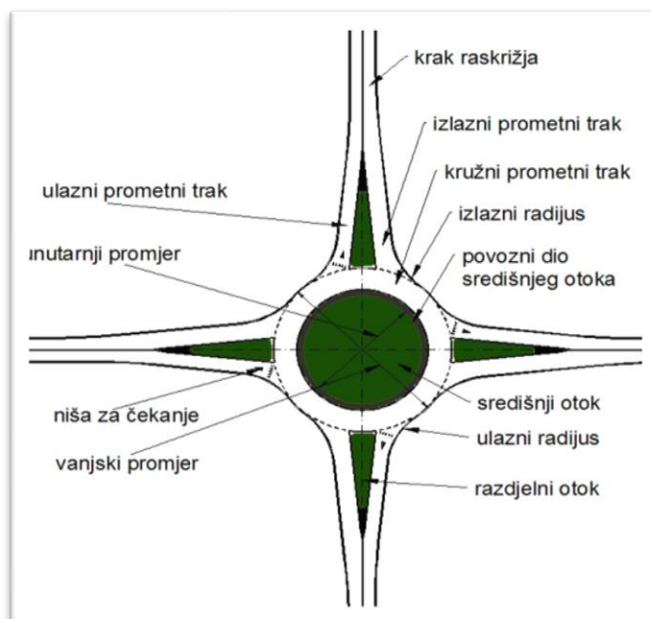
Slikom 8. prikazana je ovisnost o veličini vanjskog radijusa kružnog raskrižja i okvirnom očekivanom dnevnom kapacitetu. Jasno je vidljivo da povećavanjem vanjskog radijusa se povećava kapacitet kružnog raskrižja.

Tip kružnog raskrižja	Vanjski polumjer (m)	Okvirni kapacitet (voz/dan)
Mini urbano	7,0-12,5	10.000 (15.000)
Malo urbano	11,0-17,5	15.000 (18.000)
Srednje veliko urbano	15,0-20,0	20.000 (22.000)

Slika 8. Ovisnost kapaciteta o veličini i vanjskom promjeru urbanih raskrižja [7]

- Izvan-urbana raskrižja (slika 8.)

Izvan-urbana kružna raskrižja smještena su izvan gradova i naselja ili na ulazima u gradove kako bi se naglasio prilaz u urbanu sredinu. U ruralnim i prigradskim područjima promet je manje intenzivan ali se postižu veće brzine. Korištenjem većeg promjera omogućuje se postizanje većih brzina prolaza kroz raskrižje ali i smanjuje se potreba za naglim usporavanjem. U ovim raskrižjima se ne očekuje prisutnost biciklista i pješaka te nisu pristani pješački prijelazi ni biciklističke staze. Manja pažnja se posređuje estetici i uklapanja u prostor, središnji otoci su manje uređeni.



Slika 9. Izvan-urbano raskrižje i definirani elementi [7]

Slikom 10. prikazana je ovisnost vanjskog radijusa izvan-urbanog kružnog radijusa i njegovog okvirnog dnevnog kapaciteta. Okvirni kapacitet velikog izvan-urbanog raskrižja nije naveden te je pretpostavka da je vrijednost veća od okvirnih 24 000 voz/dan.

Tip kružnog raskrižja	Vanjski polumjer (m)	Okvirni kapacitet (voz/dan)
Srednje veliko izvanurbano	17,5 – 22,5	22.000 (24.000)
Veliko izvanurbano	>25	-

Slika 10. Ovisnost kapaciteta o veličini i vanjskom promjeru izvan-urbanih raskrižja [7]

Na primjer, mini kružna raskrižja imaju manji vanjski promjer i često se koriste u urbanim sredinama s manjim prometom, dok velika kružna raskrižja imaju veći vanjski promjer i namijenjena su za veći prometni intenzitet, često na glavnim cestama ili autocestama. Razlike u projektno-tehničkim elementima, kao što su širina traka, prisutnost središnjeg otoka i signalizacija, dodatno otežavaju izravne usporedbe između ovih kategorija u različitim zemljama.

### 3.4 Podjela kružnih raskrižja po namjeni

Kružna raskrižja imaju različite namjene i prema njima se mogu podijeliti u tri glavne skupine: kružna raskrižja za smirivanje prometa, kružna raskrižja za ograničavanje prometa i kružna raskrižja za postizanje što veće propusne moći uz dostatnu prometnu sigurnost. [7]

1. Kružna raskrižja za smirivanje prometa: koristi se u urbanim područjima s intenzivnom izgrađenošću te u prijelaznim urbanim područjima. Ova raskrižja dizajnirana su s ciljem smanjenja brzine i poboljšanja sigurnosti prometa. Njihova glavna funkcija je smirivanje prometa, čime se povećava sigurnost za sve sudionike u prometu, uključujući pješake i bicikliste. Smirivanje prometa postiže se uporabom manjih radijusa i dodatnih prometnih elemenata koji vozače prisiljavaju na sporiju vožnju.

2. Kružna raskrižja za ograničavanje prometa: primjenjuje se u urbanim sredinama na mjestima gdje je potrebno ograničiti promet. Ova raskrižja imaju prikladne geometrijske elemente koji omogućuju postizanje maksimalne dopuštene ili unaprijed propisane propusne moći. Cilj je regulirati promet tako da se smanji njegova gustoća i time poveća sigurnost i kvaliteta života stanovnika tih područja. Ova raskrižja često se koriste u rezidencijalnim zonama ili u blizini škola i bolnica gdje je kontrola prometa od posebne važnosti.

3. Kružna raskrižja za postizanje što veće propusne moći uz dostatnu prometnu sigurnost: nalazi se izvan-urbanih sredina. Ova raskrižja dizajnirana su s ciljem optimizacije toka prometa i smanjenja zastoja. Budući da su smještene na prometnicama izvan-urbanih područja, gdje su brzine veće i promet je intenzivniji, njihov dizajn omogućuje visok stupanj propusnosti uz održavanje odgovarajuće razine sigurnosti. Ova raskrižja imaju veće radijuse i često su opremljena dodatnim elementima za vođenje prometa kako bi se osigurala nesmetana i sigurna vožnja.

### **3.5 Podjela po broju kolničkih traka**

Kružna raskrižja, s obzirom na broj voznih traka, dijele se na:

- Jednotračna
- Dvotračna
- Višetračna

Broj traka u kružnom raskrižju odnosi se na broj prometnih traka unutar kružnog toka. Taj broj mora biti barem jednak broju traka na ulazu u kružni tok i na izlazu iz njega, ali može biti i veći. Najveći broj traka u kružnom raskrižju načelno nije ograničen, no u većini država je ograničen na tri trake. Optimalan kompromis između propusnosti i prometne sigurnosti u kružnom raskrižju postiže se s dvije prometne trake unutar kružnog toka. [7]

Jednotračna kružna raskrižja često su dovoljna za manje prometne volumene, omogućujući jednostavniji dizajn i veću sigurnost. Dvotračna kružna raskrižja pružaju dobar balans između toka prometa i sigurnosti, dok višetračna kružna raskrižja, s tri ili više traka, omogućuju veći kapacitet prometa, ali zahtijevaju složeniji dizajn i upravljanje prometom.

### 3.6 Tipovi kružnih raskrižja

U nastavku su opisane četiri osnovne kategorije kružnih raskrižja.

#### 3.6.1 Jednotračni kružna raskrižja

Jednotračna kružna raskrižja su vrsta kružnih raskrižja, prikazana na slici 11., koji imaju samo jednu prometnu traku na ulazu i izlazu te unutar kružnog raskrižja. Ova vrsta kružnog raskrižja najčešće se izvodi jer zadovoljava manje prometne volumene, omogućujući jednostavniji dizajn i veću sigurnost. Ova vrsta raskrižja posebno je pogodna za područja s manjim prometnim opterećenjem npr. u urbanim područjima, prigradskim područjima, manjim gradovima i ruralnim područjima. Veličina vanjskog radijusa varira u odnosu položaja gradnje te stupnju izgrađenosti površine na kojoj se gradi. Ograničenje brzine usko je povezana sa veličinom kružnog raskrižja te uglavnom iznosi 30 do 40 km/h. [8]



Slika 11. Jednotračno urbano kružno raskrižje [10]

#### 3.6.2 Višetračna kružna raskrižja

Višetračno kružno raskrižje, prikazano slikom 12., sastoji se sa od dvije ili više prometnih traka na ulazu ili na izlazu. Kružni kolnički trak mora biti usklađen sa brojem traka na ulazu i izlazu iz kružnog raskrižja. Ova vrsta raskrižja izvodi se zbog potrebe zadovoljavanja većeg kapaciteta kružnog raskrižja no povećavanjem kapaciteta, sigurnost odvijanja prometa značajno opada. Ova vrsta kružnog raskrižja primjenjuje se u izvan-urbanim područjima tj. na ulazima u gradove i zaobilaznicama. Za izgradnju višetračnih kružnih raskrižja potrebno je napraviti analizu opravdanosti istih. Primjenom većeg vanjskog radijusa postiže se veće brzine kretanja unutar kružnog raskrižja te one iznose 40 do 50 km/h. [9]





Slika 12. Dvotračno izvan-urbano kružno raskrižje [11]

### **3.6.3 Mini kružna raskrižja**

Mini kružno raskrižje, prikazano sliko 13., je oblik jednotračnog kružnog raskrižja s provoznim središnjim otokom. Za razliku od tradicionalnih jednotračnih kružnih raskrižja, kod mini kružnih raskrižja središnji otok je oblikovan tako da omogućava prolaz većim, odnosno dužim vozilima. Obično se mini kružna raskrižja trajno implementiraju unutar postojećih gabarita klasičnih raskrižja, opremljena prometnom signalizacijom i opremom u skladu sa zakonskim propisima i standardima sigurnosti. Ova vrsta raskrižja može imati različite svrhe, uključujući smirivanje prometa, poboljšanje protočnosti i/ili povećanje sigurnosti u prometu. Mini kružna raskrižja se primjenjuju isključivo na cestama unutar naseljenih područja, a brzina kretanja vozila kroz njih obično ne prelazi 25 km/h. U usporedbi s konvencionalnim raskrižjima bez semafora, mini kružna raskrižja obično imaju veću propusnost i višu razinu sigurnosti, uz manje troškove izgradnje. Mini kružna raskrižja mogu biti izvedena kao trokraka ili četverokraka, a iznimno i kao petokraka. Maksimalni vanjski polumjer mini kružnih raskrižja iznosi 12,5 m (vanjski promjer 25 m). Slikom \_ . Prikazan je promjer mini kružnog raskrižja. [7]



Slika 13. Mini kružno raskrižje [7]

### 3.6.4 Turbo kružna raskrižja

Turbo kružno raskrižje je posebna vrsta višetračnog kružnog raskrižja u kojem su neki prometni tokovi međusobno odvojeni i vođeni po prostorno i fizički odvojenim voznim trakama. U turbo kružnom raskrižju prometni tokovi u određenim smjerovima vode se odvojeno već prije ulaza u kružno raskrižje, nastavljaju se odvojeno po kružnom kolniku, te ostaju odvojeni i na izlazu iz raskrižja.

Fizička odvojenost postiže se korištenjem posebnih projektno-tehničkih elemenata unutar turbo kružnog raskrižja, poput uzdignutih rubnjaka (delineatora), koji sprječavaju preplitanje prometnih tokova (promjenu voznih traka) unutar kružnog kolnika. Ovi elementi osiguravaju da se vozila drže svojih predodređenih traka, čime se povećava sigurnost i protočnost prometa.

Za razliku od standardnih jednotačnih kružnih raskrižja primjena turbo kružnog raskrižja primjerena je i u raskrižjima s naglašenom jakošću prometnog toka na glavnom prometnom smjeru i naglašenom jakošću prometnih tokova u različitim smjerovima vožnje. [7]



Slika 14. Turbo kružno raskrižje [12]

## **4. ANALIZA I USPOREDBE TEHNIČKE REGULATIVE ZA KRUŽNA RASKRIŽJA- HRVATSKE I ČEŠKE**

U nastavku teksta opisana je i provedena je analiza tehničkih regulative za kružna raskrižja Hrvatskih i Čeških smjernica, te su navedene analize uspoređene. Cilj usporedbe je izdvojiti razlike te definirani što se njima mijenja prilikom odvijanja prometa unutar kružnih raskrižja.

### **4.1 Opis pojedinih smjernica**

Hrvatske smjernice za kružna raskrižja pružaju detaljne smjernice i preporuke za planiranje, dizajniranje i upravljanje kružnim raskrižjima s ciljem osiguravanja sigurnosti, protočnosti prometa i funkcionalnosti sustava prometa. Ove smjernice obično uključuju različite aspekte kao što su geometrija kružnog raskrižja, prometna signalizacija, pješačke staze, biciklističke staze, osvjetljenje, oznake na cesti, prometni znakovi, sigurnosne barijere i druge infrastrukturne elemente.

Također, smjernice mogu sadržavati preporuke o veličini kružnog raskrižja, promjeru središnjeg otoka, širini prometnih traka, radijusu krivine, postavljanju semafora (ukoliko je to potrebno), regulaciji brzine vozila i drugim tehničkim specifikacijama. Osim toga, smjernice mogu obuhvaćati i najbolje prakse za integraciju kružnih raskrižja s okolnom infrastrukturom, kao što su pristupne ceste, pješačke zone, biciklističke staze i javni prijevoz.

Cilj smjernica je osigurati dosljedan i standardiziran pristup planiranju i dizajniranju kružnih raskrižja kako bi se smanjio rizik od prometnih nesreća, poboljšala protočnost prometa, smanjila zagušenja i stvorila sigurnija i ugodnija prometna okolina za sve sudionike u prometu. [7]

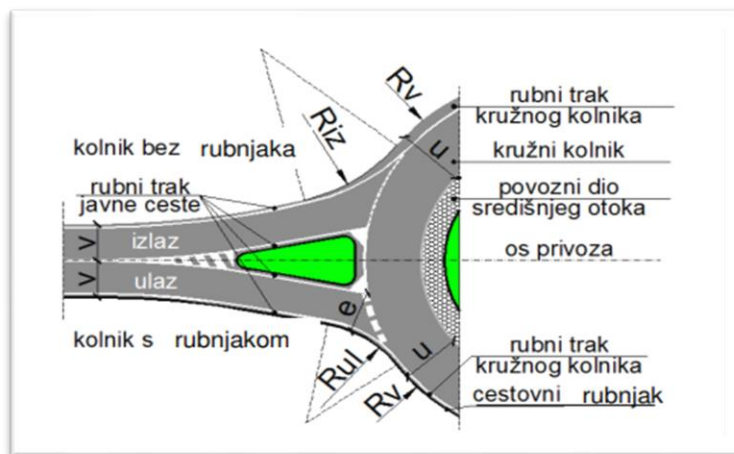
Nova verzija tehničkih uvjeta Čeških smjernica, preuzeto iz [13], namijenjena je za projektiranje kružnih raskrižja na cestama, lokalnim cestama i javno dostupnim namjenskim cestama. Također, primjenjivi su za sve buduće projekte prometnica kao i za njihovu rekonstrukciju. Usporedbom s prethodnom verzijom, projektni elementi ažurirani su na temelju znanja već implementiranih kružnih raskrižja. Nadalje, nadopunjena su načela projektiranja turbo kružnih raskrižja koji su proizašli iz istraživačkog projekta po nazivom “Moderní turbo-okružní křižovatky a jejich aplikace v návrhu dopravních staveb“ (Suvremena turbo-kružna raskrižja i njihova primjena u projektiranju prometnih gradova) no i zbog veće promjene istih. Novom verzijom kružna raskrižja podijeljena su na mini

kružna raskrižja, jednotračna kružna raskrižja i turbo kružna raskrižja dok su prethodnom verzijom bila podijeljena na mala kružna raskrižja i kružna raskrižja.

Pri usporedbi smjernica primjenjuju se važeće „Hrvatske smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama“ iz 2014. godine koje osim osnovnih karakteristika i elemenata za projektiranje kružnih raskrižja sadrže još dodatke kojima se opisuje provjera opravdanosti primjene raskrižja, računa propusna moć, provjerava provozna brzina, provjera provoznosti, provjera preglednosti i prikaz osnovne signalizacije koje treba sadržavati raskrižja. No, prilikom usporedbe čeških smjernica, korištene su tri verzije iz objavljenih u različitim godinama. Osnovne Češke smjernice po kojima se vršila usporedba jest „Priručnik za projektiranje kružnih raskrižja“ iz 2009, no u njima nisu navedeni svi elementi koji su se primijenili pri usporedbi. Kao dodatna literatura za usporedbu korištena je još „Tehnički uvjeti za projektiranje kružnih raskrižja na cestama i lokanim komunikacijama“ iz 2000. te iste smjernice izdane 2017. od Ministarstva prometa.

#### 4.2 Usporedba preporuke za geometrijske elemente

Projektno-tehnički elementi navedeni ovim smjericama prikazani su u preporučenim granicama koji proizlaze iz prometno-tehničkih ili sigurnosnih uvjeta. Za sve navedene elemente neophodno je provesti odgovarajuće kontrole propusne moći, sigurnost, provoznost i preglednost. U nastavku usporediti ćemo vrijednosti iz hrvatskih smjernica sa geometrijskim elementima čeških smjernica, prikazani tablicom 1. U tablici su uspoređeni osnovni elementi za oblikovanje kružnog raskrižja je u nastavku teksta svaki element detaljnije objašnjen. Slikom 15. prikazani su osnovni elementi kružnog raskrižja.



Slika 15. Osnovni elementi kružnog raskrižja prema [7]

#### 4.2.1 Kružni kolnik i provozni dio središnjeg otoka

Prema definiciji [Kružna raskrižja, T.Talozzi, 2007.] „Kružni kolnik je kolnički trak kružnog oblika, po kojemu voze vozila oko središnjeg otoka u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu. Vozila u kružnom toku, u pravilu, imaju prednost pred vozilima koja ulaze u kružno raskrižje“. Širina kružnog kolnika u Hrvatskim smjernicama [7] je u rasponu od 4,0 do 9,0 metara. Na tu vrijednost treba se zbrojiti još zaštitna širina čija vrijednost iznosi 1,0 m (primjenjuje se i u Češkim smjernicama [13]). Raspon širine provoznog kolnika je veći u odnosu na češke smjernice, čija širina je u rasponu od 4,70 m do 7,0 m. U Hrvatskim smjernicama [7] minimalna vrijednost širine kružnog kolnika manja je u odnosu na češke, no maksimalna vrijednost Hrvatskih smjernica [7] za 2 metra je šira u odnosu na Češke smjernice [13]. Kružni kolnik kao i provozni dio središnjeg otoka ovise o veličini vanjskog polumjera kružnog kolnika, dok veličina vanjskog radijusa ovisi o lokaciji, vrsti kužnog raskrižja, namjeni i drugo uvjetima i elementima. Minimalna vrijednost vanjskog polumjera za jednostručna urbana kružna raskrižja je 12,5 metara, ovaj uvjet jednak je u objema smjernicama, a dobivena vrijednost je rezultat provoznosti mjerodavnog vozila u punom krugu kružnog raskrižja. Vanjski polumjeri Hrvatskih smjernica [7] su u rasponu od 11,0 do 25,0 metara te su vrijednosti gotovo iste kao i u Češkim smjernicama [13] koje su u rasponu od 11,5 do 25,0 metara, prikazano slikom 16. Potrebno je naglasiti da se u Češkim smjernicama [13,14,15] vanjski polumjer primjenjuje u promjerima te je to vidljivo na tablici 1.

Tablica 1. Odnos vanjskog polumjera i širine kružnog kolnika Čeških smjernica

Vanjski promjer	Širina kružnog pojasa	Širina prstena	Promjer ne armiranog djela središnjeg otoka
D [m]	Aop [m]	i [m]	Dso [m]
24	7,00	2,70	4,60
26	6,60	2,30	8,20
28	6,20	2,10	11,40
30	6,00	1,80	14,40
32	5,80	1,60	17,20
034	5,50	1,50	20,00
36	5,40	1,30	22,60
38	5,30	1,20	25,00

40	5,10	1,20	27,40
42	5,00	1,10	29,80
44	4,90	1,00	32,20
46	4,80	1,00	34,40
48	4,70	1,00	36,60
50	4,70	1,00	38,60

„Provozni dio središnjeg otoka je onaj dio središnjeg otoka koji zajedno s kružnim kolnikom omogućuje vožnju kroz kružno raskrižje drugim vozilima“, Tollazzi [18]. U Hrvatskim [7] i Češkim [14] smjernicama definirano je da provozni dio središnjeg otoka mora imati drugačiji nagib u odnosu na kružni kolnik. Njegova minimalna širina mora iznositi 1,0 metar te završni sloj mora biti drugačiji to jest neravan u odnosu na asfaltirani kružni kolnik. Svrha drugačije površine je da izaziva vibracije što uzrokuje neugodnosti u vožnji. Razlog tome je da se spriječi prelazak osobnih vozila, a omogući prijelaz većih vozila što je i svrha prozvnog dijela. Slikom 16. prikazani su kružni kolnik (asfaltirani dio) i provozni dio središnjeg otoka (obložen sivim kamenom)



Slika 16. Kružni kolnik i povozni dio središnjeg otoka [7]

-Unutarnji polumjer ( $R_u$ ) je rezultat izbora vanjskog polumjera  $R_v$  i usvojene širine kružnog kolnika

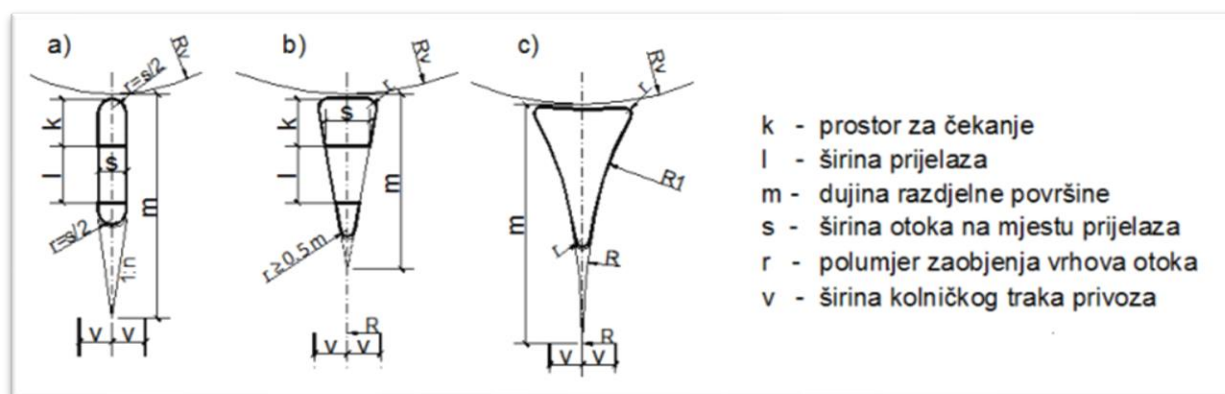
#### **4.2.2 Razdjelni otoci i površina za razdvajanje prometa na privozima**

„Razdjelni otok- otok za pješake je izdignut dio kružnog raskrižja koji ograničava ulaz u kružno raskrižje i izlazi iz kružnog raskrižja, usmjerava vozila u pravilno ulaženje u kružno

raskrižje i izlaženje iz kružnog raskrižja i omogućuje veći stupanj sigurnosti pješaka i biciklista prilikom prelaženja preko kraka kružnog raskrižja.“, Tollazzi [18].

Razdjelni otoci i površina za razdvajanje prometa na privozima su obavezni dijelovi kružnog raskrižja i prema Hrvatskim [7] i prema Češkim smjernicama [15]. Njima se razdvajaju trake suprotnih smjerova prometnih traka, organizira promet, prisiljava vozača na smanjenje brzine pri dolasku ka kružnom raskrižju što direktno utječe na povećanje sigurnosti odvijanja prometa. Svrha i uloga razdjelnih otoka u Češkim smjernicama [15] u potpunosti se preklapa kao i u Hrvatskim [15]. Služe kako bi se osigurala zaštita nemotoriziranog prometa, kontrolirala brzina odvijanja prometa te kako bi se fizički odvojile kolničke trake. Površina razdjelnog otoka je drugačije je teksture u odnosu na provozni dio kružnog raskrižja, a može biti i ozelenjen travom. Češkim smjernicama [15] definirano je da površina razdjelnog otoka mora biti drugačije teksture u odnosu na kolničku traku, te se predlažu kao uzdignuti elementi. Oblik i dimenzije razdjelnog otoka definiranih po hrvatskim smjernicama ovise o vrsti kružnog raskrižja, lokaciji (urbano/izvan-urbano) i namjeni.

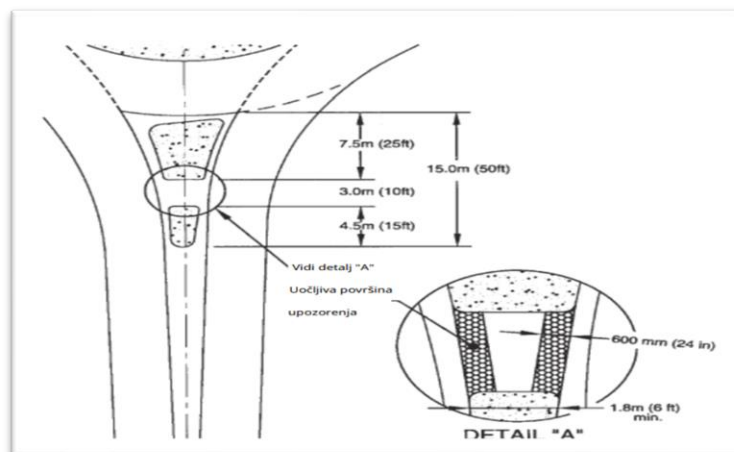
Razlikujemo tri tipa : kapljasti-izduženi (a), trokutasti (b) i ljevkasti (c), slika 17 preuzeta iz [7].



Slika 17. Tipovi razdjelnih otoka [7]

Kapljasti tj. izduženi oblik razdjelnog otoka koristi se samo na malim i mini kružnim urbanim raskrižjima. Trokutasti razdjelni otoka primjenjuju se na malim i srednje velikim izvan-urbanim kružnim raskrižjima i urbanim raskrižjima. Ljevkasti tip izvodi se na izvan-urbanim raskrižjima gdje se ne očekuje prijelaz biciklista i pješaka. U Češkim smjernicama [15] nisu definirani oblici razdjelnih otoka, no predlaže se primjena razdjelnih otoka na svim tipovima kružnih raskrižja čiji je polumjer veći od 10,0 m. Minimalna širina razdjelnih otoka gdje se očekuje prijelaz i zaustavljanje biciklista i pješaka iznosi 2,0 m. češkim smjernicama minimalna širina iznosi 2,0 m no iznimno je dozvoljena širina od 1,5 m. U Hrvatskim

smjernicama [7] definirano je da između kružnog kolnika i pješačkog/biciklističkog prijelaza mora se osigurati niša za zaustavljanje vozila minimalne širine 5,0 m isto vrijedi i za češke. Također, definirano je da površina otoka mora biti najmanje 5,0 m<sup>2</sup> i oni moraju biti pomaknuti najmanje 0,50 m od ruba prometnog traka. Ako je razdjelni otok između ulaza i izlaza na istom radijusu križanja duži od 20 m, već se smatra djeljivim trakom. Slikom 18. prikazane su pojedine dimenzije koje treba sadržavati razdjelni otok. Podatci za Češke smjernice preuzeti iz [15].



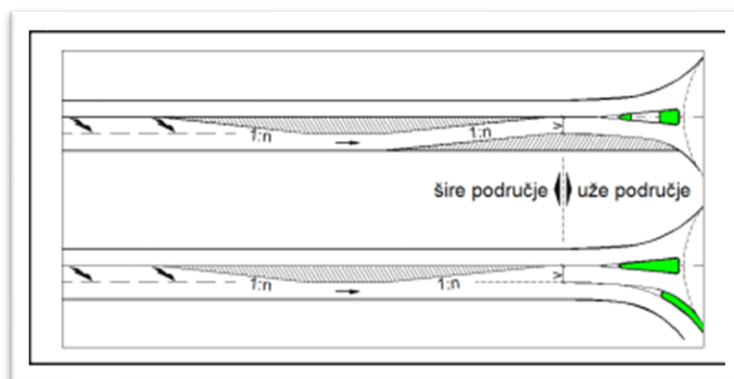
Slika 18. Češke smjernice za dimenzioniranje razdjelnog otoka [15]

#### 4.2.3. Ulaz u kružno raskrižje

„Prilaz (ulaz) je dio privoza u kojem se prilazni prometni trak ulijeva u kružni tok. Prilaz može biti izveden u obliku lijevka ili trokuta. U području prilaza moraju vozila usporiti vožnju ili se zaustaviti, što ovisi o tome postoji li dostatan razmak među vozilima u kružnom toku.“, Tollazzi [18]. Hrvatskim smjernicama [7] navedeno je da je prilaz i ulaz u kružno raskrižje najkritičnija radnja prilikom korištenja kružnih raskrižja. To se smatra najkritičnijom radnjom zato što prilikom oblikovanja ulaza ka kružnom raskrižju elementima oblikovanja treba prisiliti vozača smanjenju brzine kretanja vozila kako bi se postigla veća sigurnost prilikom priključka u kružno raskrižje. Širinom provoznih traka na ulazu utječe se na kapacitet i propusnost kružnog raskrižja. Kako bi se osigurala doseljenost i sigurnost prometa, širina kolničkog traka ne smije biti manja od širine voznog traka. U Hrvatskim smjernicama [7] širina ulaza/izlaza je u rasponu od 3,6 do 10,0 m te ukoliko prilazna cesta ima više od dva prometna traka potrebno je horizontalnom signalizacijom prometne trakove svesti na jedan ali to izvesti prije užeg područja kružnog raskrižja, prikazano slikom 19. Tollazzi [18] navodi da povećanjem širine izlaza vozač postiže veće

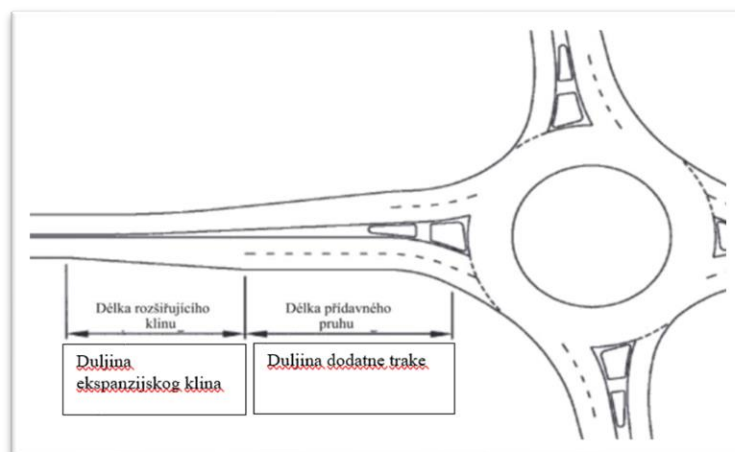


brzine i time se smanjuje prometna sigurnost, vrijedi i obrnuto. Dakle širina izlaza i propusna moć te širina izlaza i razina prometne sigurnosti su obrnuto proporcionalne.



Slika 19. Uređenje prilaza u kružno raskrižje [7]

U Češkim smjernicama navedeno [13,15] je da je širina ulaza najvažnija geometrijska odrednica koja utječe na kapacitet kružnog raskrižja. Kapacitet ne ovisi samo o širini ulaznih traka nego i o ukupnom broju istih. Širina ulaza proporcionalna je kapacitetu kružnog raskrižja i obrnuto proporcionalna sigurnosti prometa. Stoga je prilikom projektiranja potrebno naći optimum između kapaciteta i sigurnosti odvijanja prometa. Širina ulaza se projektira prema standardima za klase prometnica te se uzima u obzir mjerodavno vozilo kako bi mu se omogućio nesmetani prolazak. Minimalna širina ulaza između povišenih rubnjaka iznosi 3,50 m. Ukoliko se primjenjuju djeljivi trakovi predlaže se širina između uzdignutih rubnjaka od 5,5 metara. Širina izlaza projektira se u rasponu od 4,0 do 5,0 metara između uzdignutih rubnjaka. Ukoliko se primjenjuju dvostruke trake u međuraskrižnom djelu, minimalna širina izlaza između podignutih rubnjaka je 5,50 metara kako bi se moglo zaobići parkirano vozilo ili vozilo u kvaru. Smjernicama se navodi da je u nekim slučajevima projektiranja kružnog raskrižja potrebno je proširiti ulaz u raskrižje kako bi se zadovoljio kapacitet istog. Proširenje ulaza izvodi se na dva načina, prikazano slikom 20., izvedbom dodavanjem pune ulazne trake ili postupnim proširivanjem ulaznog dijela gdje su preporuke da se produlji u dužini od minimalnih 25 metara za urbana raskrižja te 40 metara za izvan-urbana raskrižja. Ovim smjernicama nije navedeno obavezno smanjenje broj privoznih traka pri ulazu u užu zonu raskrižja.



Slika 20. Elementi uže zone češkog kružnog raskrižja [15]

Smanjenje brzine postiže se pravilnim odabirom ulaznog polumjera koji mora biti manji ili jednak u odnosu na izlazni polumjer. Razlog tomu je smanjenje brzine prilikom ulaza u raskrižje i što bržeg izlaza iz istog, ali i kako se ne bi stvarale gužve na izlazu iz raskrižja što je dodatno opisano u Češkim smjernicama [13,15]. U Češkim smjernicama [13,15] je još objašnjeno da se ta praksa koristi kako bi se smanjenim brzinama vozila postigla veća sigurnost pješaka na prijelazima i kako bi uz sigurnost prometa poboljšali i tok prometa. U Hrvatskim smjernicama [7] raspon ulaznog polumjera je od 6,0 do 25,0 m, dok je u Češkim smjernicama [13] raspon za jednostručna kružna raskrižja u urbanom području od 10,0 do 30,0 m. Također, navedeno je da ulazni polumjeri mogu biti manji od 10,0 m ukoliko je projektno vozilo manjih dimenzija. Tollazzi [18] navodi da se povećavanjem ulaznog radijusa, povećava propusna moć dok se razina prometne sigurnosti smanjuje i obrnuto. Vrijednost raspona izlaznog polumjera u Hrvatskim smjernicama [7] je od 8,0 do 50,0 m, dok je u Češkim [15] preporučeno da polumjeri izlaza ne bi trebali biti manji od 15,0 m te maksimalna vrijednost nije definirana. U iznimnim situacijama gdje se očekuje velika aktivnost pješaka i gdje se ne očekuje prometovanje velikih vozila veličina vanjskog promjera može biti u rasponu od 10,0 do 12,0 m. Objasnjeno je da se izlazna krivina projektira na način da tangencijalno slijedi vanjski rub kružne trake, a unutarnji rub izlaza se oblikuje postavljanjem tangencijalno na središnji otok.

#### 4.2.4 Središnji otok

„Središnji otok je uzdignuta fizička prepreka kružnog, elipsastog ili drugog prometno prikladnog oblika, postavljena u sredini kružnog raskrižja, koja sprječava vožnju ravno i ograničuje kružno raskrižje na unutarnjoj strani.“, Tollazzi [18] To je element po kojemu je

kružno raskrižje prepoznatljivo. Središnji otok je provozan isključivo kod mini kružnih raskrižja, time se omogućuje prolaz većih vozila (kombi, dostavno vozilo) ukoliko je to potrebno. Prilikom planiranja i projektiranja kružnog raskrižja, u središnjem otoku planira se postavljanje zelene površine, ukrasne rasvjete ili umjetničke instalacije, no oblikovanje treba ostvariti na način da ne narušava preglednost pri i kroz kružno raskrižje te da ne odvlači pozornost vozača. Tollazzi [18] navodi da na izvan-urbanim raskrižjima treba biti onemogućena preglednost preko središnjeg otoka njegovim uređenjem, te da razdjelni otok mora biti uzvišen. Razlog tomu je vožnja noću i ometanje vozača svjetlima prilikom prilaza vozila iz suprotnog smjera. Češkim smjernicama [13,14,15] definirano je da središnji otok mora biti uzdignut minimalno 1,0 m, što Hrvatskim smjernicama [7] nije definirano, kako bi se spriječila preglednost na cijelu površinu kružnog raskrižja. U Češkoj središnji otoci se također ukrašuju zelenilom, no preporučuje se izbjegavanje postavljanje čvrstih prepreka kako to ne bi utjecalo na zaustavnu preglednost. Središnji otok može se koristiti kao tzv. zrcalo kada je kružno raskrižje smješteno iznad druge razine raskrižja ili kada ispod njega prolazi druga vrsta prometa, poput pješačkih podvožnjaka ili željezničkih pruga. Veličina središnjeg otoka ovisi o veličini vanjskog promjera i širini kružnog kolnika, to vrijedi u Hrvatskim [7] i Češkim smjernicama [13,14,15].

U tablici 2. prikazani su uspoređeni elementi projektiranja po hrvatskim i češkim smjernicama. Rađena po primjeru tabele preporučenih i graničnih vrijednosti geometrijskih elemenata za projektiranje jednotračnih malih i srednje velikih kružnih raskrižja iz hrvatskih smjernica [7] u podnaslovu 5.3.1. . Usporedbom elemenata dvaju smjernica uočene su sličnosti i razlike.

*Tablica 2. Usporedba osnovnih elemenata za projektiranje kružnih raskrižja Hrvatskih [7] i Čeških [13,14,15] smjernica*

Elementi	Hrvatske smjernice (granično)	Napomena	Češke smjernice	Napomena
Vanjski polumjer	11,0-25,0 m	-preporučena vrijednost - promjer mora biti dovoljno velik da omogućuje prolaz mjerodavnog vozila	11,50-25,0 m	
Širina kružnog kolnika	4,0-9,0 m + sigurnosna širina 1,0 m	-minimalna širina određuje se prema trajektorijama kretanja	4,7-7,0 m + sigurnosna širina 1,0 m	-ovisi o trajektorijama kretanja referentnog vozila

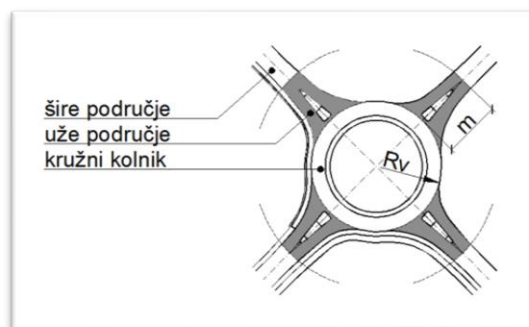
		mjerodavnog dvoosovinskog vozila u punom krugu		
Širina ulaza/izlaza	3,60-10,0 m	-širina na kontaktu s kružnim kolnikom -od presjecišta lijevog ruba ulaznog traka i luka vanjskog polumjera okomito na ulazni polumjer -izlaznu širinu treba oblikovati po mjerodavnom vozilu	Ulaz: 3,5m iznimno 5,50m Izlaz:4,0-5,0m Iznimno 5,50m	-ulazi koji nisu odvojeni razdjelni otokom, min. Širina je 3,00 m - min. širina ulaza između podignutih rubnjaka je 3,5 m.
Širina voznog traka	2,50-7,0 m	-utječe na propusnost vozila -ne smije biti manja od širine prilazne ceste -minimalna širina ne smije biti manje od 3 m	3,0-3,50 m	-uzimaju se u obzir različite vrste vozila i prometni uvjeti -ovisi o tipu ceste i prometnom opterećenju
Ulazni polumjer	6,0-25,0 m	-utječu na brzinu ulaska -važni za osiguravanje sigurnosti na ulazu i unutar kružnog raskrižja	10,0-30,0 m	-urbano jednotračno kružno raskrižje - $R < 10,0m$ na raskrižjima lokalnih cesti za malo mjerodavno vozilo -projektiranje za dvotračna kružna raskrižja je složenije
Izlazni polumjer	8,0-50,0 m	-osigurava primjerenu propusnost i sigurnost pri izlaznoj brzini -vrijednost mora uvijek biti veća ili jednaka ulaznom polumjeru	15,0-30,0 m	-veći radijus od ulaznih, zbog smanjenja gužvi na izlazu -iznimno 10,0-12,0 m

Jasno je vidljivo da je raspon vrijednosti elemenata u Hrvatskim smjernicama [7] mnogo veći u odnosu na Češke smjernice [13,14,15]. Vrijednosti vanjskog polumjera gotovo su iste, no postoje znatne razlike uspoređujući širine kružnog kolnika, ulaza/izlaza i voznih traka. Širina ulaza/izlaza u Hrvatskim smjernicama [7] može biti projektirana u maksimalnoj vrijednosti od 10,0 m, ukoliko se to provede, vozač nema potreba smanjivati brzinu pri ulazu

u raskrižje. U odnosu na Češke smjernice [13,14,15] gdje su maksimalne vrijednosti u iznimnim slučajevima 5,5 m za ulaz/izlaz, što je gotovo 5,0 m manje nego li u Hrvatskim smjernicama [7]. Isto vrijedi za širine voznog traka, gdje je u Hrvatskim smjernicama [7] maksimalna vrijednost od 7,0 m, dok u Češkim smjernicama [13,14,15] ona ne prelazi 3,5 m. Uspoređujući vrijednosti ulaznog radijusa razlike nisu toliko izražene kao u razlikama između vrijednosti izlaznog radijusa. U Češkim smjernicama [13,14,15], vrijednost izlaznog radijusa iznimno može biti smanjen na vrijednost 10,0-12,0 m dok je u Hrvatskim smjernicama [7] minimalna vrijednost 8,0 m. Maksimalna veličina izlaznog radijusa po Hrvatskim smjernicama [7] za urbano kružno raskrižje je 50,0m što u odnosu na Češke smjernice [13,14,15] je 20,0 m veće od njihove maksimalne vrijednosti. Uspoređujući navedene širine možemo predvidjeti da se po Hrvatskim smjernicama [7] da projektirati kružno raskrižje velikih širina i dimenzija što uz pretpostavku može utjecati na postizanje većih brzina vozača od one planirane i time se smanjiti sigurnost sudionika u prometu.

### 4.3 Horizontalno i visinsko vođenje kružnih raskrižja

Prema Hrvatskim smjernicama [7] područje kružnih raskrižja dijelimo u tri zone; šire područje, uže područje i kružni kolnik prikazani su slikom 21. Uže područje kružnog raskrižja određeno je duljinom površine za usmjeravanje prometa i sadrži sve elemente poprečnog presjeka prilazne ceste. Šire područje kružnog raskrižja smatra se djelom prilazne ceste na kojemu su izmijenjeni elementi prilazne ceste ili su uvedena graničenja odvijanja prometa u funkciji kružnog raskrižja.

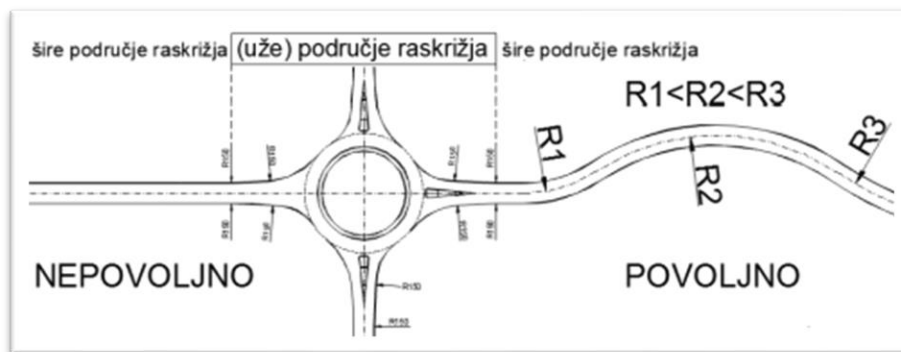


Slika 21. Područja kružnog raskrižja [7]

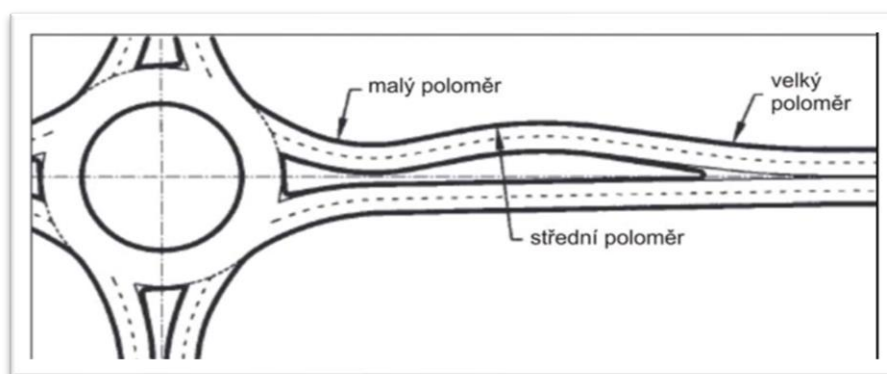
#### 4.3.1. Horizontalno vođenje

Horizontalno vođenje odnosi se na uređenje osi privoza prema kružnom raskrižju odnosno uređenjem i oblikovanjem cesta koje vode ka križnom raskrižju. To je vrlo bitan element pri projektiranju jer se njime utječe na sigurnost i preglednost samog kružnog raskrižja kao na sve njegove sudionike te smanjuje mogućnost ili ozbiljnost prometnih nesreća. Slikom 22.

prikazano je povoljno i nepovoljno oblikovanje pristupnih cesta ka kružnom raskrižju. Tollazzi [18] navodi kako korištenje elementa pravca za pristup raskrižju u široj zoni nije preporučljiv zato što vozača ne upozorava da je u blizini raskrižje i time se brzine vožnje ne smanjuju. Dok se pravac preporučuje u užoj zoni raskrižja kako bi se postigla okomitost priključka privoza na raskrižje. Time se postiže veća preglednost na raskrižje, efikasnije se koristi prostor, povećava sigurnost zbog smanjene brzine kretanja vozača. Također, Tollazzi [18] navodi kako u široj zoni kružnog raskrižja pri postupnom smanjenju kružnih lukova u slijedu vozači postupno smanjuju brzinu kretanja pred kružnim raskrižjem, prikazano na desnoj strani slike 22. Korištenjem kružnih lukova pred dolaskom u kružno raskrižje alarmira vozača da dolazi do promjene na cesti te da usporava. Navedeni elementi definirani su po hrvatskim i češkim smjernicama. Slikom 23. prikazano je postupno smanjivanje kružnih lukova prilazom ka raskrižju u češkim smjernicama.



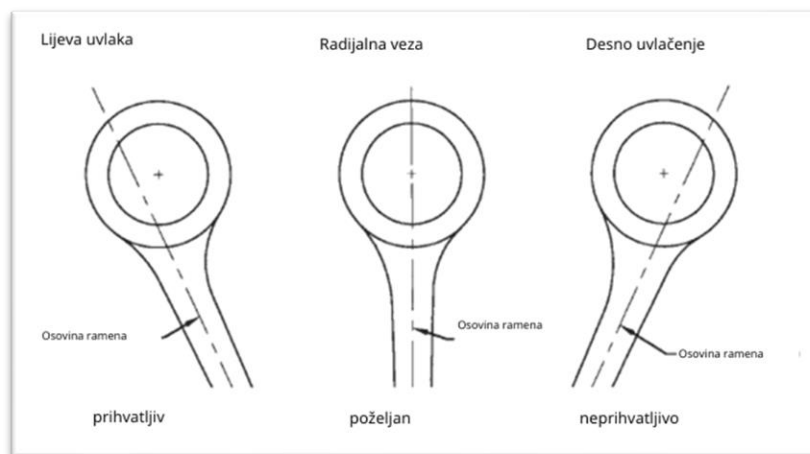
Slika 22. Prikaz položaja ceste na širem području raskrižja [7]



Slika 23. Ispravno rješenje prilaza kružnom raskrižju [15]

Hrvatskim [7] i Češkim smjernicama [15] je definirano da je najpogodniji položaj osi krakova prilaznih cesti kada prolazi kroz centar središnjeg otoka. Razlog tome je zato što na naj način se osiguravaju male brzine na ulazu i izlazu iz raskrižja. Manjim brzinama

povećava se sigurnost prometa te se jasnije i brže uoče pješaci na prijelazima. Ukoliko se iz nekog razlog os priključnih cesti ne može smjestiti kroz os središnjeg otoka, postavlja se s malim odmakom u lijevo. Na taj način omogućuje se dovoljna zakrivljenost na ulazu, ali se postižu veće brzine na izlazu. Najnepovoljnija situacije je ako središnja os sječe središnji otok desno središta kružnog raskrižja. Takvim rješenjem stvara se tangencijalna veza između osi i kružnog raskrižja te se postižu najveće brzine na ulazu. Velikim brzinama na ulazu vozaču se omogućuje da kolokvijalno rečeno „proleti“ kroz raskrižje što smanjuje sigurnost i povećava postotak prometnih nesreća, slika 24.

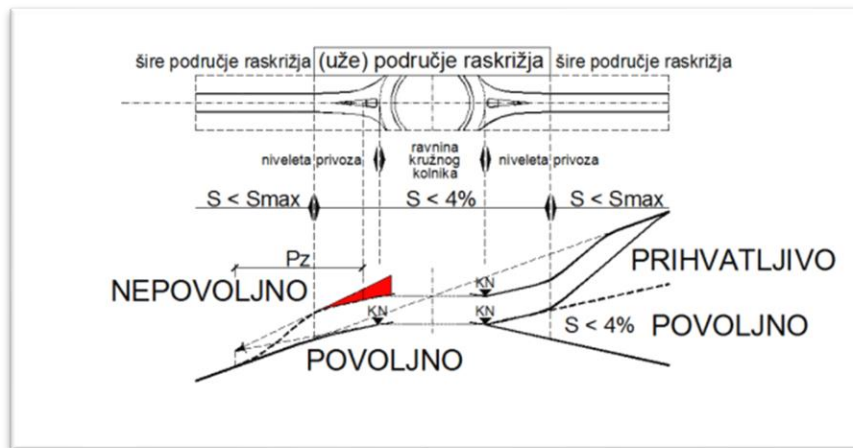


Slika 24. Spoj krakova kružnih raskrižja [15]

#### 4.3.2. Visinsko vođenje

Elementi visinskog vođenja ceste trebaju biti usklađeni kako bi se postigla sigurnost prometa to jest postigla dobra vidljivost na cesti. Također, usklađivanjem elemenata osigurava se ugodna vožnja bez naglih udara i vibracija što također utječe na smanjenje rizika od destabilizacije vozila. Promet je efikasniji i protočniji jer se omogućuje vozaču vožnju pri konstantnoj brzini te se time smanjuje buka i potrošnja goriva. To su elementi : niveleta privoza raskrižju, položaj i poprečni nagib kružnog kolnika te poprečni nagib privoza kolnika. Niveleta privoza odnosi se na visinski položaj privoza pomoću koje osiguravamo odvodnju kišnice sa ceste i preglednost. Vrijede različita pravila nagiba nivelete u ovisnosti područja raskrižja. U Hrvatskim [7] i Češkim smjernicama [15] definirana je podjela nivelete na uže i šire područje raskrižja. U jednim i drugim smjernicama navedeno je da niveleta u širem području raskrižja vrijednosti nivelete budu manji ili jednaki 4%. U užem području raskrižja vrijednost nivelete mora biti manja od 4% ,ali ne manja od 0,5 %, kako bi se osigurala odvodnja unutar kružnog raskrižja. Slikom 25., koja je preuzeta iz Hrvatskih

smjernica [7], prikazano je uže i šire područje raskrižja te povoljna, nepovoljna i prihvatljiva rješenja izvođenja nivelete.

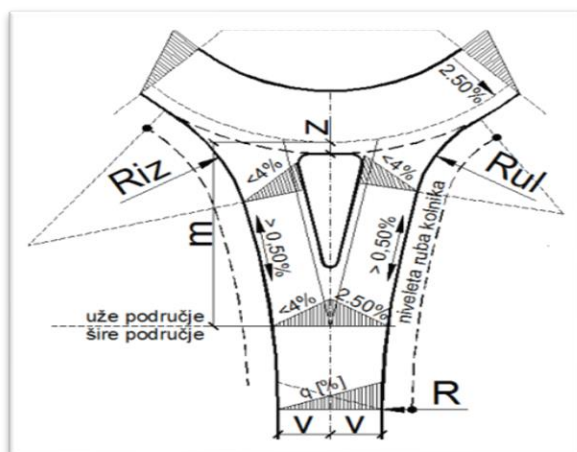


Slika 25. Visinsko vođenje u širem području raskrižja [7]

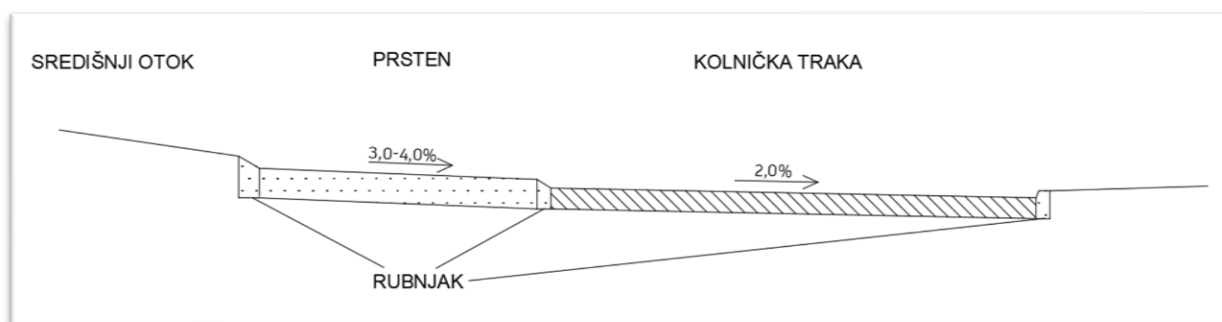
#### 4.3.3. Poprečni nagib i vitoperenje kolnika

„Glavni zadaci poprečnog nagiba kružnog kolnika su odgovarajuće odvodnjavanje i omogućavanje „glatkih“ promjena nagiba na prijelazima između privoznih trakova i kružnog kolnika.“, Tollazzi [18]. Postoje tri načina izvođenja poprečnog nagiba, a to su : poprečni nagib prema van, poprečni nagib prema unutra i dvostrešni poprečni nagib. Ova podjela opisana je u hrvatskim smjernicama [7] dok u češkim smjernicama nema navođenja podjele. Poprečni nagib u Hrvatskoj i Češkoj, ali i u ostalim državama, najčešće se izvodi prema van. Takav način izvođenja najlakši prilikom osiguravanje odvodnje kružnog raskrižja, ali i uklapanja privoza i kružnog kolnika. Poprečni definiran u Hrvatskim smjernicama [7] nagib ne bi trebao biti veći od 2,5 %, dok je u Češkim smjernicama [15] maksimalna vrijednost poprečnog nagiba 2,0 %. Slikom 26. koja je preuzeta [7], prikazane su vrijednosti poprečnih nagiba. Također, poprečni nagib prstena u Hrvatskim [7] i Češkim smjernicama [15] mora biti do 4,0 %. Primjer poprečnog nagiba po Češkim smjernicama [15] prikazano je slikom 27.





Slika 26. Poprečni nagib ulaza, izlaza i unutar kružnog raskrižja [7]



Slika 27. Poprečni presjek po češkim smjericama [15]

U nastavku u tablici 3. uspoređeni su elementi horizontalnog i visinskog vođenja trase.

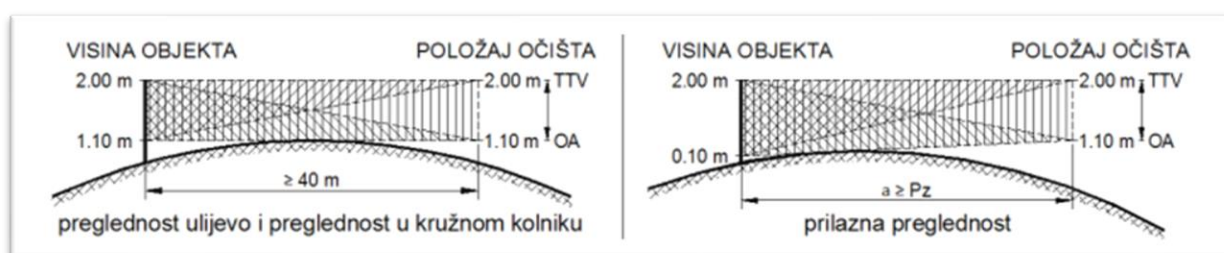
Tablica 3. Usporedba horizontalnih i vertikalnih elemenata kružnih raskrižja

Elementi	Hrvatske smjernice	Napomena	Češke smjernice	Napomena
Niveleta na širem području	4%	-Ukoliko je niveleta strmija od 4% potrebno ju je dovesti do povoljne vrijednosti	4%	-U slučajevima kada nagib mora biti veći od navedenog, posebnu pažnju treba usmjeriti na sigurnost prometa
Niveleta na užem području	<4%	-Vrijednosti ne bi smjele biti manje od 0,5% zbog odvodnje -Izuzetno mogu biti veće od 4%	<4%	-Vrijednosti ne smije biti manja od 0,5% zbog odvodnje
Poprečni nagib	$\geq 2,5\%$	-češće se izvodi poprečni nagib prema van	$\geq 2,0\%$	-izvodi se poprečni nagib prema van

Usporedbom elemenata horizontalnog i visinskog vođenja trase prikazani tablicom, jasno je vidljivo da nema velikih razlika. Jedina razlika koja postoji je da u Češkim smjericama [15] prilikom izvođenja poprečnog nagiba maksimalna vrijednost je 2,0% u odnosu na Hrvatske smjernice [7] gdje je maksimalna vrijednost 2,5%.

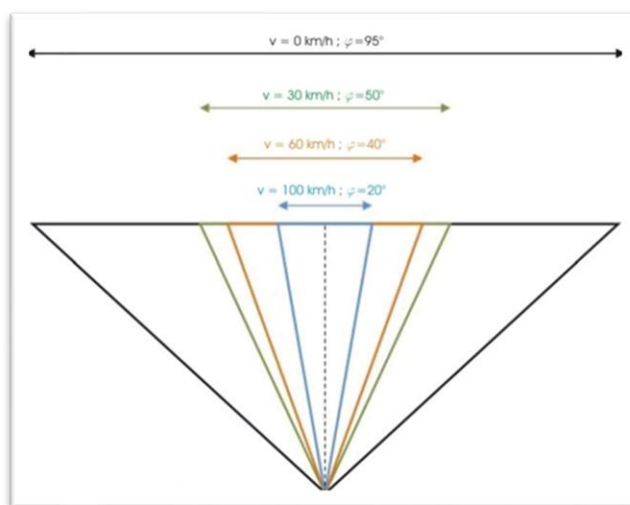
## 5. PREGLEDNOST KRUŽNIH RASKRIŽJA

Preglednost kružnih raskrižja odnosi se na sposobnost vozača da jasno vidi druge sudionike u prometu i predmete na cesti kako bi mogao sigurno voziti i pravovremeno reagirati. To je ključan element prilikom projektiranja kružnog raskrižja. U Hrvatskim smjernicama [7] navedeno je da je prostor preglednosti definiran položajem očišta vozača na visini između 1,10 i 2,00 m, ali to ne vrijedi prilikom osiguravanja preglednosti u lijevo i u kružnom kolniku gdje je potrebno osigurati preglednost objekta visine između 1,0 i 2,0 m. Slikom 28. prikazani su navedeni uvjeti.



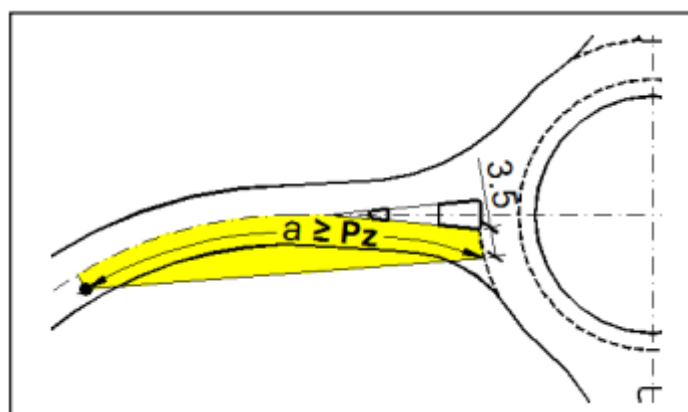
Slika 28. Prostor preglednosti u kružnom raskrižju Hrvatskih smjernica

U odnosu na Hrvatske smjernice [7], u Češkim smjernicama [15] ne spominje se visina položaja očišta za osiguravanje preglednosti već se spominje širina perifernog polja u ovisnosti brzine kretanja vozila. Slikom 29. prikazan je dijagram ovisnosti brzine i širine perifernog polja čiji je odnos obrnuto proporcionalan. Dakle, povećavanjem brzine kretanja, periferno polje se sužava te je preglednost manja.



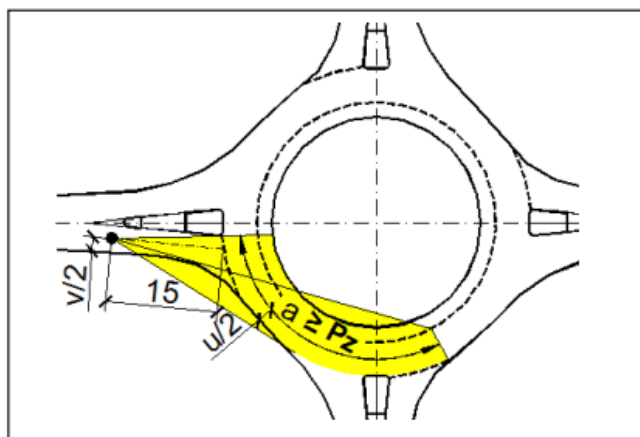
Slika 29. Širina perifernog polja u ovisnosti brzine kretanja vozila [15]

Osiguravanje preglednosti na kružnim raskrižjima državnih cesti u Hrvatskoj podijeljeno je u četiri kategorije. Prva vrsta preglednosti koju je potrebno osigurati jest prilazna preglednost prilaza, na način da se uz vertikalnu preglednosti ispuni uvjet horizontalne preglednosti. Dakle, vozača treba upozoriti prometnim znakovima da se približava raskrižju kako bi na vrijeme usporio i kako bi uočio prijelaz biciklista i pješaka. Za brzinu kretanja vozila od 40 km/h, minimalna zaustavna pregledna udaljenost iznosi 40 m, podatak preuzet iz [20]. Slikom 30. prikazana prilazna preglednost privoza raskrižju, odnosno potrebna duljina kako bi se vozilo na vrijeme zaustavilo to jest duljina zaustavne preglednosti. Isto vrijedi za prvi kriterij određivanja preglednosti po Češkim smjernicama [14,15]. U njima je još navedeno da je potrebno osigurati preglednost na razdjelni i središnji otok te da duljina zaustavne preglednosti ovisi o brzini vožnje  $V_{85}$ . Prilazna tj. zaustavna preglednost u Češkoj prikazana je na slici 36 gdje se naziva kriterij 1.



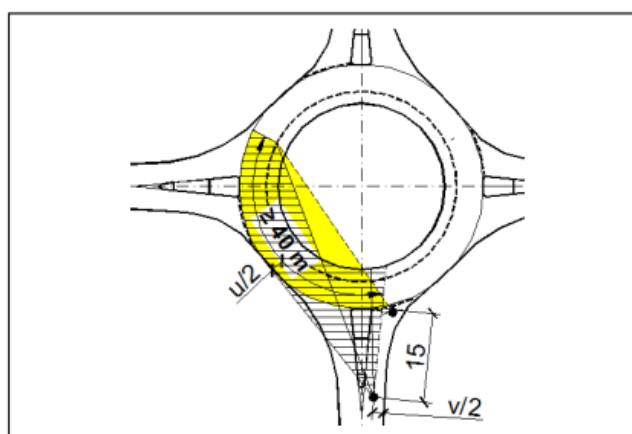
Slika 30. Prilazna preglednost privoza raskrižju [7]

Druga vrsta preglednosti koju je potrebno osigurati po Hrvatskim smjernicama [7] je preglednost na ulazu kojim se navodi da svim vozačima pri približavanju crti zaustavljanja treba biti osigurana vidljivost predmeta na visini između 0,25 i 2,0 m duž punog promjera kružnog kolnika. Preglednost na ulazu mora provjerava se iz sredine desnog prometnog traka na udaljenosti od 15,0 m ispred razdjelne crte, podatak preuzet iz [18]. Minimalna duljina koja treba bit zadovoljena je 40,0 m. Kod kružnih raskrižja gdje je vanjski polumjer manji od 20,0 m preporučuje se preglednost duž cijelog kružnog kolnika. Drugi uvjet preglednosti prikazan je na slici 31. U Češkim smjernicama [14] za isti kriterij preglednosti, koji vrijedi za mala i mini kružna raskrižja, maksimalna duljina koju je potrebno zadovoljiti je 25,0 m. Prikazano na slici 37 (lijeva skica).



Slika 31. Preglednost na ulazu u kružno raskrižje [7]

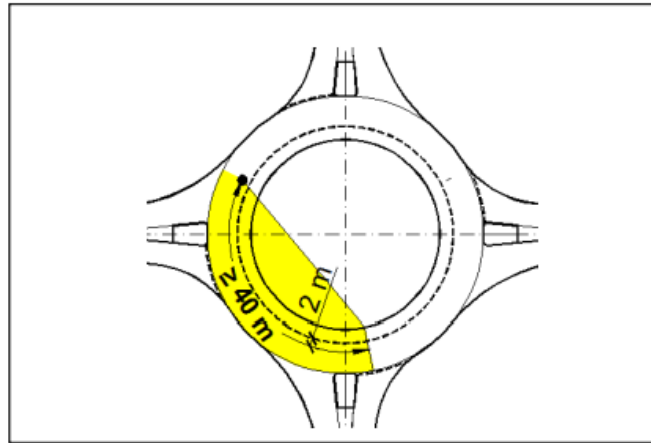
Treći kriterij koji je potrebno osigurati po Hrvatskim smjernicama [7] jest preglednost u lijevo. Preglednost se provjerava od sredine desnog prometnog traka na udaljenosti od 15 m ispred razdjelne crte. Kod raskrižja promjera manjeg od 40,0 m nema podataka o duljini preglednosti u lijevo [18]. Također Tollazzi [18] tvrdi da kod nekih malih kružnih raskrižja prevelika preglednost može prouzročiti prevelike brzine na ulazu u raskrižje. Kako bismo to spriječili, preglednost se smanjuje dodavanjem raslinja na središnji otok. Preglednost u lijevo prikazana je na slici 32. U Češkim smjernicama [15] preglednost u lijevo određuje se koju duljinu prijeđe automobil u vremenu od 4 sekunde krećući se brzinom  $V_{85}$ . Preglednost u lijevo prikazana je slikom 36 pod nazivom kriterij 2.



Slika 32. Preglednost u lijevo sa privoza [7]

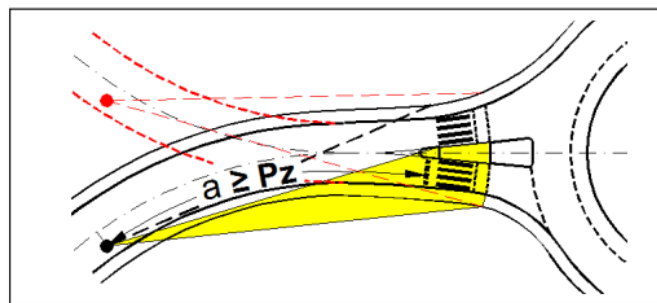
Četvrta vrsta preglednosti koju treba odrediti na temelju Hrvatskih smjernica [7] je preglednost u kružnom kolniku. Ova vrsta preglednosti provjerava se u punoj širini kolnika na 2,0 m udaljenosti od središnjeg otoka. Prilikom odabira vrste zelenika kako bi se uredio središnji otok treba pripaziti kako bi se ispunio ovaj zahtjev preglednosti. Prikazano na slici

33. U Hrvatskim smjernicama [7] nije definirana vrijednost duljine u kojoj treba biti zadovoljena preglednost u kružnom kolniku, dok u Češkim smjernicama [14] jest. Određuje se isto u punoj širini kolnika na udaljenosti od 2,0 m od središnjeg otoka u duljini od 25 m, prikazano slikom 37 (desni skica).

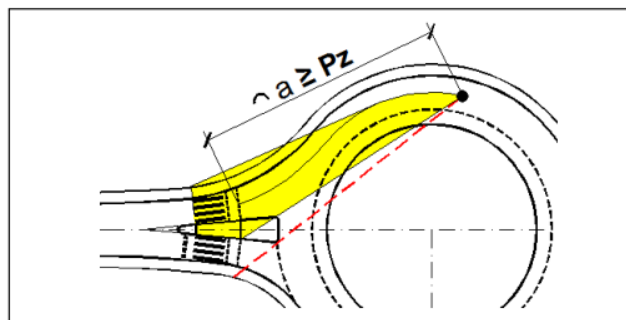


Slika 33. Preglednost u kružnom kolniku [7]

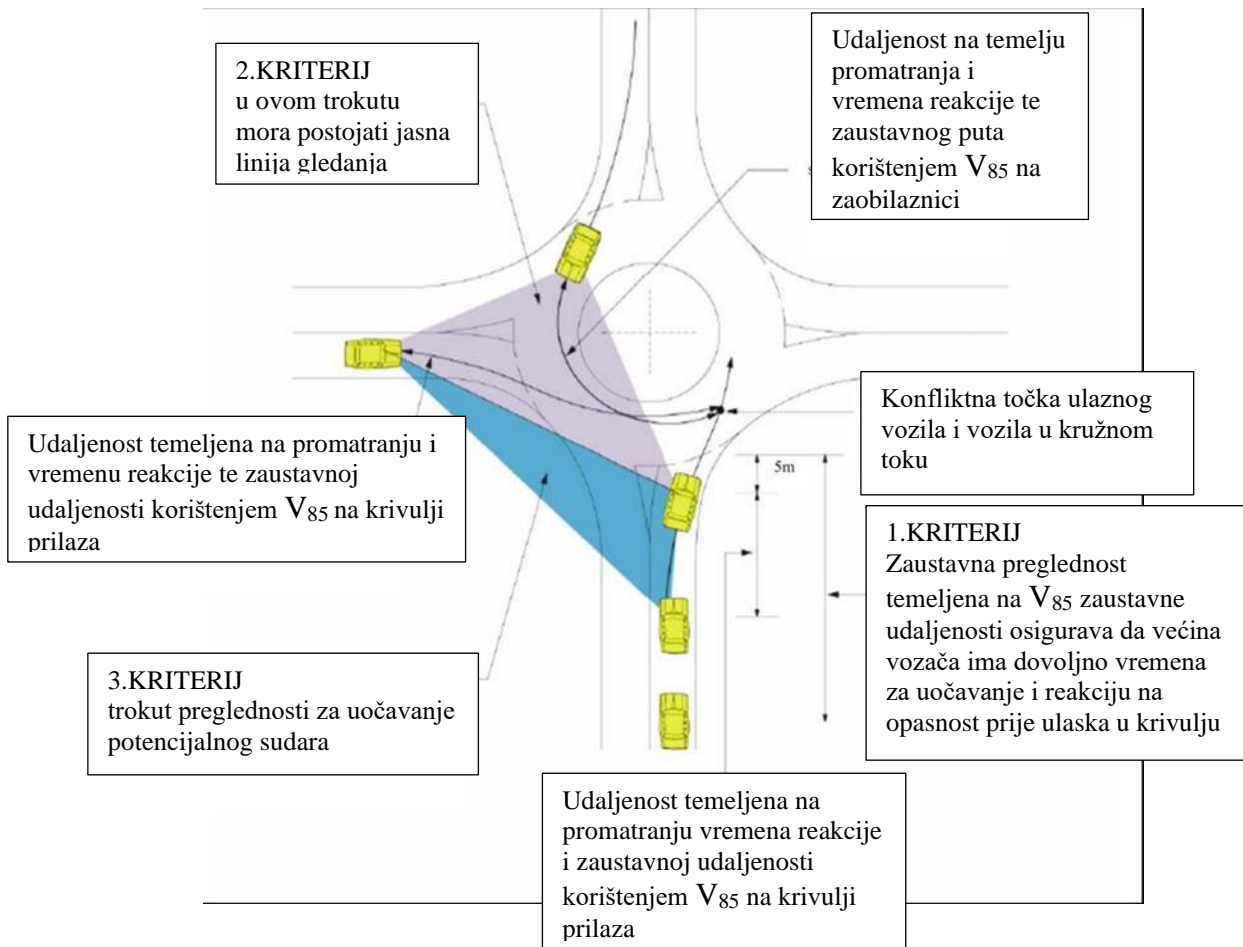
Po Hrvatskim smjernicama [7] potrebno je osigurati preglednost pješačkog/biciklističkog prijelaza na ulazu u raskrižje (slika 34.) i u kružnom kolniku (slika 35.). U Češkim smjernicama [15] se za osiguravanje preglednosti nemotoriziranog prometa tj. za pješački i biciklistički promet predlaže se fizičko odvajanje od kružnog toka.



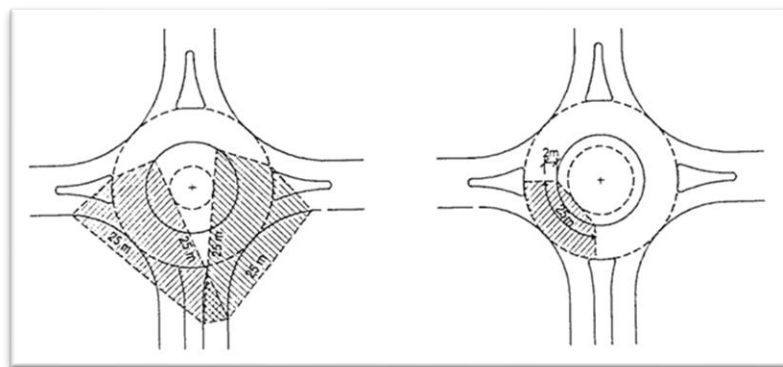
Slika 34. Preglednost pješačkog/biciklističkog prijelaza na ulazu [7]



Slika 35. Preglednost pješačkog/biciklističkog prijelaza iz kružnog kolnika [7]



Slika 36. Kriteriji preglednosti [15]



Slika 37. Uvjeti preglednosti za mini i mala kružna raskrižja [14]

Tablica 4. Usporedba uvjeta preglednosti hrvatskih i čeških smjernica

Elementi	Hrvatske smjernice	Napomena	Češke smjernice	Napomena
Prilazna preglednost privoza raskrižju	-potrebno je upozoriti vozača da se približava raskrižju	-veća dimenzija signalizacijskih znakova -postavljanje znakova na podlogu žute boje	-potrebno je upozoriti vozača da se približava raskrižju	-vozač mora imati dovoljnu preglednost da bi mogao zaustaviti vozilo

Preglednost na ulazu	- $D_P$ min. 40 m	- $R_v < 20$ m preporuča se preglednost na cijelom kružnom kolniku	- $D_P$ max. = 25 m, 15,0 m od vanjske ivice kružnog traka	- vrijedi za mala i mini kružna raskrižja
Preglednost ulijevo	15,0 m od vanjske ivice kružnog traka - $R_v < 40,0$ m nema podataka	- treba biti ostvarena sa pozicije sredine crte zaustavljanja - na privozima sa visokim prilaznim brzinama	- $D_P$ max. = 25 m, 15,0 m od vanjske ivice kružnog traka	- na obilaznici - na kolniku prethodnog ulaza, ako je na ovoj udaljenosti ulaz povezan
Preglednost u kružnom kolniku	- ostvarena na punoj širini kolnika - 2,0 m udaljen od središnjeg otoka	- potrebno izbjegavati sadnju visokog raslinja	- 25,0 m - 2,0 m od ruba središnjeg otoka do vozne trake kružnog pojasa	- na zaobilaznici - na slijedeći izlaz ukoliko su izlazi povezani
				- u kriterijima za ispitivanje preglednosti koristi se brzina $V_{85}$

Zaustavna preglednost to jest prilazna preglednost je jednaka u obje vrste smjernica. Njome je potrebno osigurati da vozaču bude jasno da se približava kružnom raskrižju te da smanji brzinu kretanja vozila. Kako bi se to naglasilo postavljaju se prometni znakovi većih dimenzija te se postavlja definirana ulična rasvjeta. Preglednost na ulazu u objema smjericama se provjerava na udaljenosti od 15,0 m od razdjelne crte kružnog raskrižja. No, u Hrvatskim smjericama [7] minimalna duljina preglednosti koju treba zadovoljiti je 40,0 m dok je u Češkim smjericama [14,15] maksimalna duljina 25,0 m. Preglednost u lijevo pregledava se na udaljenosti od 15,0 m od vanjskog ruba kružnog kolnika u sredini desne kolničke trake. U Hrvatskim smjericama [7] nije definirana duljina koju je potrebno zadovoljiti u raskrižjima gdje je promjer manji od 40,0 m, dok je u Češkim smjericama [14,15] maksimalna duljina preglednosti koju je potrebno zadovoljiti 25,0 m. Preglednost u kružnom kolniku se u obje vrste smjernica određuje na istoj udaljenosti u odnosu na rub središnjeg otoka, no u Češkim smjericama [14,15] definirano je da to mora biti na udaljenosti od 25,0 m. Također, prilikom proračunavanja preglednosti u Češkim smjericama [14,15] koristi se  $V_{85}$  što u Hrvatskim smjericama [7] nije slučaj. U Hrvatskim smjericama [7] detaljno je prikazano kako se treba osigurati preglednost pješačkih i biciklističkih prijelaza, a u Češkim [14,15] je samo navedeno da se preporuča fizičko odvajanje. Možemo zaključiti da se u obje vrste smjernica preglednost provjerava na slični način samo što su u Hrvatskim smjericama [7] duljine koje je potrebno zadovoljiti veće



nego li u Češkim smjernicama [14,15]. Pretpostavka je da je u Hrvatskim smjernicama [7] potrebno zadovoljiti veću duljinu preglednosti zbog većeg raspona duljine elemenata koji se koriste za projektiranje kružnih raskrižja.

## 6. PROVJERA BRZINE U KRUŽNOM RASKRIŽJU

Brzina kretanja unutar kružnog raskrižja ima ključnu ulogu prilikom održavanja sigurnog odvijanja prometa te njegove fluidnosti. To je važan aspekt prilikom projektiranja kružnog raskrižja kako bi se poboljšala njegova funkcionalnost, ali i smanjila vjerojatnog pojave prometnih nesreća. Brzina kretanja ovisi o raznim čimbenicima kao što su geometrija raskrižja, kategorija ceste, lokacija, količina prometa, kapacitet i drugo, stoga prilikom projektiranja raskrižja potrebno je naći korelaciju između brzine i ostalih parametara koji na nju utječu. U nastavku teksta prikazane su metode provjere brzine i provoznosti unutar kružnog raskrižja.

Način na koji se provjerava preglednost, provoznost i brzina kao i oblikovni elementi u Hrvatskim smjernicama [7] kompatibilni su nizozemskim, slovenskim i srpskim smjernicama, definirano je u radu [17]. „Osnovna je pretpostavka svih smjernica da se putanja vozila u kružnom raskrižju sastoji od više kružnih lukova za slučaj kretanja vozila ravno kroz raskrižje te skretanja lijevo, odnosno od jednog kružnog luka za slučaj skretanja desno. Smjernicama se definira način formiranja putanje vozila uzimajući u obzir zaštitne odmake vozila od uzdignutih rubnjaka, iscrtanih središnjih linija ili iscrtanog ruba otoka.“, navedeno je u radu [17]. Provozna brzina u kružnom raskrižju po Hrvatskim smjernicama, dodatak C [16] određuje se za sve smjerove kretanja, temeljem najmanje zakrivljenih putanja osobnih automobila.

Po Hrvatskim smjernicama, dodatak C [16] prilikom odleđivanja putanje vozila i brzine kretanja kružnim raskrižjem koristi se Nizozemski model. Njime se navodi da : „Putanju vozila kroz kružno raskrižje moguće je definirati za slučaj raskrižja kod kojih osi nasuprotnih privoza zatvaraju približan kut od 180°“ kao što je navedeno u radu [17]. Putanja vozila određuje se na udaljenosti od 1,0 m od najisturenijih elemenata oblikovanja ruba kolnika, preuzeto iz [16], te se radijus putanje vozila određuje po formuli (1), preuzeto iz [16] :

$$R_{vl} = \frac{0,25 \cdot L^2 + 0,5 \cdot (U+2)^2}{U+2} \quad (1)$$

gdje je:

R – radijus putanje vozila kroz kružno raskrižje [m]

L – tangenta udaljenosti između početka ulaznog radijusa i kraja izlaznog radijusa [m]

U – udaljenost tangente između početka ulaznog radijusa i kraja izlaznog radijusa do ruba središnjeg otoka [m]

Brzinu vožnje kružnim raskrižjem određuje se po formuli (2), preuzeto iz [16] :

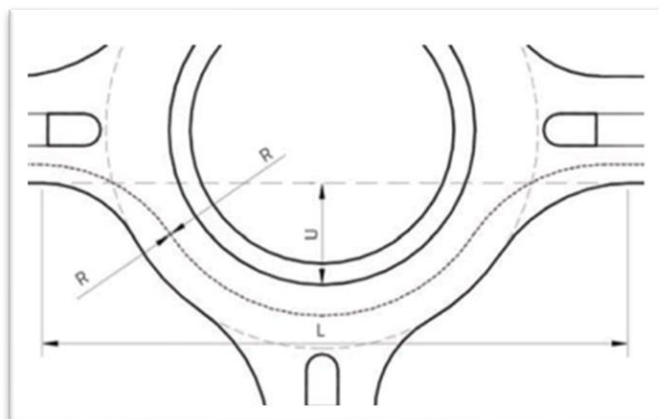
$$V = 7,4 * \sqrt{R_{vl}} \quad (2)$$

Gdje je:

V – brzina vožnje (km/h)

R<sub>vl</sub> – polumjer vozne linije (m)

Prihvatljiva brzina kretanja ovisi o veličini i lokaciji kružnog raskrižja. Sugerira se da putanja vozila bude u granicama između 22,0 i 23,0 m, dok vrijednost brzine ne bude veća od 30 km/h odnosno 35 km/h [18]. Elementi koji su potrebni za provjeru brzine po Nizozemskim smjernicama prikazani su na slici 38.

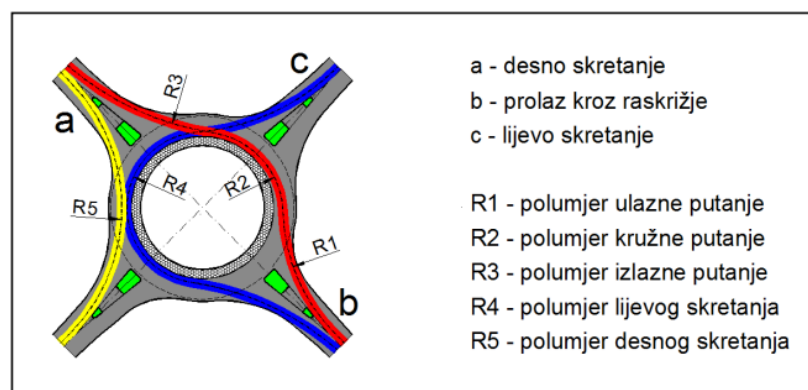


Slika 38. Elementi Nizozemskog modela [17]

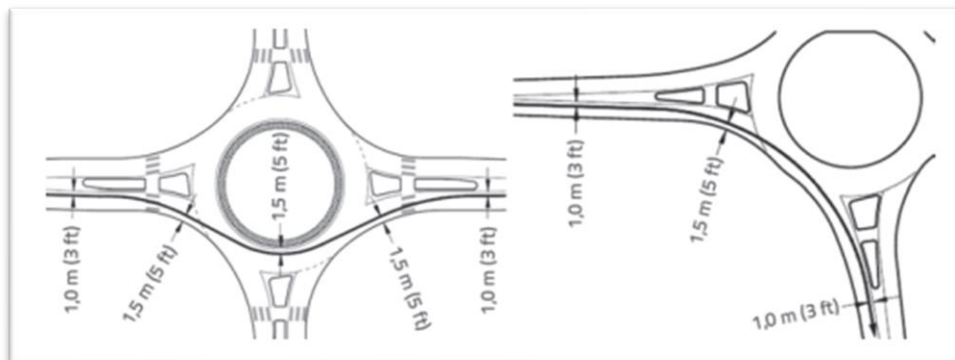
Prema [17] glavni nedostatak ovih smjernica je taj što ne nude mogućnost oblikovanja putanje vozila u slučaju skretanja u lijevo ili desno u kružnom raskrižju te za kružna raskrižja gdje oblikovni elementi odstupaju od preporuka koje definiraju nizozemske smjernice (kut između privoza različit od 180°, proširenje ulaza).

Američkim modelom konstruira se najbrži put prolaska kroz kružno raskrižje, mjeri se njegov polumjer, a zatim izračunava brzina kretanja vozila. Proračun provozne brzine temelji se na definiranju putanje vozila prema određenim pravilima i primjeni izraza za brzinu u zavoju. Iscrtavanje putanja vozila unutar kružnog raskrižja za ovaj model je obavezno (slika 39.). Prilikom iscrtavanja smjerova kretanja unutar raskrižja pretpostavka je

da je radijus putanje najmanji za smjer kretanja u lijevo. Paralelno tome očekuje se najmanji razvoj brzine kretanja u odnosu na ostale moguće smjerove (slika 39, plava linija). Najveći radiju putanje te brzina kretanja očekuje se za smjer kretanja ravno (slika 39, crvena linija) i skretanje u desno (slika 39, žuta linija). Radijusi smjera kretanja kroz kružno raskrižje nisu jednaki radijusima oblikovnih elemenata raskrižja ( radijusi ulaza i izlaza u kružno raskrižje). Konstrukcijom linije kretanja pretpostavka je da je vozilo širine 2 m i minimalna zaštitna udaljenost od ruba do iscrtanih linija ili sredine kolnika i uzdignutih rubnjaka je 0,5 m. Također, preporučuje se da os vozila bude udaljena 1,5 m od uzdignutih uzdignutih rubnjaka i središnjeg otoka te 1,0 m od iscrtanih linija (slika 40.).



Slika 39. Putanje osobnih automobila za kontrolu provozne brzine [16]



Slika 40. Prolaz vozila ravno (lijevo) i desnog skretanja (desno) [17]

Po Češkim smjernicama [15] se za izračunavanje brzine kretanja unutar kružnog raskrižja primjenjuju Američki model. Smjernice navode da se primjenom tog modela osigurava ujednačenost brzina unutar raskrižja tj. osigurati konzistentnost brzina za sve pravce kretanja kako bi se postigla odgovarajuća projektna brzina za najbrže kretanje kroz raskrižje. Postizanjem konzistentnosti brzina kretanja kroz raskrižje smanjuje se broj i ozbiljnost prometnih nesreća, povećava se protočnost prometa i optimizira kapacitet ulaza u kružno

raskrižje. Za provjeru provoznosti mjerodavnim vozilo je definirano kao najveće vozilo koje se očekuje na raskršću npr. Autobus, zglobni autobus, mali kamion i slično. Dizajn vozila definira mnoge dimenzije kružnog raskrižja. Za provjeru proznosti kružnog raskrižja koriste se AutoCAD za crtnje putanje vozila. Poznato je da povećanjem zakrvljenosti trase smanjuje se relativna brzina vozila na ulazu i unutar kružnog raskrižja. Time se povećava sigurnost odvijanja prometa i smanjuje se broj prometnih nesreća. No, povećavanjem zakrivljenosti trase kod raskrižja sa više traka može dovesti do stvaranja većeg bočnog trenja između susjednih prometnih tokova. Stoga je bitno da za svako kružno raskrižje postoji optimalna projektna brzina kojom se smanjuje mogućnost odvijanja prometnih nesreća. U ovim smjernicama brzina kretanja kroz kružno raskrižje određuje se Američkom metodom čija formula glasi (3), preuzeto iz [15] :

$$v = \sqrt{127 * R * (e + f)} \quad (3)$$

gdje je:

v – projektna brzina [km/h]

R - radijus putanje vozila kroz kružno raskrižje [m]

e – poprečni nagib [m/m]

f – koef. poprečnog trenja

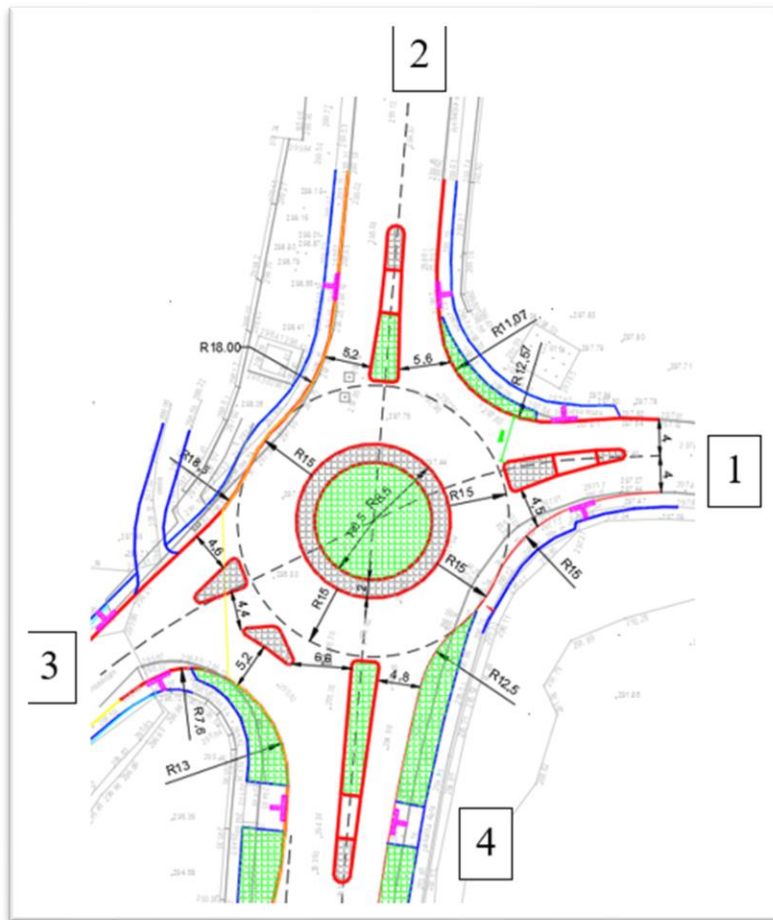
## **7. USPOREDBA HRVATSKIH I ČEŠKIH SJERNICA ZA KRUŽNA RASKRUŽJA – ASPEKTI SIGURNOSTI ODVIJANJA PROMETA**

U nastavku teksta biti će prikazana dva kružna raskrižja projektirana po hrvatskim smjernicama smještena na području grada Rijeke i grada Kastva, projekti su ustupljeni od strane Županijske uprave za ceste Rijeka. Navedena raskrižja služila su kao osnovica po kojemu su projektirana raskrižja prateći češke smjernice za projektiranje kako bi se mogli usporediti definirani aspekti sigurnosti – brzina i preglednost. Pri projektiranju raskrižja temeljem Češke tehničke regulative respektiran je položaj osi i vanjski radijus postojećih raskrižja, dok su ostali elementi odbrani prema ranije navedenim češkim pravilnicima.

### **7.1 Primjeri kružnih raskrižja**

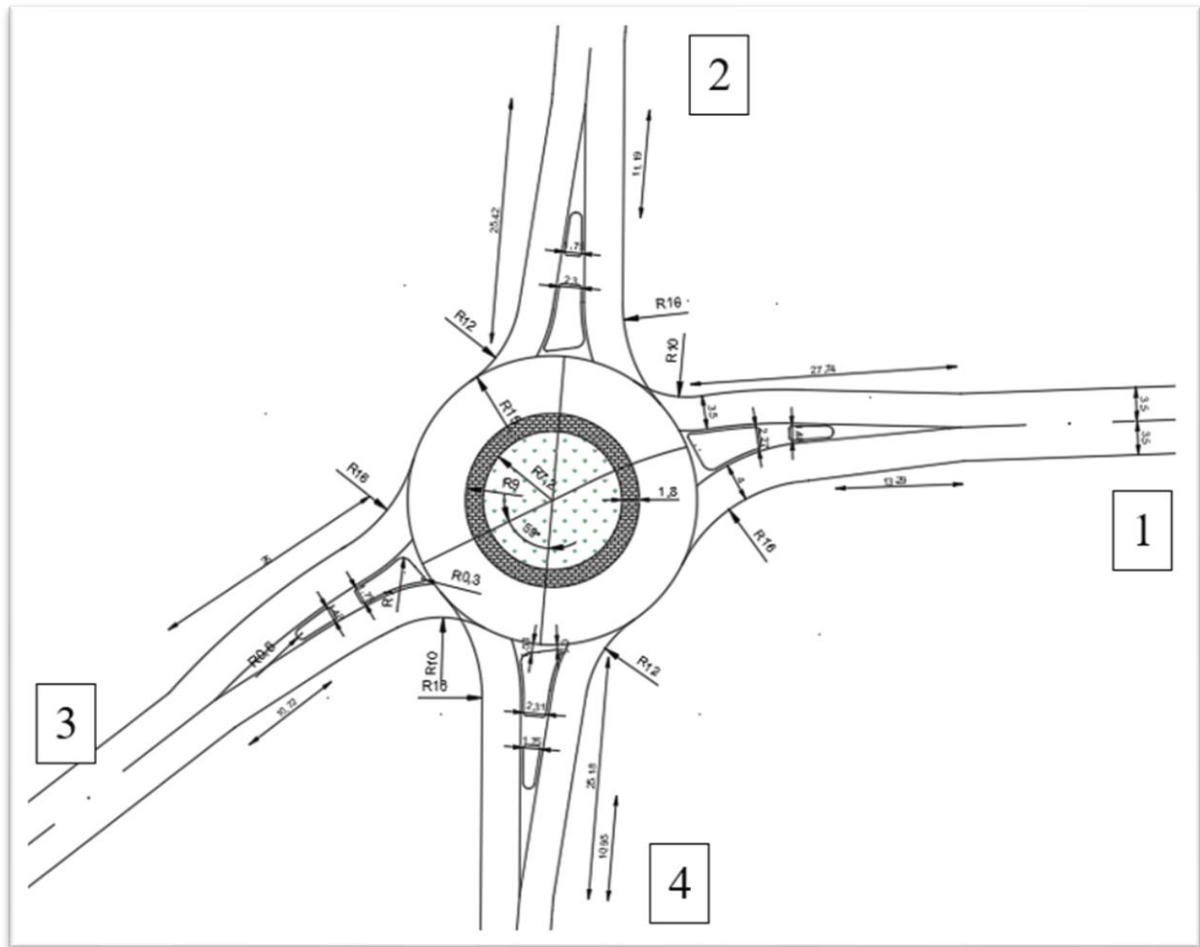
#### **RASKRIŽJE 1:**

Na Slici 41. prikazano je raskrižje na području grada Kastva čiji vanjski radijus iznosi 15,0 metara te je kružni kolnik širine 6,5 metara. Osi privoza su nepravilnog oblika, gdje je privoz 3 u odnosu na privoze 2-4 pod kutom od  $59^\circ$ . Zbog nepravilnog položaja osi raskrižje je izduženo. Širine voznih traka, odnosno širina ulaza/izlaza, u rasponu je od 4,40 do 6,5 metara. Vrijednost ulaznih radijusa je u vrijednosti od 7,0 do 18,0 metara, dok je vrijednost izlaznih radijusa u rasponu od 11,0 do 18,50 metara.



Slika 41. Raskrižje 1 (Projekt izradio: Pro Via d.o.o., Investitor: Grad Kastav, 2019.)

Slikom 42. prikazano je raskrižje projektirano prateći Češke smjernice [13,14,15] uz poštivanje položaja osi i veličine vanjskog polumjera kružnog raskrižja sa slike 42. Širina vozne trake iznosi 6,0 metara, dok su širine ulaza 3,50 metara i izlaza 4,0 metara na svakom privozu. Duljine razdjelnih otoka su na svakom privozu duljine od oko 25,0 metara. Vrijednost ulaznog radijusa je u rasponu od 10,0 do 12,0 metara te izlaznih od 16,0 do 18,0 metara.

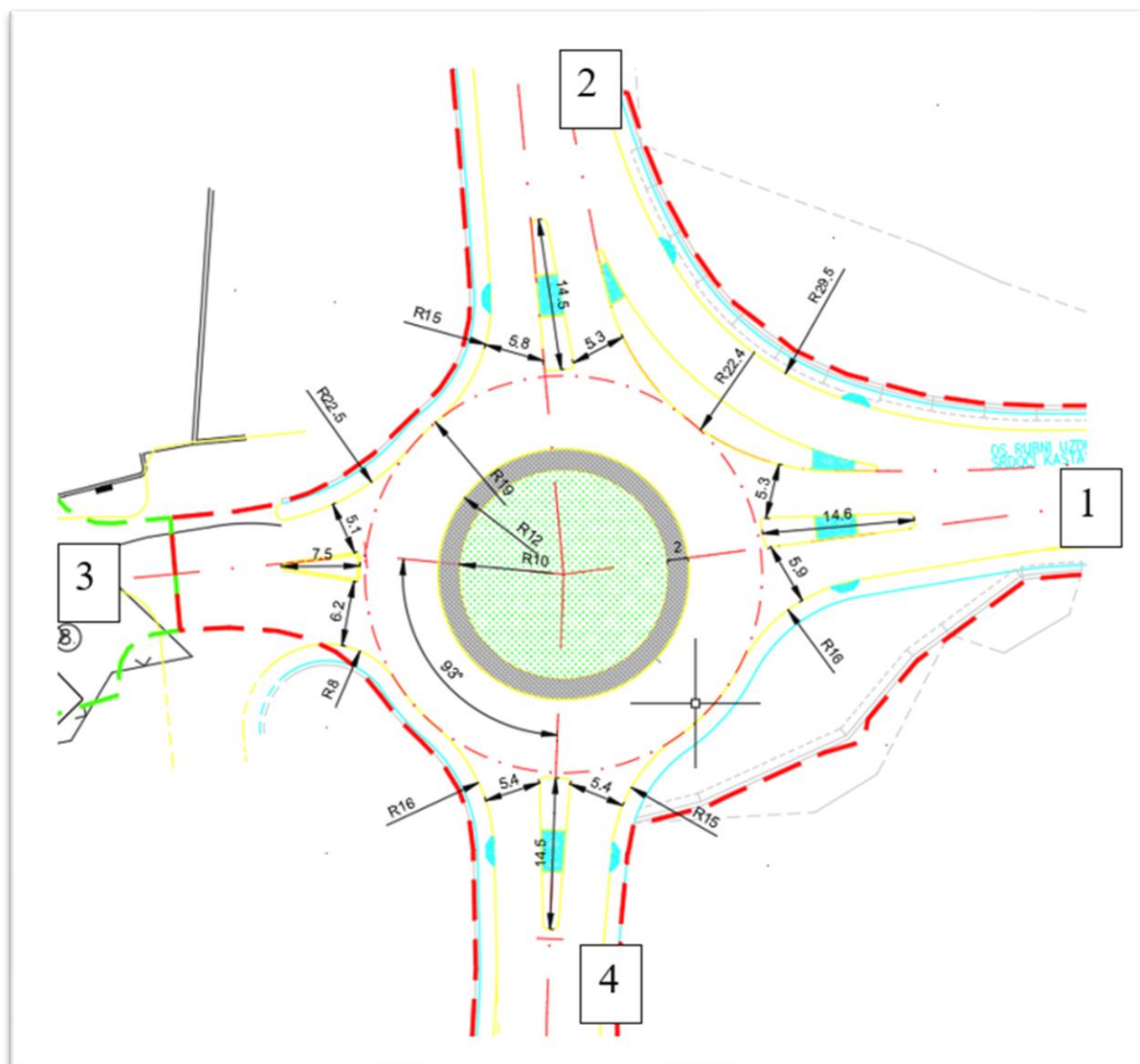


Slika 42. Raskrižje 1 – projektni elementi prema Češkim smjernicama (Prilog 1 – Situacija raskrižja 1 u mjerilu 1:1000)

#### RASKRIŽJE 2:

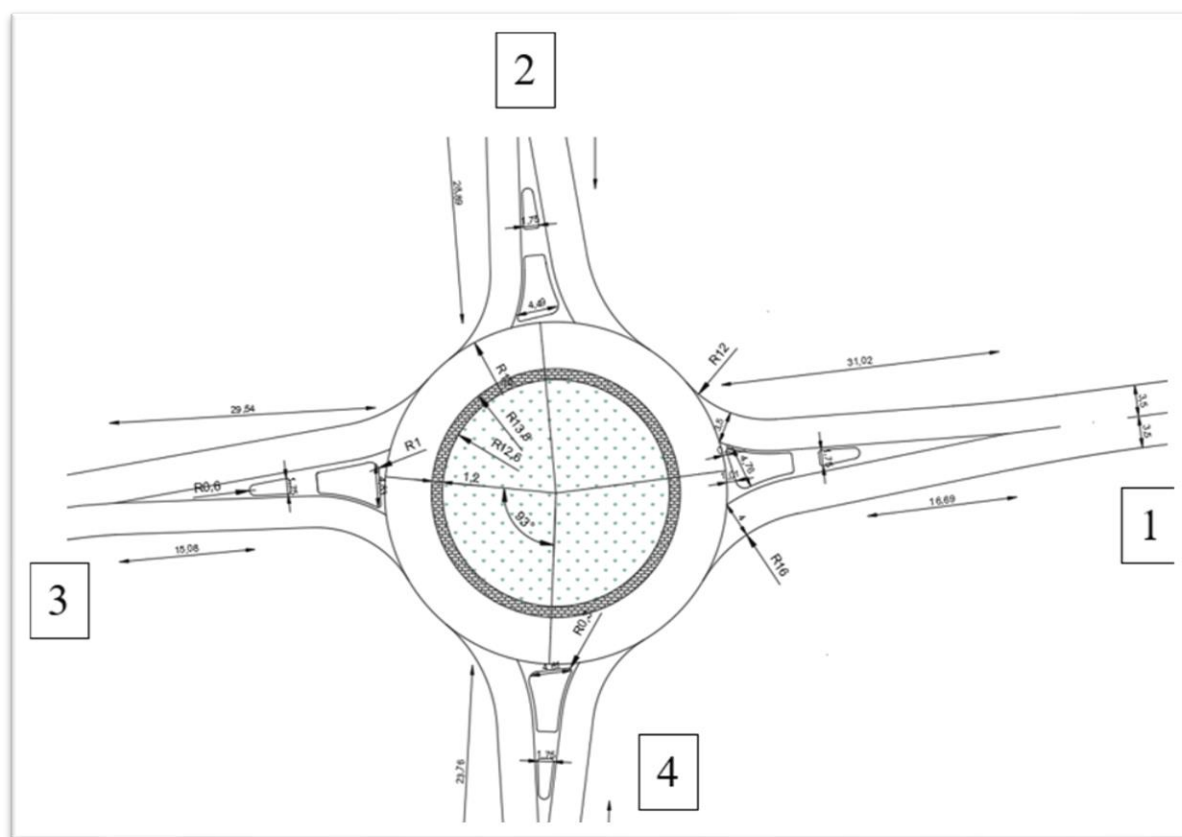
Na Slici 43. prikazano je raskrižje na području grada Rijeke čiji vanjski radijus iznosi 19,0 metara te je kružni kolnik širine 5,0 metara. Položaj osi je gotovo pravilan, te je privoz 3 pod kutem od  $93^\circ$  na privoze 2-4. Širine voznih traka na svakom privozu raskrižja različitih su dimenzija, te se one kreću od 5,50 i 6,50 metara. Vrijednost ulaznih radijusa je u rasponu od 8,0 do 22,5 metara, dok je izlazni od 16,0 do 22,05 metara.





Slika 43. Raskrižje 2 (Projekt izradio Rijekaprojekt d.o.o., Investitor: HC, 2017.)

Na Slici 44. prikazano je raskrižje projektirano po Češkim smjericama [13,14,15] potkivajući položaj osi te veličinu vanjskog radijusa raskrižja. Širina vozne trake kružnog raskrižja iznosi 5,20 metara, dok su širine ulaza/ izlaza u vrijednosti od 3,50 te 4,0 metara. Duljine razdjelnih otoka kreću se između 23,0 i 33,0 metara. Ulazni radijusi na svim privozima iznose 12,0 metara, a na izlazu 16,0 metara.



Slika 44. Raskrižje 2 – projektni elementi prema Češkim smjernicama (Prilog 2 – Situacija raskrižja 2 u mjerilu 1:1000)

Prilikom crtanja križnih raskrižja prema Češkim smjernicama uz poštivanje zadanih elemenata, pažnja je usmjerena na širine ulaznih i izlaznih kolničkih traka, ulazne i izlazne veličine radijusa, širine kolničkih traka kružnog raskrižja, dimenzioniranje razdjelnih otoka. Nisu uračunate zelene površine te pješačke/biciklističke staze, također nije projektirani dodatni trak za desno skretanje kao u raskrižju 2 prikazan slikom 44.

### 7.2 Usporedba provjere brzine - HRV i SAD postupak

Provjera brzine kretanja kroz kružno raskrižje proračunata je prema Američkom modelu opisan u poglavlju 6. Kao što je prikazano slikom 40. biti će ucrtane putanje vozila kroz kružno raskrižje. Linija kretanja vozila polaže se na udaljenosti od 1,50 metara od ruba kružnog kolnika na ulazu, izlazu i kroz sredinu kružnog toka te na udaljenosti od 1,0 od linije razdjelnog otoka. Formulom kojom će se izračunavati brzina na ulazu, u raskrižju i na izlazu dobiti će se jednadžbom (3). Nagib kolnika u užem području kružnog raskrižja iznosi 2.50%, a koeficijent trenja guma je u prosjeku u vrijednostima između 0,4 i 0,9. U ovom proračunu brzine za koeficijent trenja  $f_t$  uzet će se prosječna vrijednost od 0,65.

## RASKRIŽJA 1:

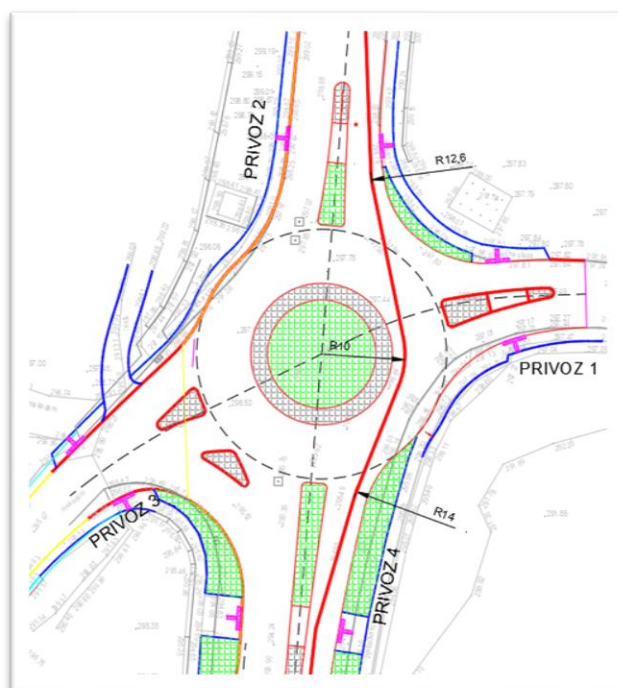
Proračun brzine prolaska kroz kružno raskrižje - Hrvatske smjernice:

Slikom 45. prikazana je ravno putanja kretanja vozila (iz privoza 4 ka privoza 2) i u nastavku su proračunate brzine kretanja:

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 14 * (0,025 + 0,65)} = 34,64 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 10 * (0,675)} = 29,28 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 12,6 * (0,675)} = 32,83 \text{ km/h}$$



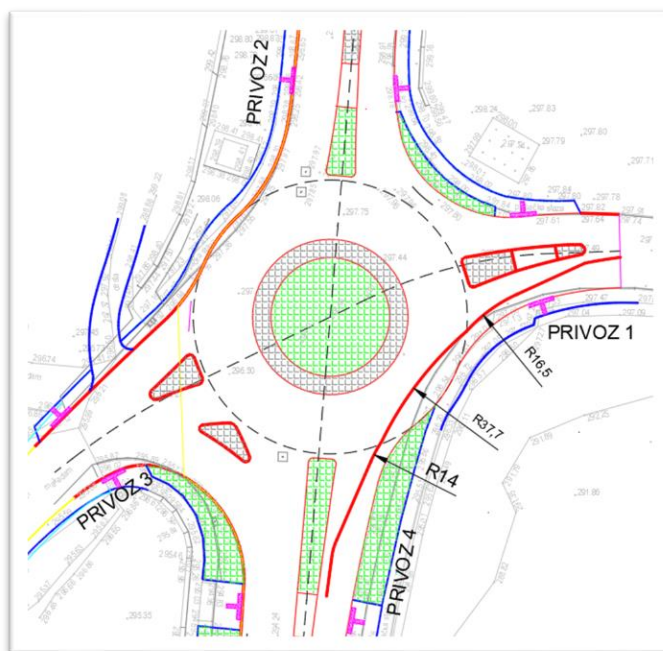
Slika 45. Putanje kretanja vozila za najbrži put prolaza ravno kroz raskrižje

Slikom 46. prikazana je putanja vozila koji skreće u desno (iz privoza 4 ka privoza 1) i u nastavku su proračunate brzine kretanja:

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 14 * (0,675)} = 34,64 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 37,7 * (0,675)} = 56,85 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 16,5 * (0,675)} = 37,61 \text{ km/h}$$



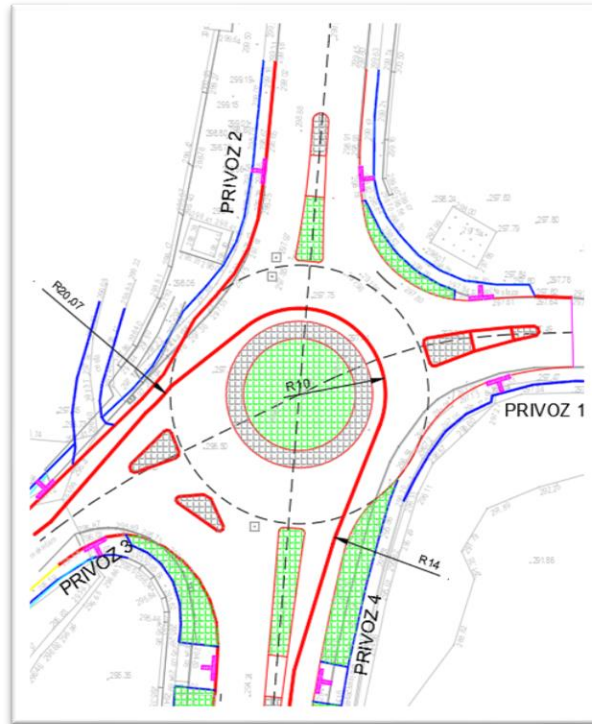
Slika 46. Najbrži put kretanja vozila pri desnom skretanju

Slikom 47. prikazan je najbrži put kretanja vozila pri lijevom skretanju (iz privoza 4 ka privozu 3) i u nastavku su prikazane proračunate brzine:

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 14 * (0,675)} = 34,64 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 10 * (0,675)} = 29,28 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 20,1 * (0,675)} = 41,51 \text{ km/h}$$



Slika 47. Najbrže kretanje vozila kroz kružno raskrižje pri lijevom skretanju

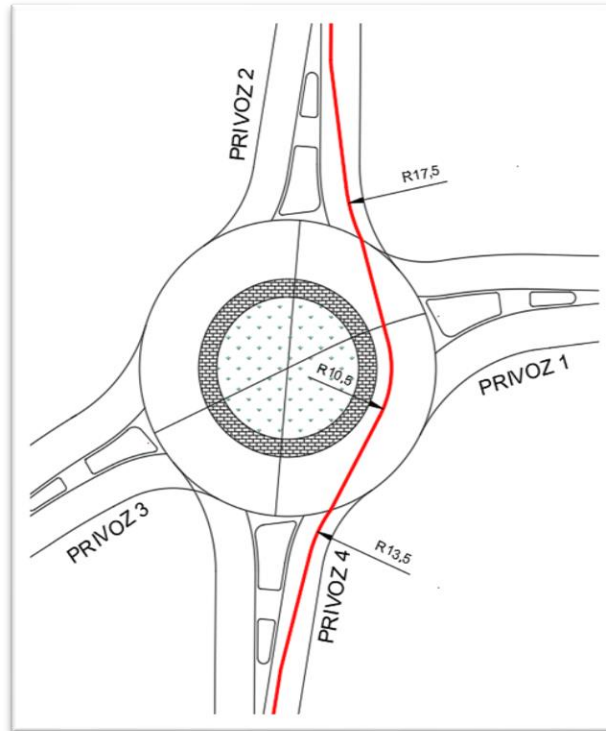
Proračun brzine prolaska kroz kružno raskrižje - Češke smjernice:

Slikom 48. prikazane su putanje kretanja vozila ravno kroz raskružje (iz privoza 4 prema privozu 2) i u nastavku su proračunate brzine kretanja.

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 13,5 * (0,675)} = 34,02 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 10,3 * (0,675)} = 30,00 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 17,5 * (0,675)} = 38,73 \text{ km/h}$$



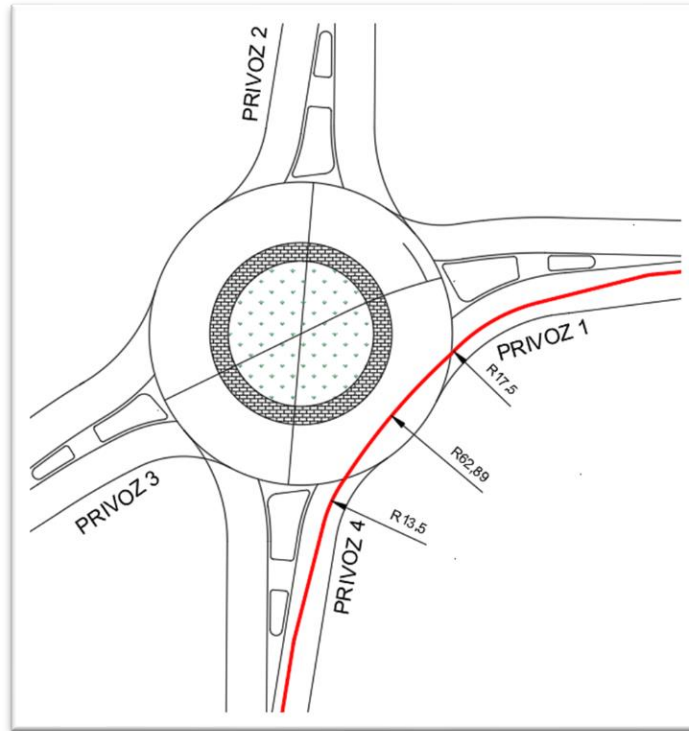
Slika 48. Najbrži prolaz kroz raskrižje krećući se ravno

Slikom 49. prikazan je najbrži put kretanja vozila prilikom skretanja u desno (iz privoza 4 prema privozu 1), a u nastavku je prikazan proračun brzine kretanja:

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 13,5 * (0,675)} = 34,02 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 62,89 * (0,675)} = 73,43 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 17,5 * (0,675)} = 38,73 \text{ km/h}$$



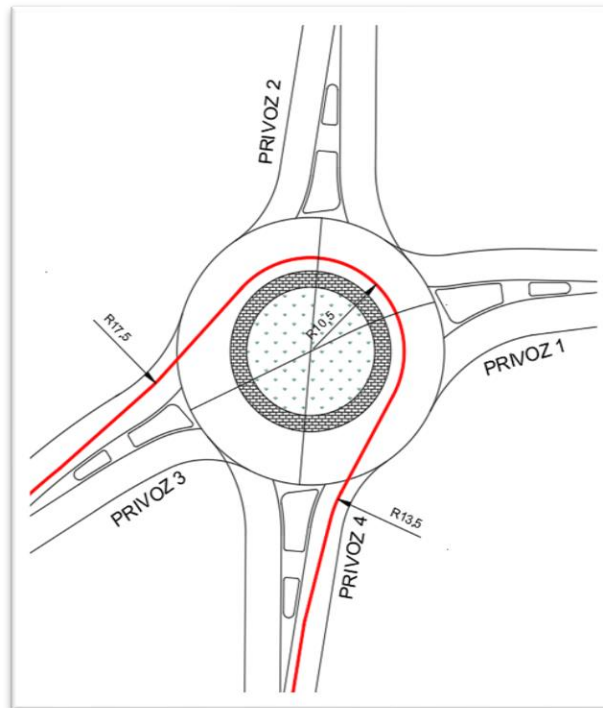
Slika 49. Najbrži put kretanja vozila prilikom desnog skretanja

Slikom 50. prikazana najbrža putanja kretanja vozila prilikom lijevog skretanja ( iz privoza 4 prema privoza 3), a u nastavku su izračunate brzine kretanja:

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 13,5 * (0,675)} = 34,02 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 10,5 * (0,675)} = 30,00 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 17,5 * (0,675)} = 38,73 \text{ km/h}$$



Slika 50. Najbrži put kretanja vozila prilikom skretanja u lijevo

Tablicom 5. prikazane su sve dobivene brzine na ulazu u kružno raskrižje, unutar kružnog raskrižja te na izlazu iz njega. Prilikom proračuna brzine vozila po Američkom modelu pretpostavka je da će se vozilo najbrže kretati kroz raskrižje ukoliko ide ravno, a najsporije ukoliko skreće lijevo. U tablici lijevo prikazane su brzine kretanja u raskrižju projektiran po Hrvatskim smjernicama [7] gdje najveća brzine kretanja unutar kružnog raskrižja postignuta za smjer kretanja desno, dok je najveća brzina pri izlazu postignuta za smjer skretanja lijevo. Sve brzine unutar kružnog raskrižja manje su u odnosu na početne brzine na ulazu osim za brzinu u kružnom raskrižju pri skretanju u desno gdje se u obje vrste smjernica postiže brzina koja uveliko prekoračuje dozvoljenu vrijednost od 40 km/h. Brzina na izlazu najviše se postiže za smjer lijevo gdje njena vrijednost prekoračuje dozvoljenu brzinu no to vrijedi samo za brzinu dobivenu za Hrvatske smjernice [7] (u tablici lijevo). Razlog tomu može biti izduženost kružnog raskrižja te dodatni razdjelni otoci koji su postavljeni između privoza 3 i 4 kako bi se izveo dodatni privoz za desno skretanje. U tablici desno, prikazane su brzine kretanja u raskrižju projektiranom po Češkim smjernicama [13,14,15]. Raskrižje je znatno pravilnije zato što nisu izvedeni dodatne trake za desno skretanje, ali i zbog ulaznih i izlaznih radijusa čije vrijednosti su jednake. Veća pravilnost raskrižja te njegovih elemenata odražava se na konstantniju brzinu kretanja vozila. Brzine pri izlazu iz kružnog raskrižja u sva tri smjera kretanja su jednake budući da su veličine ulaznih radijusa na svakom privozu jednake. U obje vrste smjernica vidi se isti uzorak promjene brzine u sva tri smjera kretanja,



gdje se za smjer ravno i lijevo brzina kretanja unutar kružnog raskrižja smanjuje te pri izlazu raste, a za smjer desno se brzina u kružnom raskrižju znatno poveća pa se smanji pri izlasku iz kružnog raskrižja.

Tablica 5. Brzina vozila u kružnom raskrižju za Hrvatske i Češke smjernice, Raskrižje 1

	Hrvatske smjernice			Češke smjernice		
	RAVNO (p.4 – p.2)	DESNO (p.4 – p.1)	LIJEVO (p.4 – p.3)	RAVNO (p.4 – p.2)	DESNO (p.4 – p.1)	LIJEVO (p.4 – p.3)
Brzina na ulazu [km/h]	34,64	34,64	34,64	34,02	34,02	34,02
Brzina u kružnom raskrižju [km/h]	29,28	56,85	29,28	30,00	73,43	30,00
Brzina na izlazu [km/h]	32,83	37,61	41,51	38,73	38,73	38,73

Budući da se Američkim modelom pretpostavlja da se za smjer kretanja ravno postiže najveća brzina uobičajno se radi provjera brzine za taj smjer. Usporedimo li vrijednosti kretanja ravno u obje kategorije (u tablici 5) brzine na ulazu i u kružnom raskrižju su gotovo iste. No, pri izlazu iz kružnog raskrižja u Češkim smjernicama (u tablici desno) brzina je veća za 15% u odnosu na brzinu Hrvatskih smjernica. Ovo je posljedica većeg izlaznog radijusa u „češkom“ kružnom raskrižju, gdje su svi izlazni radijusi istih vrijednosti od 16,0 m te je zbog toka vrijednost brzina na izlazu u svim smjernovima jednaka. Veća brzina na izlazu može biti problematična sa aspekta sigurnosti budući da se radi o urbanom kružnom raskrižju gdje se očekuju pješaci i biciklisti. Brzine kretanja u kružnom raskrižju za smjer ravno i lijevo gotovo su iste u objama smjernicama, ali za skretanje u desno brzine prekoračuju dozvoljenu brzinu kretanja za 30% u Hrvatskim smjernicama (lijevo) te za 45% za Češke smjernice (desno). Razlog tome je taj što je skretanje u desno najbrži put izlaza iz kružnog raskrižja, vozaču je izlaz u desno najpregledniji te ne mora manevrirati kao u kao što bi morao pri kretanju u drugim smjernovima. Brzine za skretanje desno na izlazu za obje vrste smjernica gotovo su jednake. Razlog tomu je minimalna razlika vrijednosti izlaznog radijusa gdje je u „češkom“ kružnom raskrižju 16,0 m, a u „hrvatskom“ 15,0 m. Brzine na izlazu iz kružnog raskrižja u Hrvatskim smjernicama (u tablici lijevo) je za gotovo 10% veća u odnosu na brzinu kružnog raskrižja izračunatim za Češke smjernice (u tablici desno). Razlog tomu je veća vrijednost izlaznog radijusa te je to proporcionalno povećanjem brzine

kretanja vozila. Stoga je potrebno prilikom projektiranja kružnog raskrižja uzeti u obzir utjecaj veličine izlaznog radijusa jer njime direktno utječemo na brzinu kretanja vozila.

## RASKRIŽJE 2:

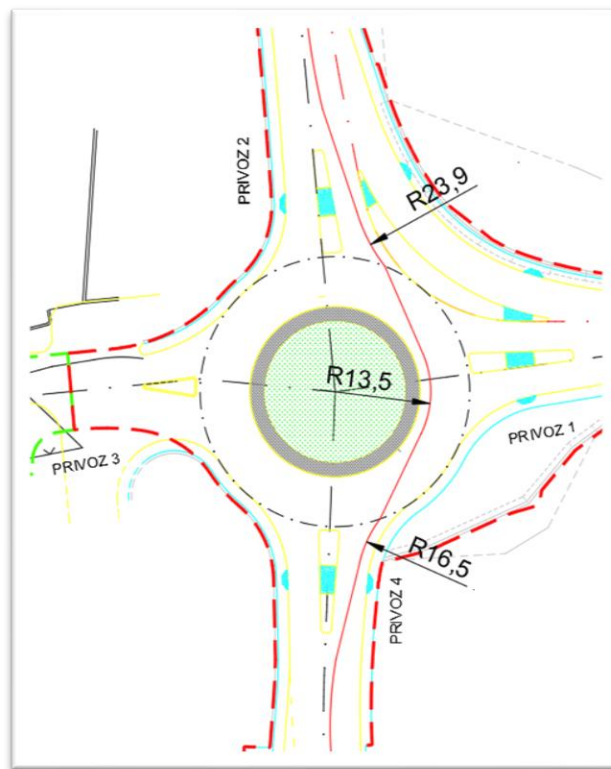
Proračun brzine prolaska kroz kružno raskrižje - Hrvatske smjernice:

Slikom 51. prikazane su putanje kretanja vozila ravno (iz privoza 4 prema privozu 2) i u nastavku su proračunate brzine kretanja :

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 16,5 * (0,675)} = 37,61 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 13,5 * (0,675)} = 34,02 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 23,9 * (0,675)} = 45,26 \text{ km/h}$$



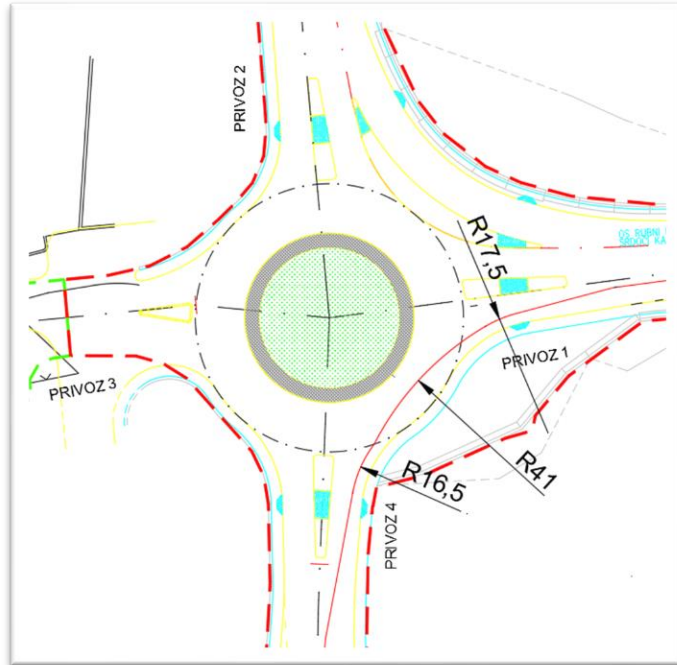
Slika 51. Najbrži prolaz kroz raskrižje kretanja ravno

Slikom 52. prikazane su putanje kretanja vozila desno (iz privoza 4 prema privozu 1) i u nastavku su proračunate brzine kretanja :

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 16,5 * (0,675)} = 37,61 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 41 * (0,675)} = 59,29 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 17,5 * (0,675)} = 38,73 \text{ km/h}$$



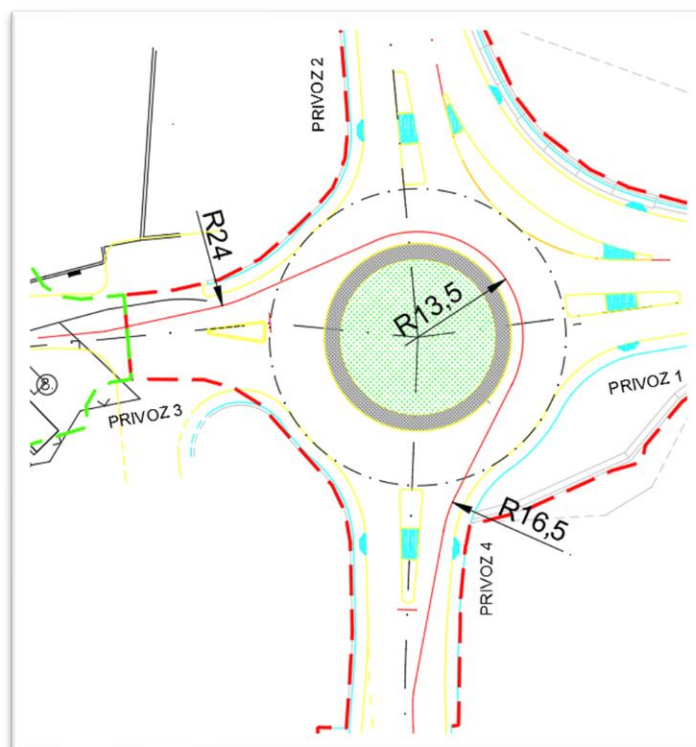
Slika 52. Nabježi put kretanja za desno skretanje

Slikom 53. prikazane su putanje kretanja vozila desno (iz privoza 4 prema privozu 3) i u nastavku su proračunate brzine kretanja :

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 16,5 * (0,675)} = 37,61 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 13,5 * (0,675)} = 34,02 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 24 * (0,675)} = 45,36 \text{ km/h}$$



Slika 53. Najbržu put kretanja za lijevo skretanje

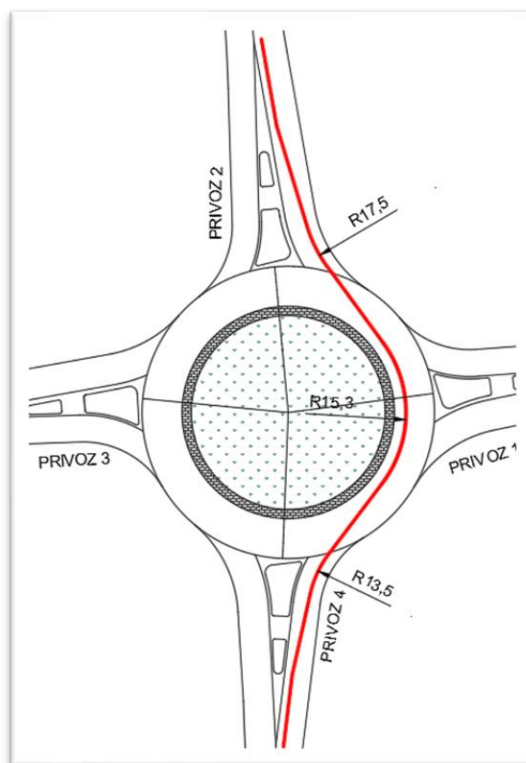
Proračun brzine prolaska kroz kružno raskrižje - Češke smjernice:

Slikom 54. prikazan je najbrži put kretanja vozila ravno kroz kružno raskrižje, iz privoza 4 prema privozu 2, u nastavku su prikazane proračunate brzine :

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 13,5 * (0,675)} = 34,02 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 15,3 * (0,675)} = 36,22 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 17,5 * (0,675)} = 38,73 \text{ km/h}$$



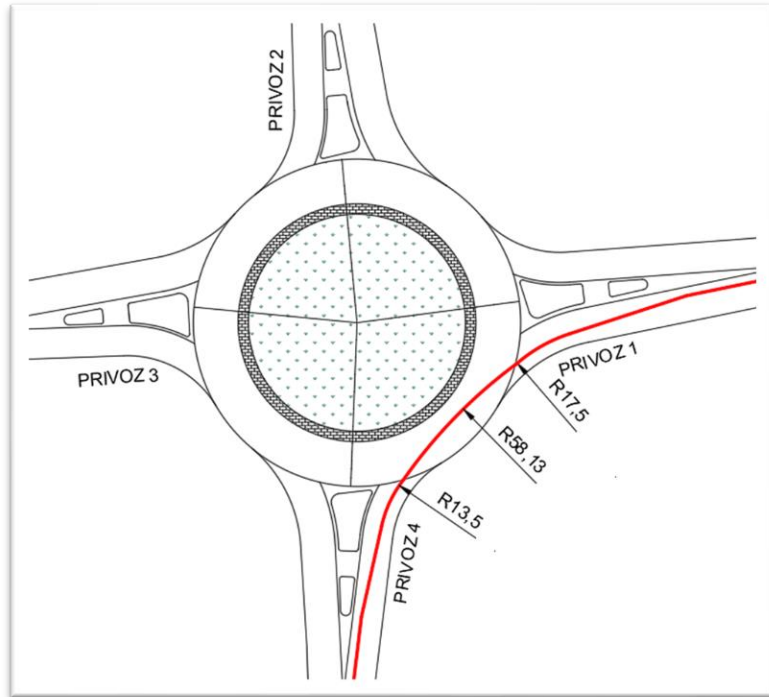
Slika 54. Najbrži prolaz kroz raskrižje u češkom kružnom toku

Slikom 55. prikazan je najbrži put kretanja vozila prilikom skretanja desno (iz privoza 4 prema privozu 1), u nastavku su prikazane proračunate brzine kretanja :

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 13,5 * (0,675)} = 34,02 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 58,13 * (0,675)} = 73,59 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 17,5 * (0,675)} = 38,73 \text{ km/h}$$



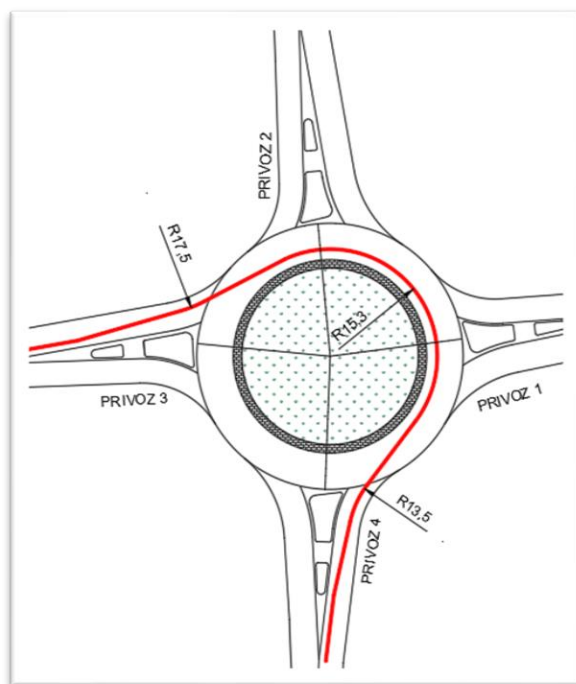
Slika 55. Najbrži put kretanja vozila za desno skretanje

Slikom 56. prikazan je najbrži put kretanja vozila prilikom skretanja u lijevo (iz privoza 4 u privoz 3), u nastavku su prikazane proračunate brzine kretanja :

$$v_{ulaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 13,5 * (0,675)} = 34,02 \text{ km/h}$$

$$v_{kružno} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 15,3 * (0,675)} = 36,22 \text{ km/h}$$

$$v_{izlaz} = \sqrt{127 * R * (e + f_t)} = \sqrt{127 * 17,5 * (0,675)} = 38,73 \text{ km/h}$$



Slika 56. Najbrža putanja kretanja vozila prilikom lijevog skretanja

Tablicom 6. prikazane su brzine kretanja vozila proračunate po Američkom modelu. Prema Hrvatskim smjernicama (u tablici lijevo) najveća brzina kretanja u kružnom raskrižju dobiva se prilikom skretanja u desno, dok je najveća brzina pri izlazu iz kružnog raskrižja dobivena skretanjem u lijevo. Obje vrijednosti se razlikuju od pretpostavki definirane u modelu. Ovo raskrižje je znatno pravilnije u odnosu na Raskrižje 1 te mu je radijus veći, paralelno tomu postižu se veće brzine. U tablici lijevo, prikazane su brine kretanja za Češko raskrižje. Kao što je i u raskrižju 1 navedeno, ovo raskrižje ima znatno pravilnije elemente. Na primjer svi izlazni radijusi su istih veličina što je vidljivo pri izlaznoj brzini koja je istih vrijednosti i ne prelazi graničnu brzinu. Također, kako što je navedeno u za Raskrižje 1, ponavlja se isti uzorak promjene brzine za Hrvatske smjernice (u tablici lijevo). Za smjer ravno i lijevo vrijednost brzine unutar raskrižja se smanji pa se poveća pri izlazu, a za smjer desno brzina se u odnosu na ulazu poveća i smanji pri izlazu iz raskrižja. Dok, u Češkim smjernicama (u tablici desno) vrijednosti brzine za smjer ravno i lijevo graduirano rastu, a za smjer desno brzina unutar kružnog raskrižja poveća se u odnosu na ulaznu brzinu pa se smanji pri izlazu iz kružnog raskrižja isto kao u Hrvatskim smjernicama (lijevo). Razlog graduiranog rasta brzine kod Čeških smjernica u odnosu na Hrvatske je taj što je širina kružnog kolnika manja kod „češkog“ raskrižja, time je radijus skretanja i brzina veća.

Tablica 6. Brzina vozila u kružnom raskrižju za Hrvatske i Češke smjernice, Raskrižje 2

	Hrvatske smjernice			Češke smjernice		
	RAVNO (p.4 – p.2)	DESNO (p.4 – p.1)	LIJEVO (p.4 – p.3)	RAVNO (p.4 – p.2)	DESNO (p.4 – p.1)	LIJEVO (p.4 – p.3)
Brzina na ulazu [km/h]	37,61	37,61	37,61	34,02	34,02	34,02
Brzina u kružnom raskrižju [km/h]	34,20	59,29	34,02	36,22	73,59	36,22
Brzina na izlazu [km/h]	45,26	38,73	45,36	38,73	38,73	38,73

Brzina kretanja kružim raskrižjem koja se određuje po Američkom modelu proporcionalna je sa veličinom radijusa trajektorija vozila, dakle što je veći radijus veća je brzina. Ovom tablicom 6 prikazane su proračunate brzine triju različitih kretanja vozila za Raskrižje 2 čiji je vrijednost vanjskog promjera 19,0 m. Brzine na ulazu prema Hrvatskim smjernicama (u tablici lijevo) su za 10% veće u odnosu na Češke smjernice (u tablici desno) iz razloga zato što je ulazni radijus u „hrvatskom „ kružnom raskrižju veći od ulaznog radijusa „češkog“ kružnog raskrižja. Veća brzina na ulazu u kružno smanjuje vrijeme reagiranja tj. za uočavanje drugih vozila te biciklista i pješaka čime se znatno smanjuje sigurnost ostalih sudionika u prometu. Također, velike brzine pri ulazu povećavaju mogućnost od odvijanja ozbiljnih sudara, ali i povećavaju mogućnost naglog kočenja čime se utječe na narušavanje prometnog toka i ugodnosti vožnje. U obje strane tablice vrijednost brzine u kružnom raskrižju za desno skretanje prekoračuju dozvoljenu vrijednost za oko 32% za Hrvatske smjernice (u tablici lijevo) i oko 45% za Češke smjernice (u tablici desno). U oba slučaja u „češkom“ raskrižju brzina kretanja unutar raskrižja za desno skretanje je veća za oko 20% u odnosu za brzinu u „hrvatskom“ raskrižju. Budući da je desno skretanje najbrži put izlaza iz kružnog raskrižja i ono se može najbrže izvesti ukoliko nam je radijus trajektorija veći tj. ukoliko su manevri skretanja manji. Također, veći radijus kretanja unutar kružnog raskrižja lakše je izvediv ukoliko je izlazni radijus veći što je slučaj u „češkom“ raskrižju. Problem prekoračenja brzina unutar kružnog raskrižja moguće je riješiti izvođenjem oštrijeg ulaza, suziti kolnik pri izlazu iz kružnog raskrižja ili koristiti uzdignute razdjelne otoke kako bi se vozač prisilio smanjiti brzinu. Vrijednost izlaznog radijusa nije znatno veći od „hrvatskog“ raskrižja no zbog pravilnijeg oblikovanja te veće simetričnosti izvediviji su veći radijusi trajektorija kretanja. Vrijednost ulaznog radijusa u oba „češka“ raskrižja je iste vrijednosti



od 12,0 m, stoga su jednake vrijednosti brzine na ulazu u oba raskrižja. Jednako vrijedi za vrijednost izlaznog radijusa „češkog“ kružnog raskrižja čija je vrijednost 16,0 m te su vrijednosti brzine na izlazu iz raskrižja jednake kao za Raskrižje 1. Paralelno tomu vrijednosti brzina na izlazu za smjer ravno i lijevo u „hrvatskom“ raskrižju prelaze dozvoljenu brzinu kretanja od 40 km/h za 10%-ak posto (u tablici lijevo) te od vrijednosti brzina Čeških smjernica (u tablici desno) za 15%. Razlog ovolike razlike između brzina uzrokovano je oscilacijom vrijednosti ulaznih i izlaznih radijusa koji su primijenili pri projektiranju.

Primjenom jednakih vrijednosti za ulazne i izlazne radijuse kružnog raskrižja svakog privoza postiže se harmonično odvijanje prometa tj. ujednačeno iskustvo prilaza, ulaza i izlaza iz kružnog raskrižja. Simetričnost i usklađenost elemenata nose brojne pogodnosti poput manjih mogućnosti događanja prometnih nesreća tj. veća sigurnost odvijanja prometa, manji zastoj vozila čime se povećava protočnost i propusnost, zbog manjeg čekanja i zastoja ostavlja se manji trag CO<sub>2</sub> što utječe na bolju ekološku učinkovitost. Simetričnim izgledom postiže se atraktivnost kružnog raskrižja i skladniji izgled. No, nije uvijek moguće izvesti simetrično kružno raskrižje jer smo ponekad ograničeni količinom slobodnog prostora ili topografijom terena koja nije pogodna. Također, ukoliko se radi o rekonstrukciji raskrižja ograničeni smo položaju osi postojećih prometnica. Ukoliko su prisutna ograničenja za izvođenja simetričnog raskrižja, potrebno je što više težiti ka simetričnosti. To se odnosi na raspon veličina osnovnih elemenata za projektiranje kružnog raskrižja.

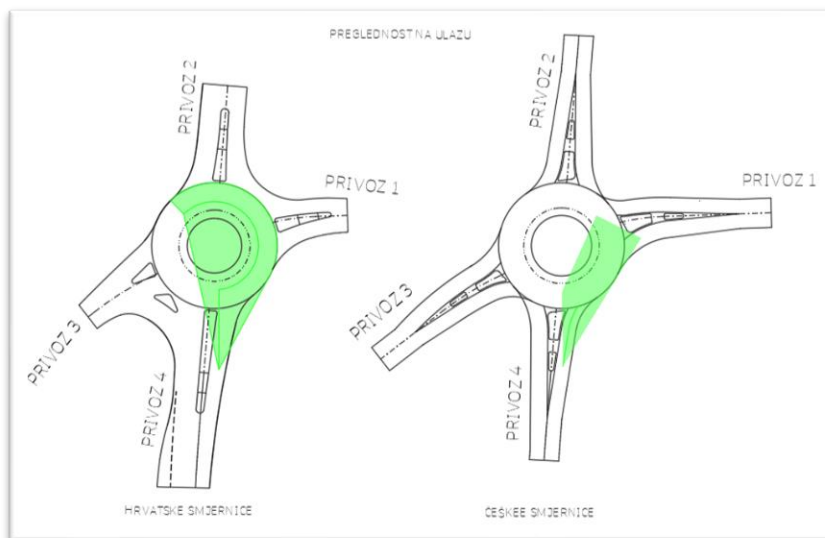
### **7.3 Usporedba preglednosti u kružnom raskrižju**

U nastavku teksta, prikazana su i uspoređena preglednosti kružnih raskrižja skicirana na temelju Hrvatskih i Čeških smjernica. Prilikom skiciranja trokuta preglednosti za „hrvatski“ kružni tok korištene su osnovne smjernice za projektiranje kružnih raskrižja [7] uz dodatak E [21] u kojemu je detaljnije navedeno kako se provodi provjera preglednosti. Za provjeru preglednosti „češkog“ kružnog raskrižja korištene su smjernice [14] jer je u njima bilo najdetaljnije opisan postupak i dimenzije kojima se preglednost određuje.

#### **RASKRIŽJE 1:**

Slikom 57. prikazane su preglednosti na ulazu u ružno raskrižje. Na slici lijevo prikazano je kružno raskrižje gdje je preglednosti određena koristeći Hrvatske smjernice [7,21] na način da je na udaljenosti od 2,0 m od središnjeg otoka ucrtan je kružni luk u duljini od 40,0 m. Ucertana duljina se okomicom spojila na vanjski polumjer i sa točkom gledišta tj. točkom na

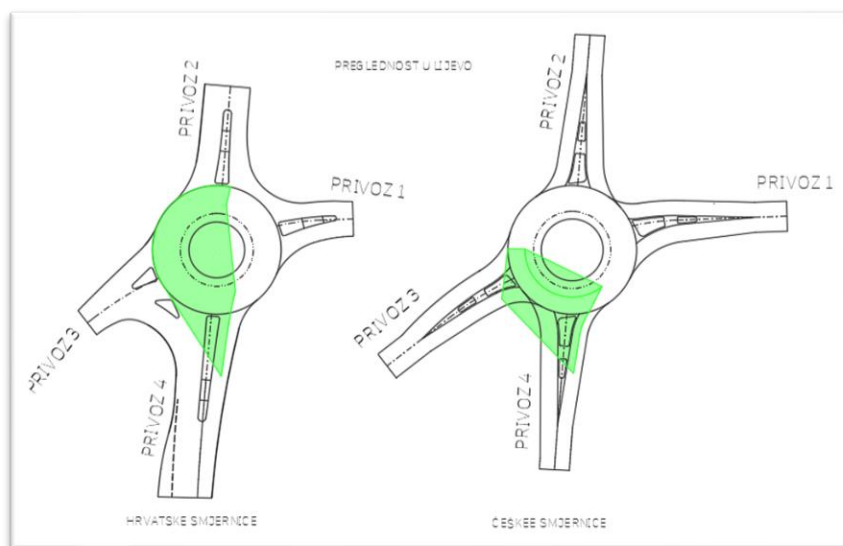
udaljenosti od 15,0 m od ruba vanjskog polumjera na sredini kolničke trake. Navedeni elementi su se spojili i dobili smo površinu preglednosti koju je potrebno zadovoljiti. Navedeni postupak identičan je za provjeru preglednosti po Češkom pravilniku [14] (na slici lijevo) samo što je udaljenost kužnog luka u duljini od 25,0 m čime je trokut preglednosti vidno manji u odnosu na crtež desno. Uz navedene korake, ukoliko luk u središtu kružnog kolnika prelazi slijeći privoz, potrebno je na njemu na udaljenosti od 5,0 u središtu kolnika ucrtati točku koja ulazi u područje trokuta preglednosti.



Slika 57. Preglednost na ulazu u kružno raskrižje, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno)

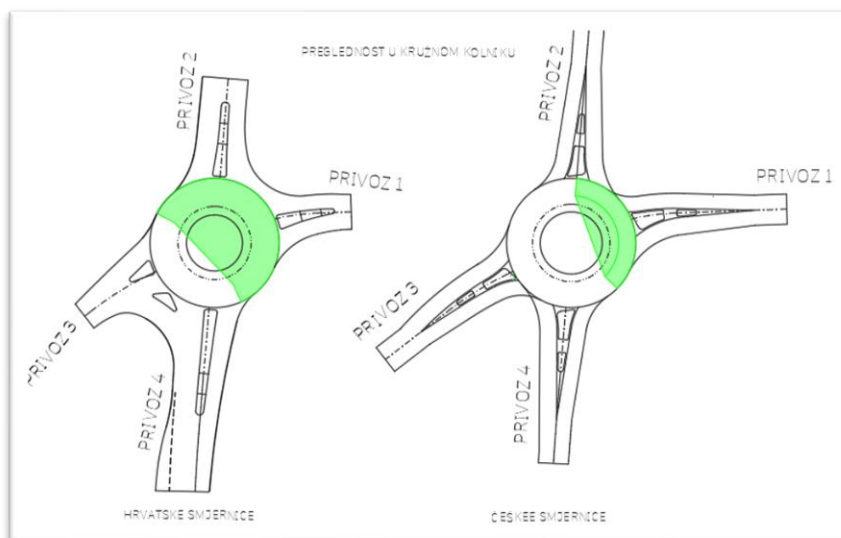
Slikom 58. prikazane su trokuti preglednosti u lijevo gdje je na lijevom crtežu prikazano „hrvatsko“ kružno raskrižje, a desno „češko“ kružno raskrižje. Kao i na slici 50. prilikom provjere preglednosti u lijevo prateći Hrvatske smjernice [7,21], potrebno ucrtati točku položaja vozila na udaljenosti od 15,0 m od ruba vanjskog polumjera u sredini kolničke trake te kružni luk u duljini od 40,0 m na udaljenosti od 2,0 m ruba središnjeg otoka. Nakon što se sve točke i duljine ucrtaju, dobiva se trokut preglednosti. Koraci za ucrtavanje trokuta preglednosti prateći Češke smjernice [14] jednake su kao što je objašnjeno za sliku 50. Dakle, na udaljenosti od 2,0 m od ruba središnjeg otoka nanosi se kružni luk buljine 25,0 m koji se spaja sa točkom položaja vozila koja je na udaljenosti od 15,0 m od ruba vanjskog radijusa na sredini kolničke trake. Uz uvjet da ukoliko površina trokuta preglednosti u lijevo prelazi prethodni privoz ( na slici privoz 3) potrebno je ucrtati položaj vozila na udaljenosti od 5,0 od ruba vanjskog radijusa u sredini kolničke trake. Usporedbom dobivenih trokuta preglednosti, površina trokuta preglednosti prema Hrvatskim smjernicama [7,21] veća je u odnosu na Češke smjernice [14]. To smo mogli pretpostaviti budući da se po Hrvatskim

smjernicama [7,21] ucrtava veća duljina kružnog luka u odnosu na Češke smjernice [14]. Također, trokut preglednosti na crtežu lijevo proteže se po gotovo cijeloj površini središnjeg otoke te se time dobiva potpuna preglednost u kružnom raskrižju. U odnosu na crtež desno gdje je trokut preglednosti više usmjeren na prethodni privoz (privoz 3).



Slika 58. Preglednost u lijevo, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno)

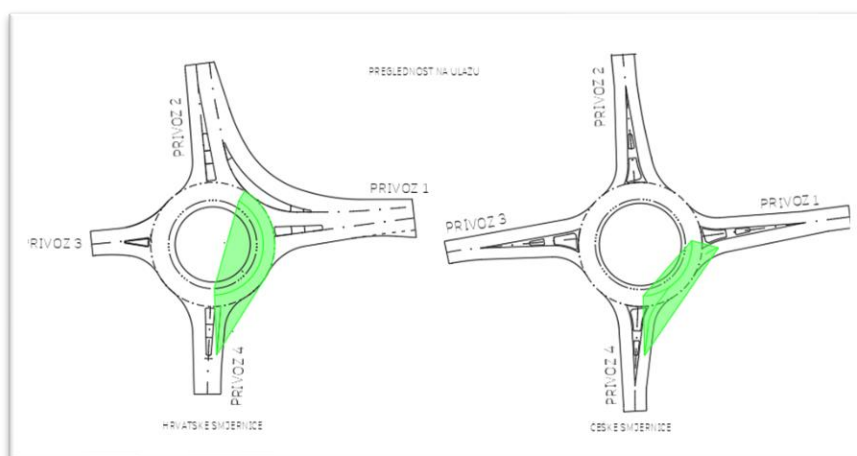
Postupak za provjeru preglednosti unutar ružnog raskrižja u obje vrste smjernica je isti, no jedina razlika je u duljini kružnog luka koji se nanosi, prikazano slikom 59. U Hrvatskim smjernicama [7,21] (crtež lijevo) nanosi se luk u duljini od 40,0 m, dok se po Češkim smjernicama [14] (slika desno) nanosi duljini 25,0 m. Rezultat je moguće pretpostavit, ali je i vidljiv na danoj slici. Dakle, ucrtavanje preglednosti u kružnom raskrižju prateći Hrvatske smjernice [7,21] dobije se preglednost na gotovo cijelu površinu kružnog raskrižja (lijevi crtež), dok se na crtežu desno, primjenom Čeških smjernica, [14] preglednost proteže na jednoj trećini kružnog raskrižja. Za istu veličinu vanjskog luka kružnog raskrižja po Hrvatskim smjernicama [7,21] potrebno je zadovoljiti veću površinu preglednost u odnosu na Češke smjernice [14].



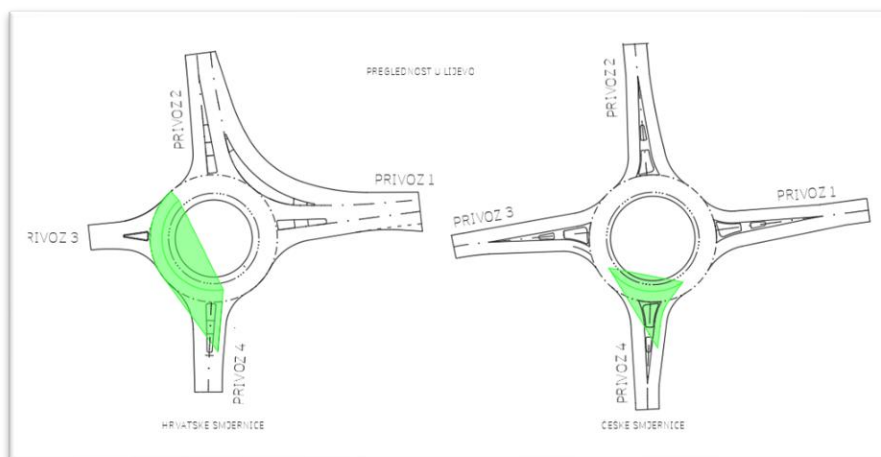
Slika 59. Preglednost u kružnom raskrižju, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno)

## RASKRIŽJE 2 :

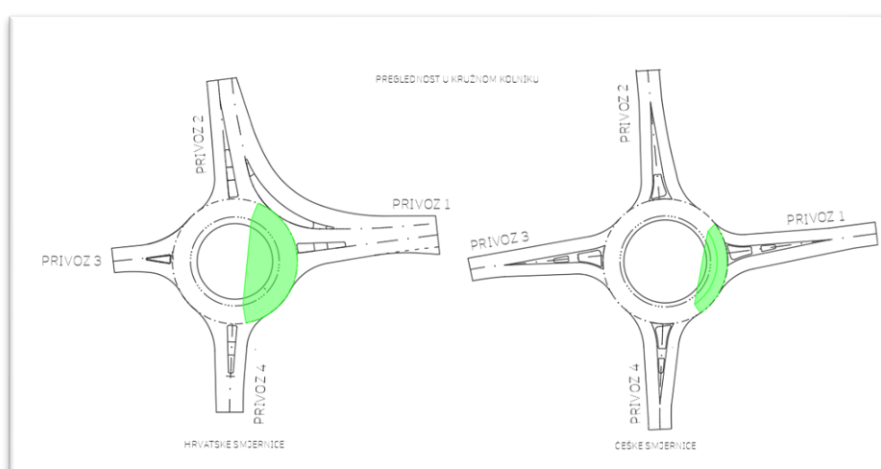
Slikom 60. prikazane su provjere preglednosti na ulazu u kružno raskrižje istim postupkom kao prethodno napisano. Površina preglednosti na crtežu lijevo, primjermom postupaka napisanim Hrvatskim smjernicama [7,21], očekivano je veća u odnosu na crtež desno. Jedini razlog tomu je veća dimenzija ucrtavanja kružnog luka koja je prema Hrvatskim smjernicama [7,21] u vrijednosti od 40,0 m, a prema Češkim smjernicama [14] 25,0 m. Navedene duljine lukova nanose se prilikom određivanja trokuta preglednosti u lijevo (slika 61) i preglednosti unutar kružnog raskrižja što je prikazano slikom 62. Veličine trokuta preglednosti u sva tri slučaja određivanja preglednosti veći su u raskrižjima projektiranim po Hrvatskim smjernicama [7,21] u odnosu na raskrižja projektiranim Češkim smjernicama [14].



Slika 60. Preglednost na ulazu u kružno raskrižje, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno)



Slika 61. Preglednost u lijevo, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno)



Slika 62. Preglednost u kružnom raskrižju, Hrvatske smjernice (lijevo) i Češke smjernice (desno)

Preglednost u sve tri kategorije : preglednost na ulazu u raskrižje, preglednost u lijevo i preglednost unutar kružnog raskrižja prema Hrvatskom pravilniku potrebno je zadovoljiti u duljini od 40,0 m, dok se prema Češkom pravilniku ista preglednost treba zadovoljiti na duljini od 25,0 m. Usporedivši kružna raskrižja projektirana Hrvatskim smjernicama sa izvedenim raskrižjima projektiranim po Češkim smjernicama možemo zaključiti da se prema Hrvatskom pravilniku očekuje osiguravanje veće duljina preglednosti te posljedično i većih površina preglednosti na kojima ne smije biti zapreka što uključuje veći dio površine središnjeg otoka. Prilikom osiguravanja preglednosti u široj zoni kružnog raskrižja potrebno je više pažnje usmjeriti na postavljanje visinskih barijera te prilikom ozelenjivanja užeg djela kružnog raskrižja tj. središnjeg otoka i razdjelnog otoka kako se time ne bi narušila preglednost te sigurnost odvijanja prometa. Budući da se unutar kružnog raskrižja prema Češkim smjernicama mora zadovoljiti manja duljina preglednosti u odnosu na Hrvatske smjernice, iz tog razloga moraju se projektirati na način da brzine budu manje.

## 9. ZAKLUČAK

Kružna raskrižja od svojih prvih naznaka pa sve do danas imaju bitnu ulogu prilikom uređenja i unaprijeđena prometnih mreža u gradovima, rekonstrukciji postojećih raskrižja, povećanju sigurnosti i protočnosti odvijanja prometa te drugih pogodnosti koje ona doprinose. Razvoj kružnih raskrižja započinje krajem 19 stoljeća te traje i danas. Ova vrsta raskrižja ima mnog prednosti u odnosu na ostale vrste stoga se sve više primjenjuju. Kružna raskrižja možemo dijeliti po razni kategorijama kao što su podjela po položaju, namjeni, broju kolničkih traka i drugo. Postoje četiri osnovna tipa kružnih raskrižja : jednotračno, više-tračno, turbo i mini kružno raskrižje, ali u složenim situacijama može se projektirati kombinacija navedenih tipova. Prema Hrvatskim smjernicama osnovna je podjela na urbana i izvan-urbana kružna raskrižja.

U ovom radu osnovni cilj je bio usporediti elemente kružnih raskrižja definirane hrvatskom i češkom tehničkom regulativom. Korištene su Hrvatske smjernice: „Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama“ iz 2014 godine sa Češkim smjernicama gdje su se koristile tri verzije smjernica. Temelj Čeških smjernica je : „Příručka pro navrhování okružních křižovatek“ (Priručnik za projektiranje kružnih raskrižj) iz 2009 godine, uz dodatke „PROJEKTOVÁNÍ OKRUŽNÍCH KŘIŽOVATEK NA SILNICÍCH A MÍSTNÍCH KOMUNIKACÍCH“ (Projektiranje kružnih raskrižja na cestama i lokalnim prometnicama) iz 2000 godine i „PROJEKTOVÁNÍ OKRUŽNÍCH KŘIŽOVATEK NA SILNICÍCH A MÍSTNÍCH KOMUNIKACÍCH“ (Projektiranje kružnih raskrižja na cestama i lokalnim prometnicama) iz 2017 godine. Uspoređivani su osnovni elementi za projektiranje kružnih raskrižja i elementi za visinsko i horizontalno vođenje te njihove veličine i raspon veličina. Najveća razlika vrijednosti između dvaju smjernica jest za širine voznih traka, širine ulaza/izlaza te vrijednosti izlaznog polumjera. Ovom usporedbom zaključeno je da je raspon vrijednosti u Hrvatskim smjernicama znatno veći u odnosu na Češke te se time omogućuje projektiranje većih raskrižja što može rezultirati većim brzinama vozača i smanjenjem sigurnosti. Prilikom usporedbe visinskih i horizontalnih vođenja trase nema znatnih razlika.

Na temelju analize i usporedbe 2 kružna raskrižja, iz aspekta preglednosti, koja su projektirana i izvedena prema Hrvatskim smjernicama te za potrebe analize u ovome radu projektirana i prema uputama iz Čeških smjernica može se zaključiti da su načini i vrste provjere preglednosti jednaki no duljina preglednosti koju je potrebno zadovoljiti drugačija.

Prilikom provjere preglednosti prateći Hrvatske smjernice potrebno je zadovoljiti duljinu od 40,0 m čime je veću pažnju potrebno usmjeriti prilikom uređenja kružnih raskrižja kako se ne bi zaklanjao pogled i narušavala preglednost, a time smanjila sigurnost odvijanja prometa. Većim stupnjem preglednosti povećava se sigurnost ostalih sudionika u prometu, protočnost prometa te ugodnost vozača, ali preveliki stupanj preglednosti može ohrabriti vozača da se kreće većom brzinom čime se sve prethodno navedeno poništava. Stoga je potrebno osigurati minimalnu preglednost, ali koristi elemente projektiranja kružnog toka na način da se ne mogu postignuti brzine veće od dozvoljenog.

Na temelju analize i usporedbe 2 kružna raskrižja, sa aspekta sigurnosti proračunavanjem proвозne brzine po Američkom modelu, koja su projektirana i izvedena prema hrvatskim smjernicama te za potrebe analize u ovome radu projektirana i prema uputama iz čeških smjernica može se zaključiti da veličina proвозne brzine raste proporcionalno povećanjem radijusa trajektorija kretanja. Dakle, što je veća vrijednost ulaznog i izlaznog radijusa kružnog raskrižja vozač može postići veću brzinu kretanja. Najveća brzina kretanja u oba raskrižja razvija se unutar kružnog raskrižja prilikom desnog skretanja te je u oba slučaja u raskrižju projektiranom po češkim uputama brzina bila 20% veća u odnosu na raskrižja izvedenih po hrvatskim uputama. Pretpostavka je da je to uzrokovano zbog manje širine ulaza i izlaza u odnosu na raskrižje izvedeno po hrvatskim uputama. Zbog širih privoza i većeg izlaznog radijusa, trajektorija kretanja je manje zaobljena (izduženija) te se time dobije veći radijus zaobljenja i posljedično na takvim raskrižjima postiže veća brzina.

Kako bismo dobili što točniji uvid o preglednosti i sigurnosti raskrižja tj. za donošenje konačnog zaključka, potrebno je provesti usporedbe između različito dizajniranih raskrižja i izvedenih projekata. Uz analizu projekata prije izgradnje, potrebno je pratiti stvarnu situaciju i funkcioniranje kružnog raskrižja nakon izgradnje. Na taj način dobijemo direktne podatke o sigurnosti, protočnosti prometa i udobnosti vozača u odnosu na odabrane veličine osnovnih elemenata za projektiranje kružnih raskrižja. Prikupljanjem što više podataka, realnije se mogu identificirati problemi čime možemo unaprijediti funkcionalnost i tehnologije projektiranja kružnih raskrižja u praksi. Navedenim pristupom i podacima dobivenim mjerenjem mogu se unaprijediti smjernice kako bi se manjile greške i poboljšala kvaliteta i sigurnost odvijanja prometa.

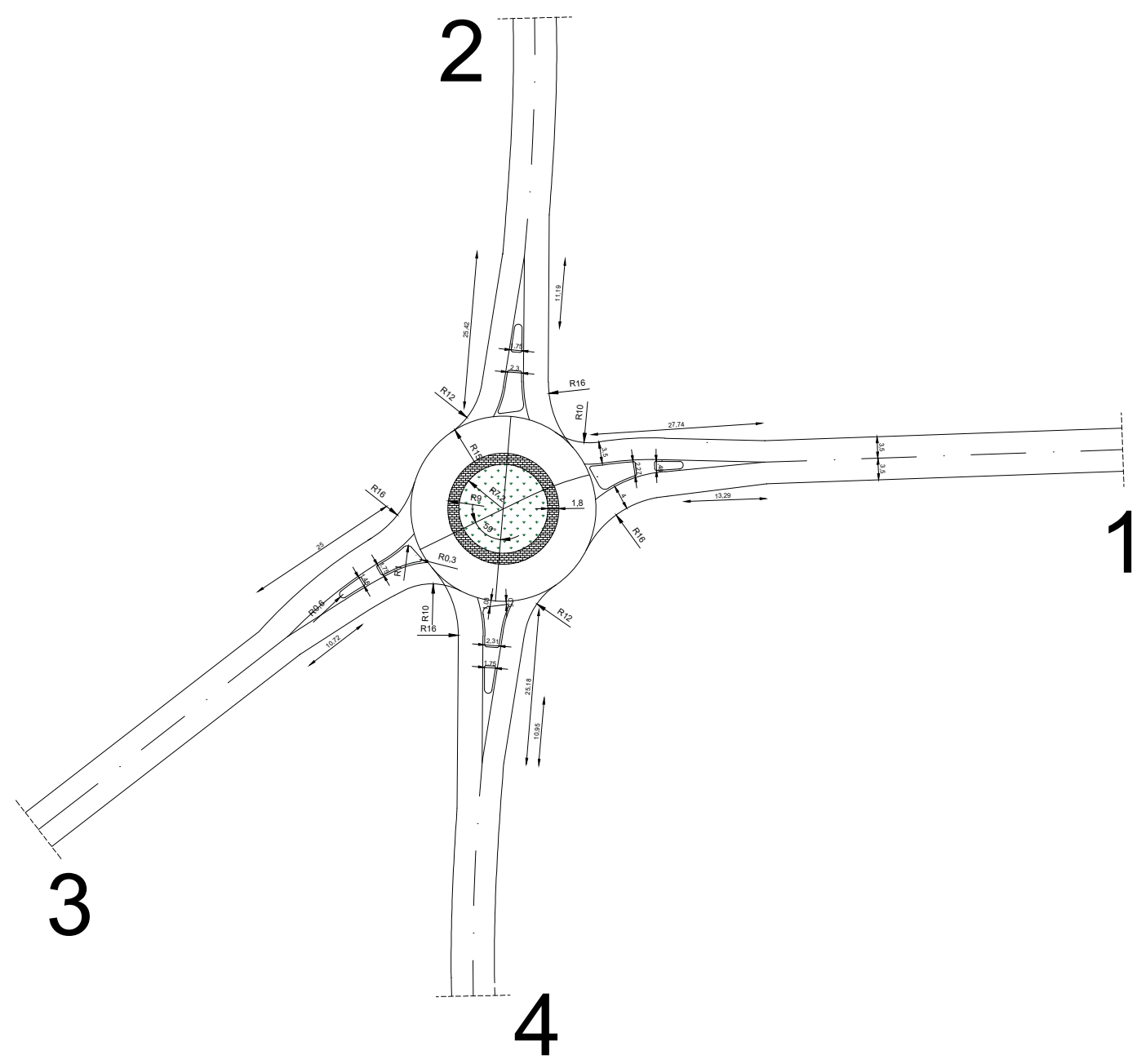
## 10. LITERATURA

- [1] „Dupont Circle- Wikipedija”, <https://en.wikipedia.org/wiki>, pristup 06.05.2024.
- [2] „Columbus Circle - Wikipedija“, [https://en.wikipedia.org/wiki/Columbus\\_Circle](https://en.wikipedia.org/wiki/Columbus_Circle), pristup 06.05.2024.
- [3] „Columbus Circle – Pinterest“, <https://www.pinterest.com>, pristup 06.05.2024.
- [4] „Sollershott Circus – Herts Memories“, <https://www.hertsmemories.org.uk>, pristup 06.05.2024.
- [5] „Modern Roundabout Practice in the United States, A Synthesis of Highway Practice“, <https://onlinepubs.trb.org>, pristup 06.05.2024.
- [6] „The Palace de l'Etoile“, <https://en.wikipedia.org>, pristup 06.05.2024.
- [7] „SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE KRUŽNIH RASKRIŽJA NA DRŽAVNIM CESTAMA“, <https://hrvatske-ceste.hr>, pristup 06.05.2024.
- [8] Oršolić Antonio, Roundabouts- design and exsamples from Croatia and Slovenia, diplomski rad, Wiesbaden, 2015.
- [9] Rutko Ivan, Varijanta rješenja dvotračnog kružnog raskrižja Rujevica, diplomski rad, Rijeka, 2019.
- [10] „Jednotračni urbani kružni tok“, <https://www.icv.hr/2021>, pristup 04.06.2024.
- [11] „MOLZERO“, <https://molozero.com/projekti/kruzni.tok>, pristup 04.06.2024.
- [12] „Banjaluka TURBO ROTOR“, <https://toktv.ba>, pristup 04.06.2024.
- [13] „PROJEKTOVÁNÍ OKRUŽNÍCH KŘIŽOVATEK NA SILNICÍCH A MÍSTNÍCH KOMUNIKACÍCH“, <https://pjpkr.sd.cz>, pristup 20.04.2024.
- [14] „OKRUŽNÍCH KŘIŽOVATEK NA SILNICÍCH A MÍSTNÍCH KOMUNIKACÍCH“, [https://pjpkr.sd.cz/data/USR\\_001\\_2\\_8\\_TP/TP\\_135\\_2000\\_09.pdf](https://pjpkr.sd.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_135_2000_09.pdf), pristup 20.04.2024.
- [15] „Příručka pro navrhování okružních křižovatek“, <https://docplayer.cz>, pristup 20.04.2024.
- [16] „DODATAK C, PROVJERA PROVOZNE BRZINE KROZ KRUŽNO RASKRIŽJE“, <https://hrvatske-ceste.hr>, pristup 26.06.2024.



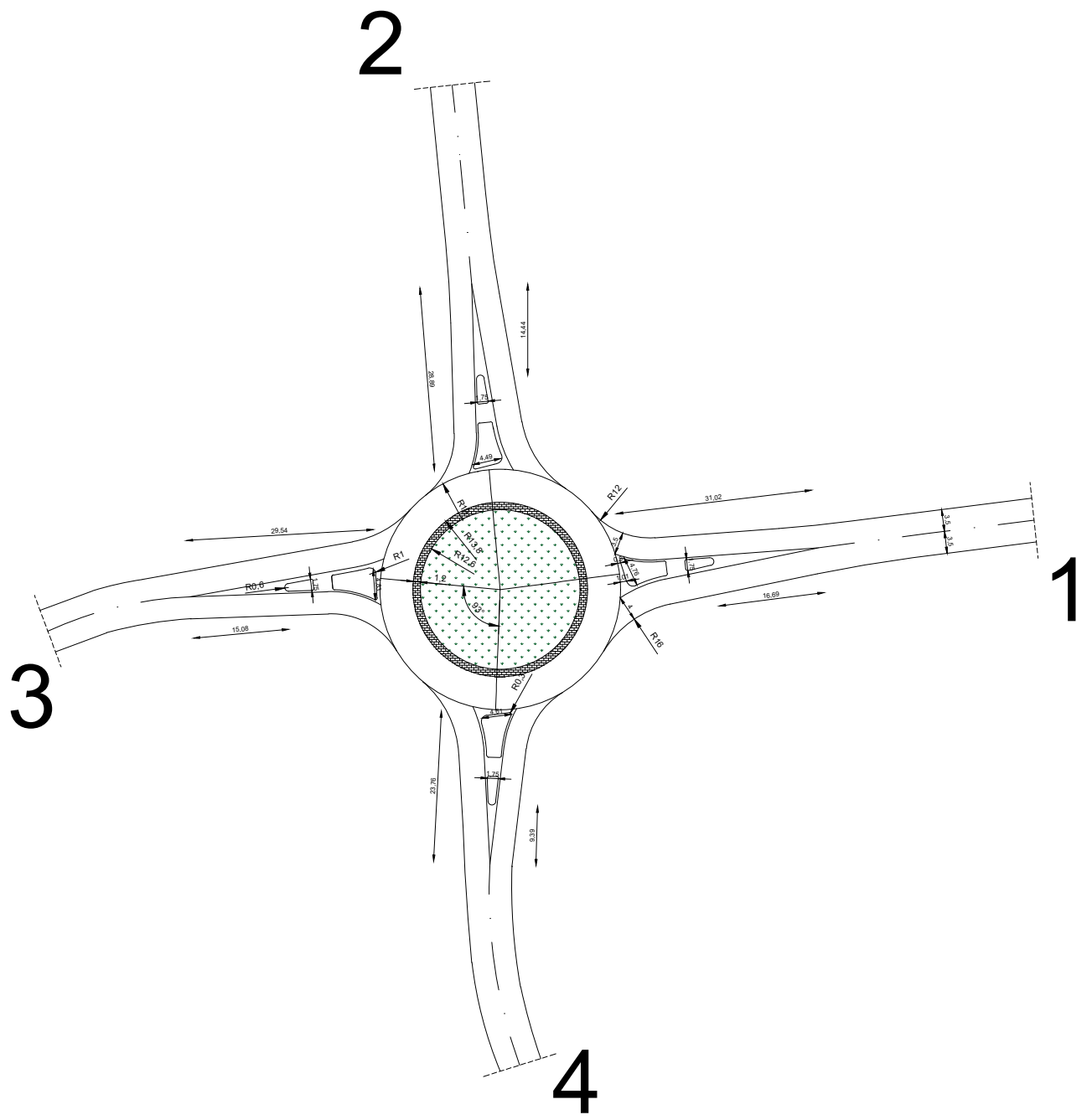
- [17] S.Šurdonja, V.Dragičević, A.D.Tibljaš, Ž.Korlaet : Model radijusa putanje vozila u sredini kružnog raskrižja, Građevinar Vol 71, 2019.
- [18] Tomaž Tollazzi, Kružna raskrižja, IQ PLUS d.o.o., Kastav, Rijeka, 2007.
- [19] I. Barišić, V. Pevalek, D. Pilepić: UTJECAJ PRIMJENE PROMETNIH RJEŠENJA S KRUŽNIM RASKRIŽJEM NA SUSTAV ODRŽIVOG PROMETA, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol.4, Rijeka, 2016.
- [20] Legac Ivan, Raskrižja javnih cesta -cestovne prometnice II- , Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008.
- [21] „DODATAK E, PROVJERA PREGLEDNOSTI U KRUŽNIM RASKRIŽJIMA“, <https://hrvatske-ceste.hr>, PRISTUP 20.07.2024.

**GRAĐEVINSKA SITUACIJA**  
**M 1:1000**  
**Raskrižje 1**



<b>GF</b> Građevinski Fakultet, Sveučilište u Rijeci		
KOLEGIJ: Diplomski rad, Cestovna čvorišta		AK. GODINA: 2023./2024.
SADRŽAJ: Građevinska situacija		MJERILO: 1:1000
STUDENTICA: Carla Cukon		DATUM: rujan, 2024.
		LIST: 1.

GRAĐEVINSKA SITUACIJA  
M 1:1000  
Raskrižje 2



<b>GF</b> Građevinski Fakultet, Sveučilište u Rijeci		
KOLEGIJ: Diplomski rad, Cestovna čvorišta		AK. GODINA: 2023./2024.
SADRŽAJ: Građevinska situacija		MJERILO: 1:1000
STUDENTICA: Carla Cukon	DATUM: rujan, 2024.	LIST: 2.