

REPUBLIKA SRBIJA  
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE  
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

**5. FUNKCIONALNI ELEMENTI I POVRŠINE  
PUTEVA**

**5.3 KRUŽNE RASKRNICI**

**BEOGRAD, 2012.**

---

**Izdavač:** Javno preduzeće Putevi Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 282, Beograd

**Izdanja:**

<b>Br.</b>	<b>Datum</b>	<b>Opis dopuna i promena</b>
1	30.04.2012.	Početno izdanje

**SADRŽAJ**

<b>5.3.1</b>	<b>UVODNI DEO</b>	<b>1</b>
5.3.1.1	REFERENČNI NORMATIVI	1
5.3.1.2	REČNIK UPOTREBLJENIH STRUČNIH TERMINA	1
<b>5.3.2</b>	<b>UOPŠTENO O KRUŽNIM RASKRSNICAMA</b>	<b>5</b>
5.3.2.1	KARAKTERISTIKE KRUŽNIH RASKRSNICA	5
5.3.2.2	PREDNOSTI I NEDOSTACI	5
5.3.2.3	PODELA KRUŽNIH RASKRSNICA	5
5.3.2.3.1	Podela kružnih raskrsnica u odnosu na lokaciju i veličinu	5
5.3.2.3.2	Podela kružnih raskrsnica prema nameni	6
5.3.2.3.3	Podela kružnih raskrsnica prema broju krakova	7
5.3.2.3.4	Podela kružnih raskrsnica prema načinu vođenja pojedinačnih pravaca	7
5.3.2.3.5	Podela kružnih raskrsnica prema načinu izvođenja	7
5.3.2.3.6	Podela kružnih raskrsnica prema obliku kružnog toka	7
5.3.2.4	SAOBRAĆAJNA BEZBEDNOST U KRUŽNIM RASKRSNICAMA	7
5.3.2.4.1	Motorni saobraćaj	7
5.3.2.4.2	Pešaci i biciklisti	8
5.3.2.5	MERE ZA OBEZBEĐIVANJE SAOBRAĆAJNE BEZBEDNOSTI KRUŽNE RASKRSNICE	9
<b>5.3.3</b>	<b>JEDNOTRAČNA KRUŽNA RASKRSNICA</b>	<b>12</b>
5.3.3.1	KRITERIJUMI ZA OPRAVDANOST IZVOĐENJA JEDNOTRAČNE KRUŽNE RASKRSNICE	12
5.3.3.2	PRORAČUN KAPACITETA JEDNOTRAČNE KRUŽNE RASKRSNICE	13
5.3.3.2.1	Uopšteno	13
5.3.3.2.2	Pojam kapaciteta kružne raskrsnice	14
5.3.3.2.3	Paušalni proračun po austrijskoj metodi	14
5.3.3.2.4	Računarski programi za izračunavanje kapaciteta kružne raskrsnice	15
5.3.3.2.5	Uticaj nemotorizovanog saobraćaja na smanjenje kapaciteta kružne raskrsnice	16
5.3.3.3	ODREĐIVANJE PROJEKTNO-TEHNIČKIH ELEMENATA	19
5.3.3.3.1	Izbor spoljašnjeg prečnika D i širine kružnog kolovoza u	20
5.3.3.3.2	Vođenje puteva u kružnu raskrsnicu	21
5.3.3.3.3	Širina vozne trake ispred kružne raskrsnice v	21
5.3.3.3.4	Širina uliva u raskrsnicu e i dužina proširenja uliva l'	21
5.3.3.3.5	Ulivni R i ulivni ugao $\Phi$	22
5.3.3.3.6	Širina izliva iz kružne raskrsnice	22
5.3.3.3.7	Izlivni radijus	22
5.3.3.3.8	Dimenzije razdelnih ostrva	22
5.3.3.4	HORIZONTALNO I VERTIKALNO TRASIRANJE	23
5.3.3.4.1	Horizontalno trasiranje	23
5.3.3.4.2	Nivelaciono trasiranje	23
5.3.3.5	PREGLEDNOST	25
5.3.3.5.1	Visina položaja vozačevog oka i prepreke	26
5.3.3.5.2	Preglednost na levu stranu	26
5.3.3.5.3	Čeona preglednost na ulivu	26
5.3.3.5.4	Preglednost na kružnom kolovozu	27
5.3.3.5.5	Preglednost do pešačkih prelaza	27
5.3.3.5.6	Ometanje preglednosti	27
5.3.3.5.7	Preglednost kod denivelisanih krakova kružne raskrsnice	28
5.3.3.6	SAOBRAĆAJNA SIGNALIZACIJA	28
5.3.3.6.1	Vertikalna signalizacija	28
5.3.3.6.2	Horizontalna signalizacija	28
5.3.3.7	SAOBRAĆAJNA OPREMA	29
5.3.3.7.1	Razdelna ostrva - ostrva za pešake	29
5.3.3.7.2	Pešački i biciklistički prelazi	29
5.3.3.7.3	Pregazni deo centralnog ostrva	29

5.3.3.7.4	Boja i oblik ivičnjaka	29
5.3.3.7.5	Rasveta kružne raskrsnice	30
5.3.3.8	DRUGA OPREMA	30
5.3.3.8.1	Pejzažno uređenje	30
5.3.3.8.2	Fontane, spomenici i drugi objekti u centralnom ostrvu	31
<b>5.3.4</b>	<b>MINI KRUŽNE RASKRSNICE</b>	<b>32</b>
5.3.4.1	KRITERIJUMI ZA IZVOĐENJE MINI KRUŽNIH RASKRSNICA	32
5.3.4.1.1	Karakteristike mini kružnih raskrsnica	32
5.3.4.1.2	Prikladnost / opravdanost izvođenja mini kružne raskrsnice	32
5.3.4.2	PRORAČUN KAPACITETA MINI KRUŽNIH RASKRSNICA	33
5.3.4.3	ODREĐIVANJE PROJEKTNO-TEHNIČKIH ELEMENATA	33
5.3.4.3.1	Koraci u planiranju mini kružnih raskrsnica	33
5.3.4.3.2	Zahtevane karakteristike puta	33
5.3.4.4	HORIZONTALNO I VERTIKALNO TRASIRANJE	34
5.3.4.4.1	Elementi situacionog plana	34
5.3.4.4.2	Nivelaciono vođenje, poprečni nagibi	34
5.3.4.5	PREGLEDNOST	34
5.3.4.6	SAOBRAĆAJNA SIGNALIZACIJA	35
5.3.4.7	SAOBRAĆAJNA OPREMA	35
<b>5.3.5</b>	<b>KRUŽNE RASKRSNICE SA SPIRALNIM KRUŽNIM TOKOM</b>	<b>36</b>
5.3.5.1	KARAKTERISTIKE KRUŽNIH RASKRSNICA SA SPIRALNIM KRUŽNIM TOKOM	36
5.3.5.2	KRITERIJUMI ZA OPRAVDANOST IZVOĐENJA TURBO KRUŽNE RASKRSNICE	36
5.3.5.3	TIPOLOGIJA TURBO KRUŽNIH RASKRSNICA	37
5.3.5.4	USLOVI SAOBRAĆAJNE BEZBEDNOSTI U TURBO KRUŽNIM RASKRSNICAMA	38
5.3.5.4.1	Saobraćajna bezbednost motorizovanih učesnika	38
5.3.5.4.2	Saobraćajna bezbednost nemotorizovanih učesnika	38
5.3.5.5	PRORAČUN KAPACITETA TURBO KRUŽNE RASKRSNICE	39
5.3.5.5.1	Opšte	39
5.3.5.5.2	Analitički modeli za proračun propusne moći višetračnih kružnih raskrsnica	40
5.3.5.5.3	Izračunavanje pomoću programskih alata	42
5.3.5.6	ODREĐIVANJE PROJEKTNO-TEHNIČKIH ELEMENATA	43
5.3.5.6.1	Veličina poluprečnika turbo kružne raskrsnice	43
5.3.5.6.2	Zavisnost širine kružne vozne trake od veličine poluprečnika kružne raskrsnice	45
5.3.5.6.3	Poluprečnici ulivnih i izlivnih radijusa	45
5.3.5.6.4	Određivanje položaja centara kružnih lukova spoljašnjih radijusa	46
5.3.5.6.5	Položaj translatorne ose i kontrola položaja "turbo bloka"	46
5.3.5.6.6	Kontrola brzina vožnje	47
5.3.5.6.7	Razdelna ostrva	48
5.3.5.6.8	Pešački i biciklistički prelazi	49
5.3.5.6.9	Podzemni i nadzemni prolazi	50
5.3.5.6.10	Centralno ostrvo	50
5.3.5.7	SAOBRAĆAJNA SIGNALIZACIJA	51
5.3.5.7.1	Vertikalna saobraćajna signalizacija	51
5.3.5.7.2	Horizontalna saobraćajna signalizacija	52
5.3.5.8	JAVNA RASVETA	54
5.3.5.9	DETALJI	55
5.3.5.9.1	Detalj elementa za sprečavanje preplitanja	55
5.3.5.9.2	Detalj početka elementa za sprečavanje preplitanja – „špic“	56
5.3.5.10	OSTALA OPREMA	57
5.3.5.10.1	Pejzažno uređenje	57
5.3.5.10.2	Uređenje središnjeg ostrva	57
<b>5.3.5</b>	<b>MONTAŽNE KRUŽNE RASKRSNICE</b>	<b>58</b>
5.3.5.1	KRITERIJUMI ZA OPRAVDANOST IZVEDBE MONTAŽNE KRUŽNE RASKRSNICE	58
5.3.5.2	IZRAČUNAVANJE KAPACITETA MONTAŽNE KRUŽNE RASKRSNICE	59
5.3.5.3	ODREĐIVANJE PROJEKTNO-TEHNIČKIH ELEMENATA MONTAŽNE KRUŽNE RASKRSNICE	59

---

5.3.5.4	HORIZONTALNO I VISINSKO VOĐENJE	59
5.3.5.5	SAOBRAĆAJNA SIGNALIZACIJA	59
5.3.5.6	SAOBRAĆAJNA OPREMA	60
5.3.5.7	OSTALA OPREMA	60



### 5.3.1 UVODNI DEO

Ovaj priručnik pruža usmerenja za projektno-tehničko oblikovanje kružnih raskrsnica.

Priručnik sadrži područje primene kružnih raskrsnica, kriterijume za opravdanost njihovog izvođenja, način za dobijanje podataka za proračun kapaciteta, metodologiju proračuna i dimenzionisanja, uticaj pojedinačnih konstruktivnih elemenata kružne raskrsnice, horizontalne i vertikalne elemente kružne raskrsnice, uticaje biciklista i pešaka na protočnost kružne raskrsnice, saobraćajnu signalizaciju u kružnoj raskrsnici, uslove preglednosti u kružnim raskrsnicama i uslove uređenja centralnog ostrva i predstavlja zaokruženu celinu.

Priručnik obrađuje sledeće tipove kružnih raskrsnica:

- standardne jednotračne kružne raskrsnice,
- mini kružne raskrsnice,
- kružne raskrsnice sa spiralnim kružnim tokom,
- montažne kružne raskrsnice.

#### 5.3.1.1 Referenčni normativi

Priručnik je usklađen sa postupkom informisanja u skladu sa Direktivom Evropskog parlamenta i Saveta 98/34/ES od 22. juna 1998 o određivanju postupka za prikupljanje informacija na području tehničkih standarda i tehničkih propisa (UL L br. 204 od 21. jula 1998, str. 37), kao što je bila poslednji put izmenjena Direktivom Evropskog parlamenta i Saveta 98/48/ES od 20. jula 1998 o izmeni Direktive 98/34/ES o određivanju postupka za prikupljanje informacija na području tehničkih standarda i tehničkih propisa (UL L br. 217 od 5. 8. 1998, str. 18).

Priručnik, između ostalog, bazira na sledećim dokumentima:

- Zakon o javnim putevima, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 101, 2005; 123, 2007 i 101, 2011
- Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 41, 2009. i br. 53, 2010
- Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 26, 2011

- Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 26, 2010
- Planiranje i projektovanje pratećih sadržaja magistralnih puteva (Gradževinski fakultet Beograd, 1993)
- Tehnička uputstva o saobraćajnoj signalizaciji i opremi na javnim putevima (JPPS, 2008)
- Tehnička uputstva za projektovanje vangradskih puteva (JPPS, 2008)
- Pravilnik o održavanju magistralnih i regionalnih puteva, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 26, 1993
- Pravilnik o podeli motornih i priključnih vozila i tehničkim uslovima za vozila u saobraćaju na putevima, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 64/10, 69/10
- Pravilnik o tehničkim sredstvima za usporavanje saobraćaja na putevima i posebnim tehničkim sredstvima za zaštitu bezbednosti dece (predlog pravilnika na osnovu člana 163, 165 i člana 342 Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 61/09
- Uredba o kriterijumima za kategorizaciju državnih puteva, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 37/09

#### 5.3.1.2 Rečnik upotrebljenih stručnih termina

**Kružna raskrsnica** je kanalisana raskrsnica kružnog oblika sa centralnim ostrvom koje može biti neprohodno, delimično prohodno ili prohodno za vozila, i kružnim tokom u koji se ulivaju tri ili više krakova puta i po kojem se odvija vožnja u smeru suprotnom od smera kazaljke na satu.

**Jednotračna kružna raskrsnica** je kružna raskrsnica sa po jednom saobraćajnom trakom na ulivu/izlivu i jednotračnim kružnim kolovozom.

**Višetračna kružna raskrsnica** je kružna raskrsnica sa jednom ili više saobraćajnih traka na ulivima/izlivima, čiji je celokupan kružni kolovoz ili deo kružnog kolovoza oblikovan kao višetračni kolovoz.

**Montažna kružna raskrsnica** je privremeno projektno rešenje, smešteno u gabarite postojeće "klasične" raskrsnice, izvedeno sa elementima, saobraćajnom signalizacijom i opremom koji su u skladu sa zahtevima bezbednosti u saobraćaju, i namenjeno je poboljšanju protočnosti i/ili bezbednosti u saobraćaju.

**Kružna raskrsnica sa spiralnim kružnim tokom – turbo kružna raskrsnica** je kanalisana višetračna raskrsnica ovalnog oblika sa nepregaznim ili delimično pregaznim centralnim ostrvom, te kružnim kolovozom spiralnog oblika u koji se ulivaju tri ili četiri puta, sa većim brojem centara unutrašnjih i spoljašnjih prečnika, te sa dve ili tri trake na kružnom kolovozu (spiralni kružni tok).

**Kružni kolovoz** je kolovoz kružnog oblika po kojem se kreću vozila oko centralnog ostrva u smeru suprotnom od smeru kazaljke na satu. Vozila u kružnom toku imaju prednost nad vozilima koja dolaze iz ulivnih puteva.

**Centralno ostrvo** je denivelisana fizička prepreka kružnog ili ovalnog oblika, postavljena u centru kružne raskrsnice, koja sprečava vožnju pravo i omeđava kružnu raskrsnicu sa unutrašnje strane.

**Pregazni deo centralnog ostrva** je onaj deo centralnog ostrva koji zajedno sa kružnim kolovozom omogućava vožnju kroz raskrsnicu dugačkim vozilima. Od kružnog kolovoza se u građevinskom pogledu razlikuje po upotrebljenom materijalu i boji.

**Spoljni prečnik** je prečnik spolnog (upisanog) kruga kružne raskrsnice odn. prečnik spoljne ivice kružne raskrsnice.

**Unutrašnji prečnik** je prečnik centralnog ostrva - podeonika, odn. unutrašnje ivice kružnog kolovoza

**Kraci kružne raskrsnice** su priključni putevi ili kolovozne trake sa obe strane denivelisanog ili samo horizontalnom signalizacijom označenog pešačkog ostrva, koji saobraćaj suprotnog ili istog usmerenja (ulaz - izlaz) vode do/iz raskrsnice.

**Uliv** je područje kružne raskrsnice, gde se ulivni pravac uliva u kružni tok i od njega je odvojen zaustavnom linijom. Uliv može biti levkasto proširen ili sa paralelnim ivicama. U tom području vozila moraju da uspore vožnju ili da se zaustave, do trenutka kada se među vozilima u kružnom toku uspostavi dovoljna vremenska praznina za njihovo priključenje na kružni kolovoz.

**Izliv** je područje u kojem vozila napuštaju kružnu raskrsnicu.

**Broj saobraćajnih traka** Broj saobraćajnih traka na ulivu svakog kraka kružne raskrsnice i broj saobraćajnih traka u kružnoj

raskrsnici predstavljaju osnovne parametre za proračun protočnosti kružne raskrsnice.

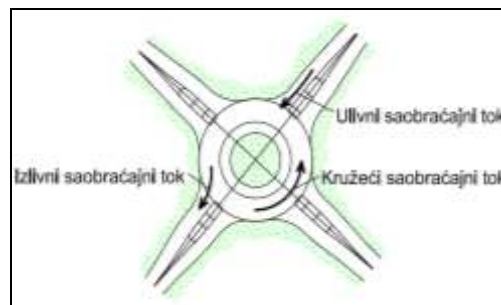
Iz broja saobraćajnih traka na ulivima i na kružnom kolovozu proizlazi osnovna podela kružnih raskrsnica na jednostrane i višetračne.

U slučaju kada je kružni segment – odsek kružnog toka između dva uzastopna priključna pravca – ili celokupan kružni kolovoz dvotračan ili višetračan, govorimo o dvo- ili višetračnim kružnim raskrsnicama.

**Ulivni saobraćajni tok** čine vozila koja se ulivaju u kružnu raskrsnicu (sl. 5.3.1).

**Izlivni saobraćajni tok** čine vozila koja se izlivaju iz kružne raskrsnice (sl. 5.3.1).

**Kružni saobraćajni tok** ili kružeći saobraćajni tok čine vozila koja kruže po kružnim saobraćajnim trakama oko centralnog ostrva (sl. 5.3.1).



Slika 5.3.1: Tokovi u kružnoj raskrsnici

**Niša za čekanje** je prostor između unutrašnje ivice označenog prelaza za pešake ili bicikliste i spoljašnje ivice kružnog kolovoza, koji koriste vozila za čekanje na prihvatljivu vremensku prazninu između vozila u kružnom toku.

**Ulivni radijus** je radijus desne ivice kolovoza na ulivu u kružnu raskrsnicu, koji usmerava vozila prema kružnoj raskrsnici.

**Izlivni radijus** je radijus desne ivice kolovoza na izlivu iz kružne raskrsnice, koji usmerava vozila iz kružne raskrsnice.

**Razdelno ostrvo – pešačko ostrvo** je denivelisani element kružne raskrsnice koji razdvaja uliv i izliv iz kružne raskrsnice, usmerava vozila na pravilan ulaz i izlaz iz kružne raskrsnice i obezbeđuje viši nivo saobraćajne bezbednosti pešaka i biciklista pri prelaženju kraka kružne raskrsnice.

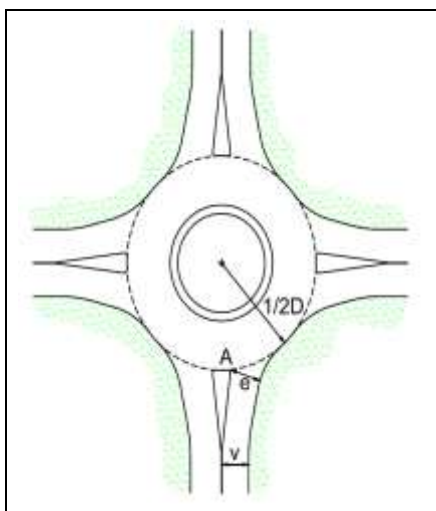


Oblik razdelnog ostrva zavisi od veličine kružne raskrsnice (trougao ili suza).

**Širina uliva (e)** je širina levkastog uliva (sl. 5.3.2); meri se pod pravim uglom, od ulivnog radijusa do tačke preseka sa produžetkom desne ivice pešačkog ostrva i horizontalne signalizacije koja označava spoljnu ivicu kružnog kolovoza.

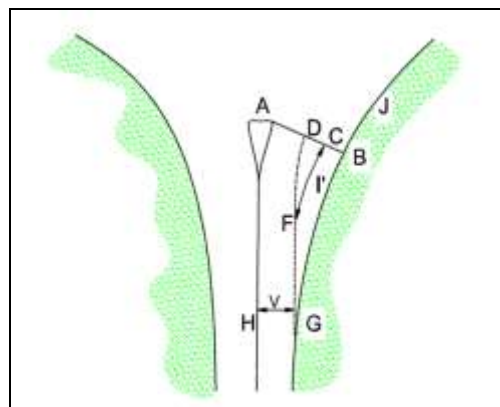
**Širina saobraćajne trake (v)** je širina saobraćajne trake priključnog pravca, pre početka kružne raskrsnice (sl. 5.3.2).

**Prosečna efektivna dužina proširenja (I')** je prosečna dužina proširenja na ulivu u kružnu raskrsnicu (sl. 5.3.3). U slučaju da na ulivu nije izvedeno proširenje, desna ivica kolovoza na ulivu prati liniju GFD, a ulazna širina jednaka je širini saobraćajne trake. BA je normala na ulivni radijus i ima dužinu e. Dužina duži BD je e-v, a dužina duži BC je (e-v)/2. Prosečno efektivno proširenje je CF, udaljeno za (e-v)/2 od desne ivice kolovoza. Rastojanje CF koje je jednako I' nazivamo prosečna efektivna dužina proširenja.



Slika 5.3.2: Širina uliva e i širina saobraćajne trake v

**Oštrina (stepen) proširenja** određena je jednačinom  $S=1.6(e-v)/I'$  (sl. 5.3.3). Predstavlja meru stepena proširenja od v do e uzduž prosečne efektivne dužine proširenja I'.



Slika 5.3.3: Prosečna efektivna dužina proširenja

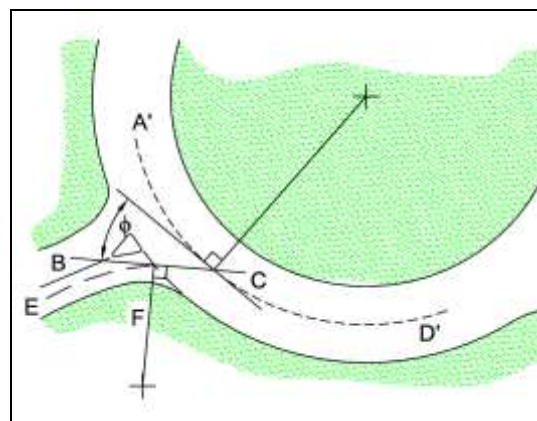
Više vrednosti odgovaraju kratkim, oštrim proširenjima. Niske vrednosti odgovaraju dugim, postepenim proširenjima.

**Ulivni ugao ( $\Phi$ )** je ugao koji određuju tangente na središnjoj liniji ulivne trake i kružnog kolovoza na mestu, gde središnja linija ulivne trake preseca spoljni radijus kružne raskrsnice, odn. na mestu gde produžetak prve tangente preseca središnju liniju kružnog kolovoza.

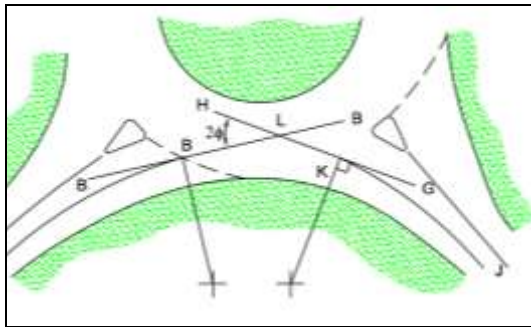
U praksi mogu da nastupe dva slučaja, u zavisnosti od dužine kružnog segmenta između dva uzastopna uliva.

Prvi slučaj: velika dužina kružnog segmenta (sl. 5.3.4)

Linija BC je tangenta na krivu EF (središnjicu kolovoza na ulivu) u tački, gde kriva EF preseca spoljašnji radijus kružne raskrsnice. Ugao  $\Phi$  je ugao između BC i tangente na središnjicu kružnog kolovoza u tački u kojoj BC preseca A'D'.



Slika 5.3.4: Velika dužina kružnog segmenta



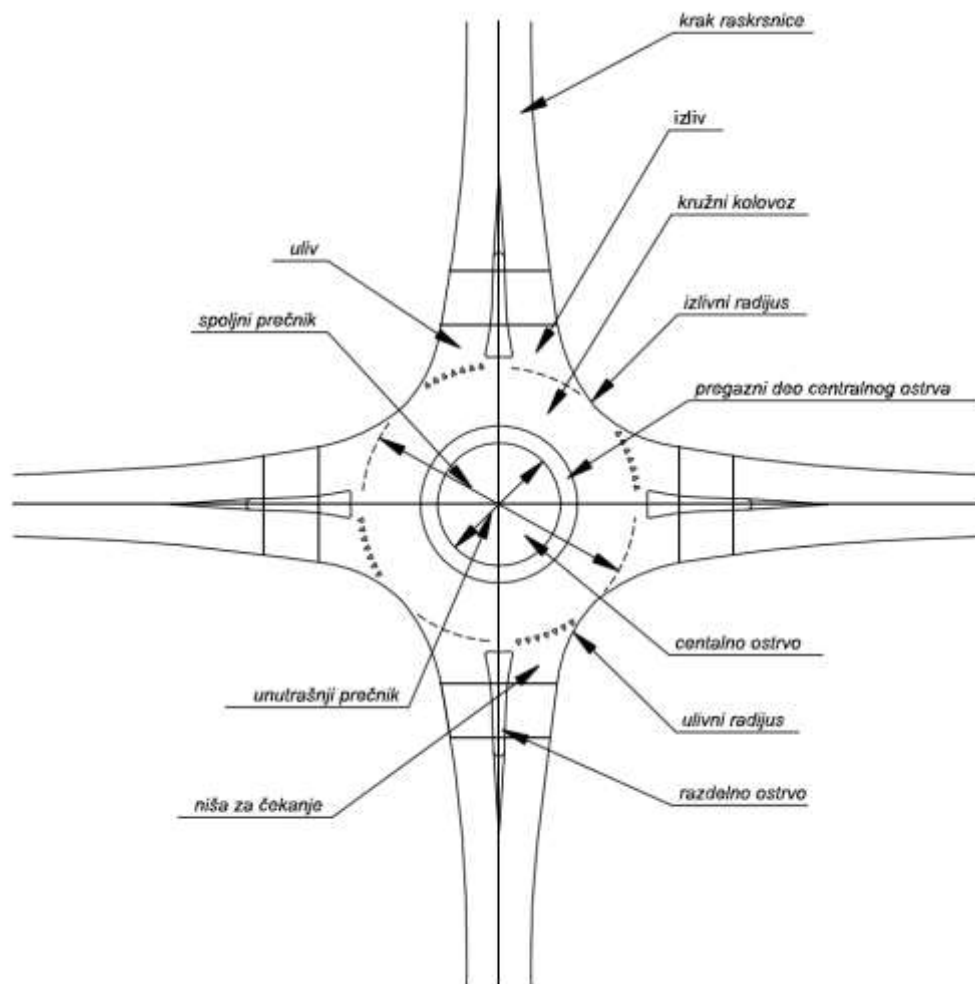
Slika 5.3.5: Mala dužina kružnog segmenta

krivu JK, koja je središnjica izlivne trake. Tangenta GH je u tački gde središnjica izlivne vozne trake preseca spoljašnji radijus kružne raskrsnice. BC i GH seku se u tački L. BLH zaklapaju ugao  $2\phi$ . Poluugao je ugao  $\phi$ .

Osnovni elementi standardne jednotračne kružne raskrsnice predstavljeni su na slici 5.3.6.

Drugi slučaj: mala dužina kružnog segmenta (sl. 5.3.5)

Linija BC je identična kao kod velikih dužina kružnog segmenta. Linija GH je tangenta na



Slika 5.3.6: Osnovni elementi standardne jednotračne kružne raskrsnice

### 5.3.2 UOPŠTENO O KRUŽNIM RASKRSNICAMA

#### 5.3.2.1 Karakteristike kružnih raskrsnica

Karakteristike kružnih raskrsnica po kojima se razlikuju od klasičnih površinskih raskrsnica, su sledeće:

- kružne raskrsnice su raskrsnice sa kombinacijom isprekidanog i neisprekidanog saobraćajnog toka,
- vozila u kružnom toku imaju prednost pred vozilima iz ulivnih pravaca (u kružnim raskrsnicama ne važi pravilo „desne strane“)
- vozilo na ulazu u kružnu raskrsnicu se u slučaju slobodnog kružnog kolovoza ne zaustavlja, već smanjenom brzinom ulazi u kružni tok,
- kružne raskrsnice, bez obzira na tip i način izvođenja, omogućavaju samo vožnju sa malim brzinama i velikim uglom skretanja prednjih točkova,
- za pešake i bicikliste u kružnim raskrsnicama važe ista pravila kao u klasičnim raskrsnicama,
- u kružnim raskrsnicama je zabranjena (ali i nepotrebna) vožnja unazad,
- dugačkim vozilima je dozvoljeno da tokom vožnje po kružnom kolovozu koriste i neasfaltirani (kaldrmisani) deo kružnog kolovoza (pregazni deo centralnog ostrva); za mala vozila to nije potrebno,

#### 5.3.2.2 Prednosti i nedostaci

Prednosti kružnih raskrsnica pred klasičnim površinskim raskrsnicama su pre svega u njihovim sledećim karakteristikama:

- visok nivo bezbednosti u saobraćaju (manji broj konfliktnih tačaka nego kod klasičnih površinskih raskrsnica, eliminacija konfliktnih tačaka raskrsnice i preplitanja, manje brzine u sudarima sa nemotorizovanim učesnicima u saobraćaju, nemogućnost vožnje kroz raskrsnicu bez smanjenja brzine...);
- mogućnost propuštanja saobraćajnih tokova velikog intenziteta;
- manje vreme čekanja (kontinuiranost vožnje);
- manja buka i emisija štetnih gasova;
- manja potrošnja prostora (nego kod površinskih raskrsnica sa trakama za skretanje, a za isti kapacitet);
- dobro rešenje kod ukrštaja sa približno jednakim opterećenjem saobraćajnog toka na glavnom i sporednom saobraćajnom pravcu,

- dobro rešenje kod višekrakah raskrsnica (pet ili više);
- manje posledice saobraćajnih nezgoda (nema čeonih sudara, ni sudara pod pravim uglom);
- manji troškovi održavanja (nego kod semaforizovanih raskrsnica);
- dobro rešenje kao mera za umirivanje saobraćaja u urbanim područjima;
- estetski izgled.

Nedostaci kružnih raskrsnica su:

- sa povećanjem broja traka u kružnom kolovozu se nivo bezbednosti saobraćaja smanjuje (suprotno od klasičnih površinskih raskrsnica);
- veći broj kružnih raskrsnica u nizu ne omogućava sinhronizaciju ("zeleni talas");
- teškoće sa nedostatkom prostora za izvođenje centralnog ostrva u izgrađenom području;
- saobraćaj u kružnoj raskrsnici nije moguće voditi uz pomoć saobraćajne policije;
- kružne raskrsnice nisu preporučljive ispred institucija za slepa, slaboviđa i gluva lica, ispred domova za stara lica, bolnica, domova zdravlja i na svim drugim mestima gde nemotorizovani učesnici u saobraćaju zbog svojih privremenih ili trajnih fizičkih nedostataka ne mogu bezbedno preći ulicu bez svetlosnih signalnih uređaja;
- kružne raskrsnice velikih dimenzija nisu preporučljive ispred dečjih vrtića i škola, kao ni na drugim mestima sa velikim brojem dece;
- mogući problem sa protočnošću kod intenzivne saobraćajne struje nemotorizovanih učesnika, preseca jednu ili više krakova jednotračne kružne raskrsnice;
- naknadna semaforizacija ne utiče značajno na povećanje kapaciteta.

Usled toga, potrebno je za svaki slučaj posebno proceniti prikladnost uvođenja kružne raskrsnice. Prikladnost uvođenja kružne raskrsnice određuje se na osnovu procene ispunjavanja opštih kriterijuma za opravdanost izvođenja kružne raskrsnice.

#### 5.3.2.3 Podela kružnih raskrsnica

##### 5.3.2.3.1 Podela kružnih raskrsnica u odnosu na lokaciju i veličinu

Uopšteno gledajući, kružne raskrsnice možemo u odnosu na lokaciju i veličinu podeliti u sledeće grupe (tabela 5.3.1).

Tabela 5.3.1: Tip i veličina kružnih raskrsnica

Tip kružne raskrsnice	Spoljni prečnik [m]	Okvirni kapacitet [voz./dan]
Mini gradska	14 - 25	10.000
Mala gradska	22 - 35	15.000
Gradska srednje veličine	30 - 40	20.000
Velika vangradska	35 - 45	22.000
Kružna raskrsnica sa spiralnim kružnim tokom (srednje veličine, gradska i vangradska)	40 - 70	40.000
Velika vangradska	> 70	-

Napomena: Okvirni kapaciteti su samo aproksimativne vrednosti za četvorokrake kružne raskrsnice sa ravnomerno raspoređenim saobraćajnim tokovima. Vrednosti date u tabeli su samo informativne, a pri rešavanju konkretnih slučajeva potrebno je svaku kružnu raskrsnicu proveriti u vezi sa stvarnim saobraćajnim tokovima i upotrebljenim projektno-tehničkim elementima.

#### Mini kružna raskrsnica

Koristi se u zbijenim gradskim sredinama u svrhu umirivanja saobraćaja. Očekivana brzina vozila je do 25km/h. Pri vođenju biciklista koristi se paralelno vođenje (uz spoljašnju ivicu kružnog kolovoza) Zbog malih dimenzija mini kružnih raskrsnica, razdelna ostrva su montažna i imaju dimenzije manje od minimalnih dozvoljenih za male i srednje velike kružne raskrsnice. U poređenju sa klasičnom nesemaforizovanom raskrsnicom, mini kružna raskrsnica ima, po pravilu, veći kapacitet i neuporedivo veću bezbednost učesnika u saobraćaju, a male troškove izvođenja.

Njihovo projektovanje zahteva poseban pristup.

#### Mala kružna raskrsnica

Izvodi se, u principu, samo u gradskom okruženju. Očekivana brzina vožnje kroz male kružne raskrsnice je ispod 30 km/h. Kod opterećenijih malih kružnih raskrsnica preporučuje se upotreba denivelisanih biciklističkih staza. Ove kružne raskrsnice se često koriste na ulazima u manja naselja, gde pored upozorenja vozačima o promeni uslova u saobraćaju, nude i neograničene mogućnosti pejzažnog i arhitektonskog oblikovanja.

#### Kružna raskrsnica srednje veličine

U načelu se upotrebljavaju na opterećenijim čvorištima u gradskim okruženjima. Projektno-tehnički elementi moraju da budu izabrani tako, da obezbeđuju maksimalnu brzinu vozila do 40 km/h. Veliki akcenat je na vođenju pešaka i biciklista, koji su od kolovoza odvojeni denivelacijom. Razdelna ostrva omogućavaju dovoljno veliki prostor za zaštitu biciklista između ulivnih/izlivnih saobraćajnih traka.

#### Kružne raskrsnice sa spiralnim vođenjem kružnog toka

Kružna raskrsnica sa spiralnim kružnim tokom može biti gradska i vangradska.

U načelu ih predviđamo na mestima gde se ne može očekivati veliki broj pešaka i biciklista. Vangradska kružna raskrsnica sa spiralnim kružnim tokom ima veći spoljašnji prečnik nego gradska kružna raskrsnica sa spiralnim kružnim tokom.

Projektno-tehnički elementi gradske kružne raskrsnice sa spiralnim kružnim tokom moraju da budu izabrani tako da obezbeđuju maksimalnu brzinu vozila do 40km/h.

Projektno-tehnički elementi vangradske kružne raskrsnice sa spiralnim kružnim tokom moraju da budu izabrani tako da obezbeđuju maksimalnu brzinu vozila do 50 km/h.

Odvijanje nemotorizovanog saobraćaja na području gradske kružne raskrsnice sa spiralnim kružnim tokom mora, po pravilu, biti izvedeno u drugom nivou.

Kružne raskrsnice sa spiralnim kružnim tokom nisu predmet obrade ove specifikacije.

#### Velika kružna raskrsnica

Izvodi se samo u izuzetnim slučajevima, obično na prilazima gradova sa autoputa. Projektovanje ovih kružnih raskrsnica zahteva poseban pristup. Biciklistički i pešački saobraćaj vode se odvojeno i nisu sastavni deo takvih kružnih raskrsnica.

Velike kružne raskrsnice nisu predmet obrade ove specifikacije.

#### 5.3.2.3.2 Podela kružnih raskrsnica prema nameni

Kružne raskrsnice se prema nameni dele na tri osnovna tipa:

- kružne raskrsnice za umirivanje saobraćaja izvode se gradskim i prelaznim područjima

- kružne raskrsnice za ograničavanje saobraćaja izvode se u gradskim područjima odgovarajućim geometrijskim elementima, sa ciljem ograničavanja saobraćaja i obezbeđivanja maksimalno dozvoljenog ili unapred propisanog kapaciteta
- kružne raskrsnice za povećanje kapaciteta uz zadovoljavajući nivo bezbednosti samo izvan gradskih područja.

#### 5.3.2.3.3 Podela kružnih raskrsnica prema broju krakova

Kružne raskrsnice se prema broju krakova dele na:

- trokrake,
- četvorokrake,
- petokrake i višekrake...

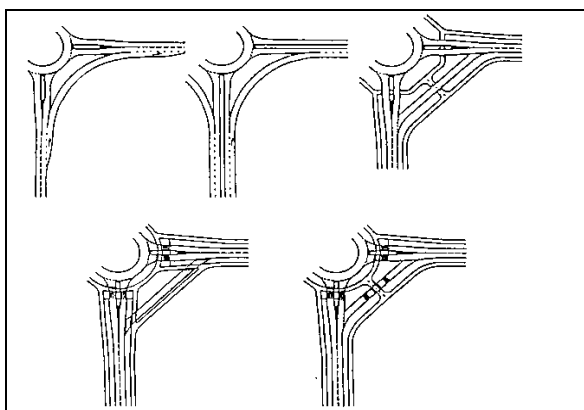
#### 5.3.2.3.4 Podela kružnih raskrsnica prema načinu vođenja pojedinačnih pravaca

U odnosu na vođenje pojedinačnih pravaca razlikujemo:

- vođenje u nivou (površinsko),
- vođenje van nivoa (denivelisano).

Kod vođenja krakova kružne raskrsnice u nivou, postoje dva tipa vođenja priključnih traka:

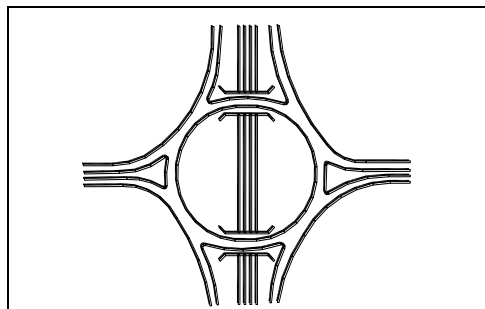
- vođenje traka u kružnu raskrsnicu i
- vođenje traka pored kružne raskrsnice (direktno) (sl. 5.3.7)



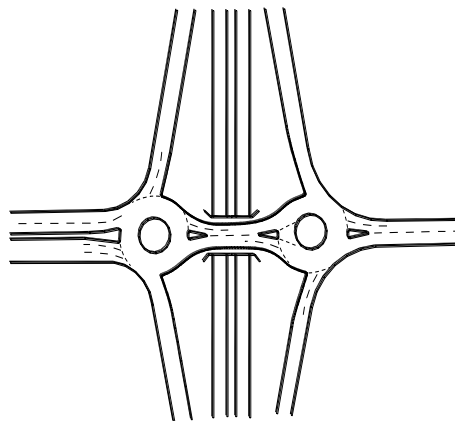
Slika 5.3.7: Vođenje traka pored kružne raskrsnice (direktno vođenje)

Kod denivelisanog vođenja krakova kružne raskrsnice (npr. umesto romba) postoje dva načina izvođenja:

- jedna velika (sl. 5.3.8)
- dva mala (sl. 5.3.9)



Slika 5.3.8: Jedna velika



Slika 5.3.9: Dve male

#### 5.3.2.3.5 Podela kružnih raskrsnica prema načinu izvođenja

Kružne raskrsnice se prema načinu izvođenja dele na:

- montažne,
- fiksne.

#### 5.3.2.3.6 Podela kružnih raskrsnica prema obliku kružnog toka

Kružne raskrsnice možemo prema obliku kružnog toka podeliti na:

- kružne raskrsnice sa koncentričnim kružnim tokom,
- kružne raskrsnice sa spiralnim kružnim tokom.

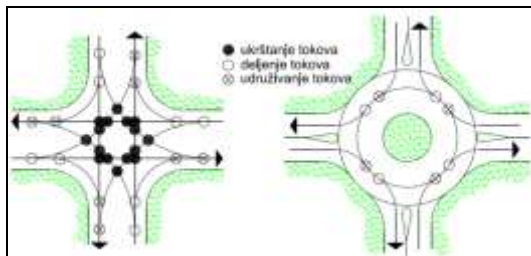
### 5.3.2.4 Saobraćajna bezbednost u kružnim raskrsnicama

#### 5.3.2.4.1 Motorni saobraćaj

Sa stanovišta nivoa saobraćajne bezbednosti (u poređenju sa klasičnim tro- i četvorokrakim raskrsnicama), glavna prednost jednotačnih kružnih raskrsnica je u eliminisanju konfliktne površine i konfliktnih tačaka prvog (presecanje) i drugog (preplitanje) reda, te

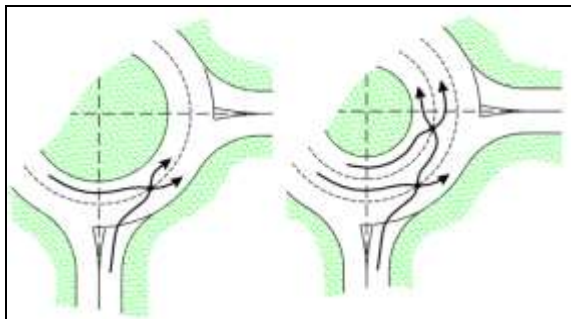
smanjenje broja konfliktnih tačaka trećeg reda (priključivanje, odvajanje) (sl. 5.3.10).

Teoretski, klasična četvorokraka raskrsnica ima 32 konfliktna tačke (16 presecanja, 8 razdvajanja i 8 udruživanja), a jednotačna četvorokraka kružna raskrsnica samo 8 tačaka nižeg reda (4 razdvajanja i 4 udruživanja).



Slika 5.3.10: Konfliktna tačka u četvorokrakoj klasičnoj i četvorokrakoj kružnoj raskrsnici

U slučaju, kada kružni tok čine dve vozne trake, broj konfliktnih tačaka se povećava za broj konfliktnih tačaka preplitanja, čiji broj je teoretski jednak broju priključnih puteva, ali je taj broj još uvek manji od 32. Nivo saobraćajne bezbednosti se brzo smanjuje uvođenjem dodatnih saobraćajnih traka (tri ili više).



Slika 5.3.11: Konfliktna tačka preplitanja i konfliktna površina

Praktično, kod kružnih raskrsnica sa dve ili više voznih traka u kružnom toku ne govorimo samo o konfliktnim tačkama, već i o konfliktnim površinama, jer vozač nema svoje određeno mesto gde bi mogao da se prestroji u kružnom toku (sl. 5.3.11). To je (pored -obično - veće dozvoljene brzine kretanja), takođe, jedan od glavnih tehničkih uzroka, da su velike kružne raskrsnice manje bezbedne nego male. Uzrok je, dakle, u osnovnoj karakteristici velikih kružnih raskrsnica.

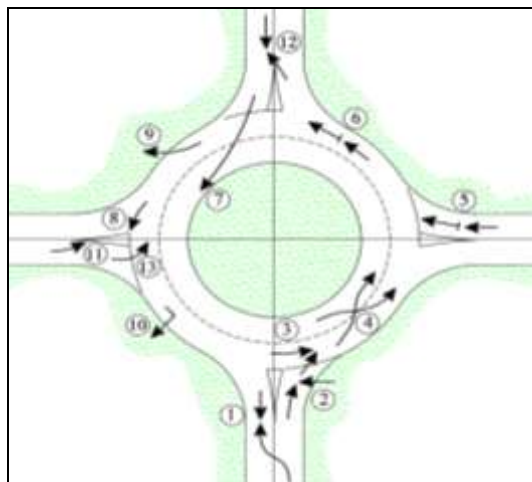
Zbog loših iskustava sa saobraćajnom bezbednošću dvotračnih kružnih raskrsnica u

prošlosti, u RS ćemo odstupiti od izvođenja novih dvotračnih kružnih raskrsnica.

Kod kružnih raskrsnica moguće je nekoliko tipova saobraćajnih nezgoda, kojih kod klasičnih raskrsnica nema (sl. 5.3.12). Posledice saobraćajnih nezgoda su na kružnim raskrsnicama suštinski drugačije nego na klasičnim raskrsnicama. Pre svega su manje i obično bez smrtnih ishoda i teških telesnih povreda. Uzrok leži u tome, da u kružnim raskrsnicama nema čeonih sudara, u kojima su posledice saobraćajnih nezgoda najveće. Kod kružnih raskrsnica su sudari između vozila uglavnom bočni, pod ostrim uglom ili, usled naleta, od pozadi.

Sudari motornih vozila i biciklista (pešaka) koji prelaze krak kružnog toka isti su kao kod klasičnih raskrsnica, samo su posledice nezgoda unekoliko manje (usled smanjene brzine na ulivu i izlivu iz toka).

1. preticanje ispred raskrsnice
2. sudar sa pešakom/biciklistom
3. sudar na ulivu
4. sudar prilikom promene vozne trake
5. nalet od pozadi na ulivu
6. nalet od pozadi na izlivu
7. sudar sa centralnim ostrvom
8. sudar sa razdelnim ostrvom na izlivu
9. proklizavanje sa kružnog kolovoza
10. prevrtanje
11. sudar sa razdelnim ostrvom na ulivu
12. zanošenje (klizanje) na izlivu
13. vožnja u suprotnom smeru



Slika 5.3.12: Tipovi saobraćajnih nezgoda u dvotračnoj kružnoj raskrsnici

#### 5.3.2.4.2 Pešaci i biciklisti

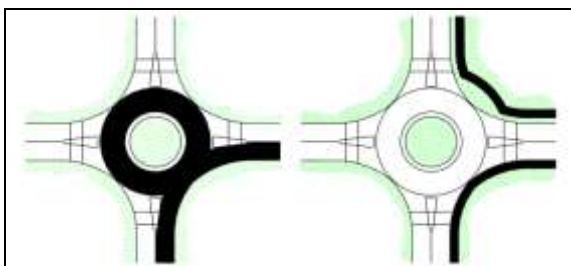
Saobraćajna bezbednost pešaka i biciklista zavisi, pre svega, od pravilnog izvođenja



vertikalne i horizontalne signalizacije i razdelnih ostrva, kao i upotrebljenog načina vođenja biciklističkog saobraćaja u području kružne raskrsnice.

U načelu, poznajemo tri načina vođenja biciklista u području kružne raskrsnice, ali su za slovenačke prilike prikladna dva načina (sl. 5.3.13):

- kombinovano vođenje biciklističkog i motornog saobraćaja i
- samostalno vođenje (paralelno sa ivičnjakom ili u obliku koncentričnog kruga).



Slika 5.3.13: Dva moguća načina vođenja biciklista u području kružne raskrsnice

Samostalno vođenje biciklista u području kružne raskrsnice je bezbedniji način. Sva ukrštanja motornog saobraćaja sa pešacima i biciklistima vrše se pod pravim uglom, čime je područje preglednosti učesnika koji se ukrštaju najpravilnijeg oblika. Time je postignuto i to, da su jedine konfliktne tačke na mestima prelaska preko krakova kružne raskrsnice, a i na tim mestima su pešaci i biciklisti (delimično) zaštićeni ostrvima.

Kombinovano vođenje biciklističkog i motornog saobraćaja je manje bezbedno, zato takav način vođenja biciklističkog saobraćaja koristimo samo u kružnim raskrsnicama u naseljima sa malim saobraćajnim opterećenjem motornog saobraćaja.

Opređenje za jedan od dva načina vođenja biciklista u području kružnog kolovoza u naselju vrši se na osnovu intenziteta i strukture motornog saobraćaja, intenziteta toka biciklista i položaja kružne raskrsnice u putnoj mreži naselja.

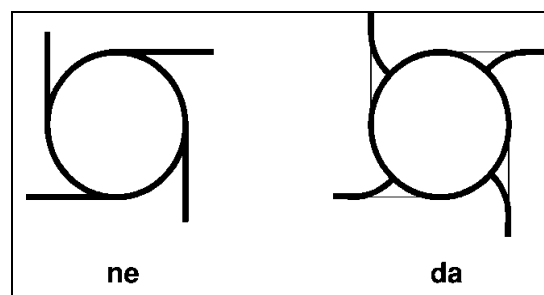
### 5.3.2.5 Mere za obezbeđivanje saobraćajne bezbednosti kružne raskrsnice

Nakon provere prikladnosti lokacije i položaja u putnoj mreži, potrebno je prilikom

oblikovanja kružne raskrsnice u najvećoj mogućoj meri ispoštovati sledeće:

**Uvođenje putnih pravaca u kružnu raskrsnicu** treba da bude što upravnije (smanjenje brzine, polje preglednosti pravilnog oblika...). Prikladno uključivanje vozila u kružni tok postižemo izborom odgovarajućeg ulivnog radijusa (veličina brzine na ulivu u kružni tok je u direktnoj vezi sa veličinom ulivnog radijusa). Tangencijalno vođenje ulivne trake u raskrsnicu prouzrokuje nerazumljivost pravila da vozila u kružnom toku imaju prednost nad vozilima na ulazu, velike brzine vozila na ulivu, nepreglednost pri uključivanju vozila u raskrsnicu i nalete vozila. Tangencijalno vođenje izliva iz kružne raskrsnice istovremeno zahteva veliko okretanje volana i prouzrokuje veliku pokrivenu površinu (sl. 5.3.14).

Zato vođenje krakova u kružnu raskrsnicu treba da bude što upravnije. Ako je moguće, produžeci osovina krakova kružne raskrsnice treba da se seku u jednoj tački - centru kružne raskrsnice.

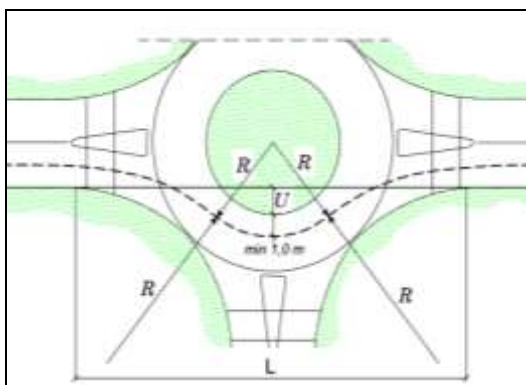


Slika 5.3.14: Vođenje krakova u kružnu raskrsnicu

**Širina uliva u raskrsnicu i dužina proširenja;** najopasniji manevar u kružnoj raskrsnici je ulivanje u kružnu raskrsnicu, koje se vrši na relativno malom prostoru. Zato je veoma značajan njegov oblik, što zbog saobraćajne bezbednosti (voznja sa minimalnom brzinom i čekanje na prazan prostor za uključivanje u kružni tok), što zbog kapaciteta (vreme čekanja);

**Zakrivljenost trajektorije vozila** kroz kružnu raskrsnicu (sl. 5.3.15) ima jedan od najvećih uticaja na saobraćajnu bezbednost u vožnji kroz kružnu raskrsnicu. Kriva tragova mora imati oblik dvostruke S krivine, koju čine tri radijusa, a njihove dimenzije moraju biti međusobno usklađene. Što je veća zakrivljenost krive, manja je brzina vožnje na ulivu i veći je nivo saobraćajne bezbednosti kružne raskrsnice. Na zakrivljenost krive možemo uticati na dva načina:

- promenom veličine centralnog ostrva (povoljnije, ali u praksi često neizvodljivo),
- oblikom razdelnih ostrva (nepovoljnije, ali izvodljivo u više slučajeva).



Slika 5.3.15: Zakrivljenost trajektorije vozila kroz kružnu raskrsnicu

Za formiranje spoljne ivice ulivne i izlivne saobraćajne trake kružne raskrsnice, potrebno je primeniti opšta pravila za projektovanje osovine puta i ivica.

**Ulivni i izlivni radijusi;** dimenzije izlivnih radijusa zavise od veličine kružne raskrsnice, broja saobraćajnih traka u kružnom toku i oblika razdelnog ostrva (kupa ili levak).

Dimenzije izlaznih radijusa moraju uvek da budu veće od dimenzija ulivnih radijusa, a samo u izuzetnim slučajevima mogu biti jednake.

Kod malih jednostranih kružnih raskrsnica ( $8\text{ m} \leq R_n \leq 14.5\text{ m}$ ) i kružnih raskrsnica srednje veličine ( $14.5\text{ m} \leq R_n \leq 21\text{ m}$ ) sa razdelnim ostrvima kupastog oblika, prikladna je upotreba izlivnog radijusa veličine 12m odn. 15 m.

Kod velikih jednostranih kružnih raskrsnica ( $21\text{ m} \leq R_n \leq 31\text{ m}$ ) sa razdelnim ostrvima kupastog oblika, prikladna je upotreba izlivnog radijusa veličine 15 m.

Kod velikih jednostranih kružnih raskrsnica ( $21\text{ m} \leq R_n \leq 31\text{ m}$ ) sa razdelnim ostrvima levkastog oblika, mogu se koristiti izlivni radijusi veličine 15-18 m.

Veličine ulivnih i izlivnih radijusa u montažnim kružnim raskrsnicama identične su veličini tih radijusa kod fiksnih kružnih raskrsnica. Kriterijum za izbor veličine radijusa je veličina kružne raskrsnice, a ne način izvođenja.

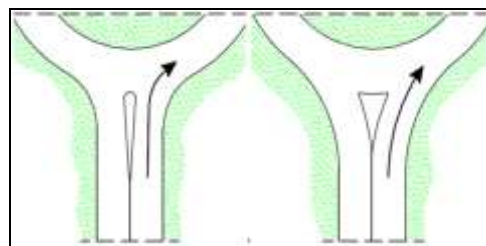
Veličine ulivnih i izlivnih radijusa kod turbo kružnih raskrsnica obrađene su u posebnom poglavlju.

**Prelazi za pešake i bicikliste** treba da budu postavljeni van kružne raskrsnice za dužinu jednog do dva vozila (niša za čekanje). Dužina niše za čekanje zavisi od veličine kružne raskrsnice odn. veličine (dužine) razdelnih ostrva.

Minimalna dužina niše za čekanje treba da bude 4,5 m, a najveća 10 m. Navedene dužine odgovaraju za jedno ili dva putnička vozila odn. jedno dugačko vozilo.

Izvođenjem niše za čekanje se poboljšava saobraćajna bezbednost nemotorizovanih učesnika u saobraćaju, a istovremeno se povećava i protočnost kružne raskrsnice, jer biciklisti i pešaci u manjoj meri ometaju uključivanje vozila u kružni tok;

**Razdelna ostrva** treba da budu prilagođena veličini kružne raskrsnice kod velikih kružnih raskrsnica treba da se koriste razdelna ostrva u obliku trougla, a kod malih ostrva u obliku suze (sl. 5.3.16).



Slika 5.3.16: Oblik razdelnog ostrva u zavisnosti od veličine kružne raskrsnice (mala kružna raskrsnica = suza, velika kružna raskrsnica = trougao)

**Odvodnjavanje kružne raskrsnice;** poprečni pad kružnog kolovoza ka spoljnoj ivici je češći, jer je lakše izvodljiv prelaz između priključaka i kružnog kolovoza, a i odvodnjavanje je jednostavnije. Mane poprečnog pada ka spoljnoj ivici (negativnog) se ogledaju u slučajevima smanjenog koeficijenta prijanjanja pneumatika na kolovoz (kiša, poledica...), jer on nije dovoljan za preuzimanje centrifugalne sile koja deluje na vozilo u kružnom toku.

Usled toga je kod velikih kružnih raskrsnica (koje omogućavaju veće brzine vožnje u kružnom toku) potrebno proveriti stabilnost vozila u takvim slučajevima. Poprečni nagib kružnog kolovoza ka unutrašnjoj ivici je (tehnički gledano) ispravniji, ali je pravilno



izvođenje odvodnjavanja i priključaka mnogo zahtevnije.

**Pregazni deo centralnog ostrva** mora biti tako izveden, da vozila odvrća od vožnje (materijali grube granulacije, kaldrma), ali istovremeno mora omogućiti vožnju dugačkih vozila preko njega.

Izvodi se samo kod malih i srednje velikih kružnih raskrsnica, širine 1 – 2 m (u zavisnosti od veličine unutrašnjeg radijusa). Spoj pregaznog dela centralnog ostrva i kružnog kolovoza ima smisla denivelisati (2 – 3 cm).

**Rasveta kružne raskrsnice** uslovljava saobraćajnu bezbednost kružne raskrsnice u noćnim uslovima. Za kružne raskrsnice je važno da su osvetljeni svi ulivi, a po mogućnosti i centralno ostrvo.

kontrola brzine vožnje kroz kružnu raskrsnicu jedan je od važnijih podataka za procenu nivoa saobraćajne bezbednosti. Manja brzina motornog saobraćaja vodi mirnijem odvijanju saobraćaja, pri čemu je moguće posvetiti više pažnje ostalim učesnicima u saobraćaju, a smanjuje se i mogućnost nastanka saobraćajnih nezgoda sa težim posledicama.

Kriterijum koji bi trebalo obezbediti je, da brzina pri ravnom prelazu (polovina kruga) ne pređe vrednost 30 km/h odn. 35 km/h. Kontrola se vrši pomoću elemenata navedenih u slici 3.6 i dve jednačine navedene u nastavku poglavlja.

Pre kontrole je potrebno odrediti veličinu dva elementa.

Prvi element je dužina L između početka krivine na ulivu i kraja krivine na izlivu. L zavisi od veličine radijusa krivine i spoljašnjeg radijusa kružne raskrsnice.

Drugi element je U (zakrivljenost, defleksija) koji predstavlja rastojanje od ivice centralnog ostrva do desne ivice kolovoza na izlivu (mereno na početku krivine).

Uticao većeg U (veći radijus centralnog ostrva) na smanjenje brzine veći je od uticaja dužine L (pri smanjenju zaobljenja). Za isti uticaj potrebno je mnogo veće smanjenje L nego povećanje U (približan faktor je 8).

Takođe važi, da se prohodnost dugačkih vozila poboljšava upotrebom većih radijusa krivine, i to više, nego samim smanjenjem poluprečnika centralnog ostrva, pri čemu se

ne smanjuje uticaj smanjenja brzine u kružnom toku za putnička vozila. Veći radijusi krivine imaju za posledicu veću protočnost na izlivu i s tim mogućnost bržeg izliva.

Radijus krivine vozne linije je:

$$R = \frac{(0.25 * L)^2 + (0.5 * (U + 2))^2}{U + 2}$$

Dobra rešenja su ona kod kojih je vrednost R između 22 i 23 m.

Kod malih radijusa krivine vozne linije, veza između brzine prelaza kroz kružnu raskrsnicu i poluprečnika vozne linije je sledeća:

$$V = 7.4 * \sqrt{R}$$

gde je V [km/h] i R [m].

Kod dobrih rešenja je vrednost brzine prelaska oko 30 km/h. Ukoliko je kod malih kružnih raskrsnica dobijena vrednost veća od 35 km/h, potrebno je korigovati projektne elemente. Nakon svake promene projektne elementa potrebno je ponovo proveriti uticaj promene.

Ako neki od gorenavedenih uslova za obezbeđivanje saobraćajno bezbedne kružne raskrsnice nisu zadovoljeni, odstupanje od njih je potrebno posebno argumentovati.

**Podzemni i nadzemni prolazi kao mera za povećanje saobraćajne bezbednosti pešaka i biciklista;** u kružnim raskrsnicama koje omogućavaju velike brzine vožnje (velika jednostručna i turbo kružna raskrsnica), ne preporučuje se izvođenje pešačkog i biciklističkog prelaza u nivou.

U takvim slučajevima je potrebno proveriti i potkrepiti opravdanost izvođenja podzemnog ili nadzemnog prolaza u zavisnosti od intenziteta i strukture motornog saobraćaja, broja i strukture pešaka i položaja kružne raskrsnice u putnoj mreži.

Druga mogućnost je uvođenje svetlosnih znakova upozorenja.

Semaforizacija pešačkih prelaza kod novih kružnih raskrsnica nije opravdana.

### 5.3.3 JEDNOTRAČNA KRUŽNA RASKRSNICA

#### 5.3.3.1 Kriterijumi za opravdanost izvođenja jednotračne kružne raskrsnice

Sam postupak projektovanja kružne raskrsnice danas više ne predstavlja problem. Problem se javlja pri usvajanju odluke o izvođenju kružne raskrsnice odn.:

*Kada izvesti kružnu raskrsnicu? i Zašto izvesti kružnu raskrsnicu?*

Odluku o izvođenju kružne raskrsnice treba stručno utemeljiti i potkrepiti argumentima koji treba da proizlaze iz dokaza o opravdanosti i smislenosti izvođenja kružne raskrsnice.

Pri argumentovanju smislenosti i opravdanosti izvođenja kružne raskrsnice, proveravamo da li su ispunjeni kriterijumi za izvođenje kružne raskrsnice.

Postoji više kriterijuma za izvođenje kružne raskrsnice i međusobno se razlikuju po nameni. Kriterijumi definišu uzrok za izvođenje kružne raskrsnice, koji može biti različite prirode.

U nastavku su predstavljeni samo opšti kriterijumi, koje u ovom trenutku koristimo prilikom procene smislenosti i opravdanosti izvođenja kružnih raskrsnica. Lista kriterijuma koja sledi u nastavku nije konačna i s vremenom će se dopunjavati, ali danas ona predstavlja dobru stručnu osnovu za usvajanje odluka o izvođenju kružne raskrsnice.

Kriterijumi su navedeni po redosledu, po kojem im treba prilikom izrade rešenja kružne raskrsnice pristupiti u konkretnom slučaju:

- kriterijum funkcionalnosti,
- kriterijum propusnosti,
- prostorni kriterijum,
- projektno-tehnički kriterijum,
- kriterijum saobraćajne bezbednosti,
- ekonomski kriterijum.

#### Kriterijum funkcionalnosti

Pri proceni smislenosti (opravdanosti) izvođenja kružne raskrsnice sa stanovišta kriterijuma funkcionalnosti, radi se o proveri funkcije (unutrašnji saobraćaj ili tranzitni), uloge (protočnost ili prohodnost) i položaja (gradska ili vangradska raskrsnica) posmatrane raskrsnice u globalnoj putnoj mreži nekog naselja ili šireg područja i za

proveru da li je kružna raskrsnica odgovarajuće rešenje za očekivanu funkciju koju će imati izabrani oblik (tip) raskrsnice. Radi se, dakle, o dobijanju odgovora na pitanje: **Kakva je primarna uloga raskrsnice?**

#### Kriterijum propusnosti

Pod proverom kriterijuma propusnosti mišljenja je provera adekvatnosti rešenja sa stanovišta mogućnosti sprovođenja saobraćajnih tokova očekivanog opterećenja i na kraju planskog perioda.

Potrebno je saznati odgovor na pitanje: **Da li će rešenje biti adekvatno za očekivana saobraćajna opterećenja na kraju planskog perioda?**

#### Prostorni kriterijum

Prilikom provere prostornog kriterijuma utvrđujemo raspoloživost prostora za izvođenje rešenja. Kod kružne raskrsnice uglavnom za izvođenje centralnog ostrva odn. spoljašnjeg radijusa kružne raskrsnice. Raspoloživost prostora u gradskom području (sa okolnom izgrađenošću) može biti problematična.

Radi se, dakle, o dobijanju odgovora na pitanje: **Da li imamo na raspolaganju dovoljno prostora?**

#### Projektno-tehnički kriterijum

Odluka za izvođenje kružne raskrsnice ima smisla sa stanovišta saobraćajno-tehničkog kriterijuma i preporučuje se, pre svega, na ukrštanjima:

- u obliku slova X, Y, A i K (oštar ugao presecanja),
- u obliku slova F i H (dve uzastopne T raskrsnice na kratkom odstojanju),
- u slučaju približno jednakog saobraćajnog opterećenja na glavnom i sporednom saobraćajnom pravcu,
- u slučaju malog broja levog skretanja,
- većeg broja krakova (pet ili više),
- tamo gde semaforizacija nije opravdana, ali je premašen kapacitet nesemaforizovane raskrsnice.

Prilikom procene ovog kriterijuma tražimo odgovor na pitanje: **Kakve su prilike na posmatranoj lokaciji?**

#### Kriterijum saobraćajne bezbednosti

Procena ovog kriterijuma izvodi se u svim slučajevima, bez obzira na to da li se radi o rekonstrukciji ili novogradnji, jer protočnost i saobraćajna bezbednost mogu biti direktno srazmerne.

Naročito je procena ovog kriterijuma važna prilikom određivanja tipa raskrsnice ("klasična" ili kružna). Konkretno rečeno: ako je preovlađujući tip saobraćajne nezgode u postojećoj klasičnoj četvorokrakoj raskrsnici čeon sudar (između vozila koje u raskrsnici skreće levo i vozila koje vozi iz suprotnog smera i koje nastavlja kretanje kroz raskrsnicu pravo), izvođenje kružne raskrsnice ima smisla i opravdano je. Ali, ako je preovlađujući tip saobraćajne nezgode nalet vozila na vozilo koje u raskrsnici skreće desno, izvođenje kružne raskrsnice je nepotrebno i besmisleno, jer je za to dovoljna već odvojena traka za desno skretanje.

Prilikom donošenja odluke je potrebno uzeti u obzir i druge vrste učesnika koje možemo očekivati u konkretnom slučaju. Pre svega je važan njihov broj i starost, odn. stanje.

Potrebno je analizirati sledeće: **Da li će kružna raskrsnica u postojećim prilikama biti saobraćajno bezbedno rešenje za sve učesnike u saobraćaju?**

#### Ekonomski kriterijum

Pod ekonomskim kriterijumom podrazumeva se ekonomska opravdanost predloženog rešenja, odn. **Koliki će biti troškovi (izvođenja i održavanja) kružne raskrsnice?**

Pri proceni tog kriterijuma ima smisla upoređivanje sa drugim mogućim rešenjima (semaforizovanom raskrsnicom, podzemnim prolazom...).

### 5.3.3.2 Proračun kapaciteta jednostrane kružne raskrsnice

#### 5.3.3.2.1 Uopšteno

Za svaku novu ili rekonstruisanu kružnu raskrsnicu potrebno je proveriti protočnost.

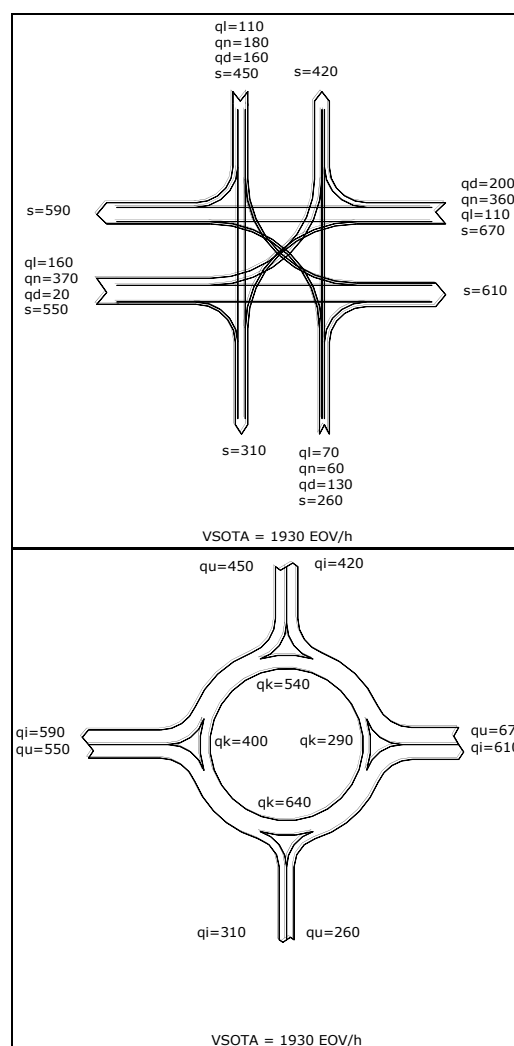
Proračun je moguće izvesti na dva načina.

Prvi način je iteracijom (proverava se neki preporučeni oblik - dimenzije - kružne raskrsnice, koji je izabran na osnovu prostornih, urbanističkih i/ili drugih kriterijuma). Na osnovu proračuna kapaciteta, mogu da se menjaju dimenzije projektnih elemenata, sve dok rezultati proračuna ne pokažu dovoljnu protočnost na kraju planskog perioda.

Drugi način proračuna je da se na osnovu poznatog saobraćajnog opterećenja nađu optimalni projektni elementi koji obezbeđuju

dovoljan protok. U tom slučaju sledi prostorna, urbanistička i/ili neka druga provera.

Pri određivanju protočnosti nove kružne raskrsnice, potrebno ispoštovati predviđena saobraćajna opterećenja na kraju planskog perioda. Proračune je potrebno izvesti za vršna opterećenja, izraženo u procentu prosečnog dnevnog saobraćaja. Procenat se određuje na osnovu poznatih podataka o promeni saobraćajnih opterećenja na tom području.



Slika 5.3.17: Primer pretvaranja saobraćajnog opterećenja iz klasične četvorokrake raskrsnice u četvorokraku kružnu raskrsnicu

U slučaju rekonstrukcije postojeće raskrsnice u kružnu raskrsnicu, proračun protočnosti je potrebno izvesti za dva ili više vršnih opterećenja (barem za jutarnje i popodnevno saobraćajno opterećenje). I u ovom slučaju je potrebno uzeti u obzir predviđeni stepen

porasta obima saobraćaja do kraja planskog perioda.

Za razliku od novih kružnih raskrsnica je, u slučaju rekonstrukcije uobičajene (klasične) raskrsnice u kružnu raskrsnicu, potrebno izvesti i pretvaranje saobraćajnog opterećenja sa klasične na kružnu raskrsnicu (sl. 5.3.17).

### 5.3.3.2.2 Pojam kapaciteta kružne raskrsnice

Kapacitet kružne raskrsnice  $C$  govori o tome, koliko vozila pređe kružnu raskrsnicu u jedinici vremena.

Dobija se zbirom protoka svih uliva u kružnu raskrsnicu  $Q_{Ei}$ .

$$C = \sum_{i=1}^n Q_{Ei}, \quad n - \text{broj uliva}$$

Protok uliva  $Q_E$  određuje koliko se vozila uliva u kružnu raskrsnicu kroz jedan uliv u jedinici vremena.

$$Q_E = f(Q_C, \text{geometrije}),$$

gde je  $Q_C$  – kružni saobraćajni tok.

Rezultati uporednog istraživanja postojećih kružnih raskrsnica u Sloveniji su pokazali, da su se stvarnim vrednostima protoka u skoro svim slučajevima najviše približile australijska i austrijska (švajcarska) metoda.

Rezultati dobijeni proračunom po nemačkoj metodi su u svim slučajevima manji od stvarnih vrednosti protoka uliva u kružne raskrsnice (i za više od 50%), zato je ne preporučujemo za korišćenje.

Rezultati dobijeni engleskom metodom su između švajcarske, australijske i nemačke metode, zato je, u odnosu na parametre koje koristi za proračun kapaciteta, prikladna za određivanje optimalnih geometrijskih elemenata kružnih raskrsnica. U slučaju upotrebe engleske metode, potrebno je izvesti uporedni proračun SA austrijskom ili australijskom metodom.

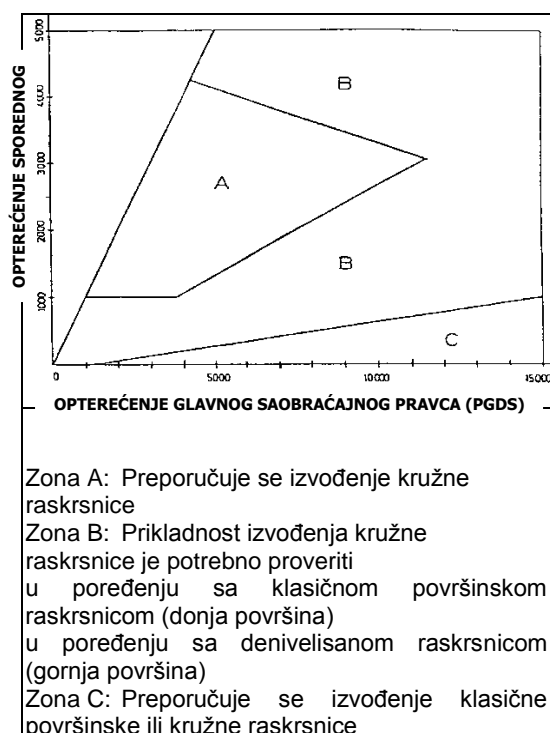
Za kalibraciju na slovenačke prilike su najprikladnije austrijska i australijska metoda. Za koju od ove dve metode ćemo se opredeliti, zavisi od veličine kružne raskrsnice i/ili raspoloživosti adekvatnog računarskog alata za proračun. za zahtevnije kružne raskrsnice, gde se pored proračuna kapaciteta zahtevaju i

proračun kašnjenja, broj zaustavljanja i dužine kolona, izračunavanje se vrši po nelinearnoj australijskoj metodi. Preporučuje se upotreba računarskih programa, za male i srednje velike kružne raskrsnice dovoljna je austrijska metoda proračuna.

U nastavku je prikazan detaljniji opis metoda.

### 5.3.3.2.3 Paušalni proračun po austrijskoj metodi

Pre donošenja odluke o prikladnosti lokacije kružne raskrsnice u datom prostoru, potrebno je izvršiti procenu prikladnosti izvođenja kružne raskrsnice, koristeći dijagram prikazan na slici 5.3.18.



Slika 5.3.18: Područje prikladnosti izvođenja kružne raskrsnice

### Utvrđivanje kapaciteta

Pošto kapacitet kružne raskrsnice zavisi od kapaciteta uliva u kružni tok, potrebno je utvrditi kapacitet svakog pojedinačnog uliva. Za utvrđivanje kapaciteta uliva koristimo:

$$L = 1500 - 8/9 * (b * M_K + a * M_A) \text{ [EOV/h]}$$

gde je:

- $L$  kapacitet uliva [EOV/h]
- $M_K$  opterećenje u kružnom toku (u području konfliktne tačke  $y$ ) [EOV/h]
- $M_A$  saobraćajno opterećenje izliva [EOV/h]

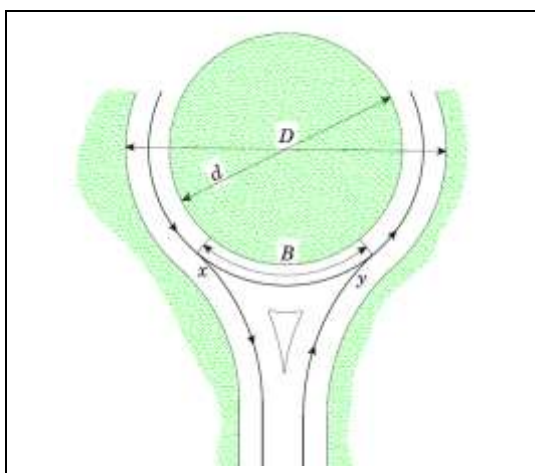
- a faktor geometrije uliva  
b faktor broja saobraćajnih traka u kružnom toku

Faktor geometrije  $a$  određujemo u zavisnosti od rastojanja  $B$  između konfliktnih tačaka  $x$  i  $y$  (sl. 5.3.19). U slučaju jednostranog uliva u kružnu raskrsnicu, za izračunavanje rastojanja  $B$  važi sledeća jednačina (sl. 5.3.19):

$$B = \frac{(D - FB) * \pi * \varphi}{180} \quad [\text{m}]$$

gde je:

- $D$  spoljni prečnik kružne raskrsnice [m]  
 $FB$  širina kružnog kolovoza [m]  
 $\varphi$  polovina centralnog ugla između konfliktnih tačaka [°]



Slika 5.3.19: Merodavno rastojanje  $B$  između konfliktnih tačaka  $x$  i  $y$

Centralni ugao između konfliktnih tačaka zavisi od geometrijskog izvođenja kružne raskrsnice (sl. 5.3.20):

$$\sin \varphi = \frac{B'}{D - FB} \quad [\text{rad}]$$

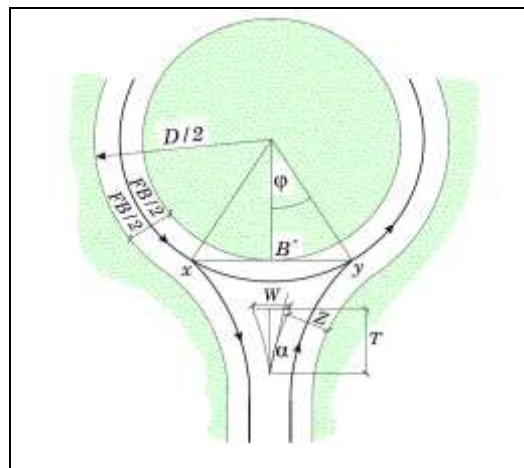
$$B' = \frac{(T + FB/2 + Z/2 * \sin \alpha) * W}{T} \quad [\text{m}]$$

gde je:

- $T$  dužina razdelnog ostrva [m]  
 $W$  širina razdelnog ostrva [m]  
 $Z$  širina uliva [m]

polovina oštrog ugla razdelnog ostrva [°]

$$\text{tg} \alpha = \frac{W}{2T} \quad [\text{rad}]$$



Slika 5.3.20: Geometrijsko izvođenje kružne raskrsnice

#### Utvrđivanje stepena opterećenosti uliva

Pomoću stepena opterećenosti uliva utvrđujemo do koje mere je ostvaren računski kapacitet uliva u odnosu na stvarno, odnosno, predviđeno saobraćajno opterećenje. Izračunavamo ga po sledećem obrascu:

$$A = \frac{c * M_E}{L} * 100 \quad [\%]$$

gde je:

- $A$  stepen opterećenja uliva [%]  
 $M_E$  saobraćajno opterećenje uliva [voz/h]  
 $L$  kapacitet uliva [voz/h]  
 $c$  faktor broja ulivnih voznih traka [-]

Koeficijent  $c$  opisuje uticaj broja voznih traka u kružnoj raskrsnici. U slovenačkim uslovima, za jednostranu kružnu raskrsnicu koristimo  $c = 0.90 - 1.0$ .

Za kružne raskrsnice sa jednom trakom se u malim kružnim raskrsnicama preporučuje vrednost parametra  $b=1,0$ , kod srednjih  $b=0,95$ , a kod većih jednostranih raskrsnica se faktor  $b$  približava vrednosti  $0,90$ .

Stepen opterećenosti uliva ne treba da prelazi  $90\%$  maksimalnog časovnog saobraćajnog protoka.

#### 5.3.3.2.4 Računarski programi za izračunavanje kapaciteta kružne raskrsnice

Računarski programi za izračunavanje kapaciteta kružne raskrsnice se sve češće

koriste za proračun kapaciteta. Među njima se po zastupljenosti ističe SIDRA.

Programski paket SIDRA (Signalised & Unsignalised Intersection Design and Research Aid) intersection se koristi kao programski alat za dimenzionisanje nesemaforizovanih, semaforizovanih i kružnih raskrsnica i priključaka. Program koristi sličan analitički saobraćajni model sa metodom iterativnog približavanja za procenu statistika pojedinačnih osobina priključaka i raskrsnica (nivo usluge, kašnjenje, dužina ograđenog dela, stepen zasićenja, itd). Programski paket omogućava izvođenje analiza kapaciteta pojedinačnih nezavisnih priključaka i raskrsnica. Saobraćajni modeli koje koristi za proračune mogu da se prilagode korisnikovim potrebama i lokalnim uslovima. Osnovni model je zasnovan na metodologiji HCM. Prva verzija programa je izašla 1984. i ubrzo je postala jedan od najvažnijih i najprodavanijih programskih paketa za izvođenje analiza kapaciteta i dimenzionisanja priključaka i raskrsnica. Izradio ga je istraživački institut Akcelik & Associates iz Melburna. Programski paket su sve vreme usavršavali u skladu sa tehničkim zahtevima i željama, koje su postavljali saobraćajni projektanti i planeri. Najznačajniji korisnici programskog paketa SIDRA su SAD, Australija, Novi Zeland i Južna Afrika. Veoma je raširen i u Evropi i Sloveniji gde ga koriste sva značajnija projektantska preduzeća koja se bave saobraćajnim planiranjem i projektovanjem priključaka i raskrsnica.

Programski paket SIDRA Intersection može da se koristi za:

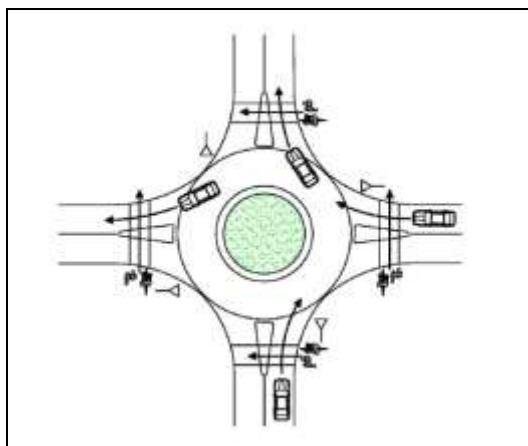
- procenu statistika pojedinačnih karakteristika priključaka i raskrsnica (nivo usluga, kašnjenje učesnika, dužina dela puta sa zastojem u saobraćaju, stepen zasićenja, itd...) i izračunavanje operativnih troškova (kašnjenje učesnika, održavanje vozila, potrošnja goriva, emisije, itd...),
- varijantni proračun za obezbeđenje optimalne geometrije priključaka i raskrsnica,
- upravljanje priključaka i raskrsnica sa ukupno osam krakova, različitim načinom vođenja saobraćaja (jednosmerni, dvosmerni) i različitim brojem ulivnih i izlivnih saobraćajnih traka, te dodatnih saobraćajnih traka (traka za kočenje, ubrzanje, kočenje),
- izračunavanje fiksnih ili saobraćajno zavisnih upravljačkih programa za različite geometrije raskrsnica,

- određivanje "životnog veka" priključaka i raskrsnica u odnosu na jedinstveni godišnji porast saobraćaja,
- određivanje geometrijskih elemenata priključaka i raskrsnica,
- analizu uticaja teških vozila na propusnu moć priključaka i raskrsnica,
- analizu kompleksnih slučajeva kao što su: istovremena upotreba saobraćajnih traka i konflikti između pojedinačnih saobraćajnih tokova,
- analizu saobraćajnih situacija u stepenu zasićenja.

#### 5.3.3.2.5 Uticaj nemotorizovanog saobraćaja na smanjenje kapaciteta kružne raskrsnice

Biciklistički i pešački saobraćaj smanjuju kapacitet kružne raskrsnice. U slučaju da je intenzitet biciklističkog i/ili pešačkog saobraćaja veliki (stambene zone, škole, sportski centri, trgovački centri...), potrebno je proveriti njegov uticaj na kapacitet kružne raskrsnice.

U kružnim raskrsnicama sa jednom voznom trakom u kružnom toku može, zbog jakog pešačkog i/ili biciklističkog toka, nastupiti problemi punjenja i pražnjenja kružne raskrsnice. Vozila na ulivima/izlivima u kružnu raskrsnicu moraju pešacima/biciklistima ustupiti prvenstvo prolaza. Zbog toga dolazi do ograničenih (ometanih) saobraćajnih tokova i zastoja (sl. 5.3.21).



Slika 5.3.21: Ometani tokovi u kružnoj raskrsnici

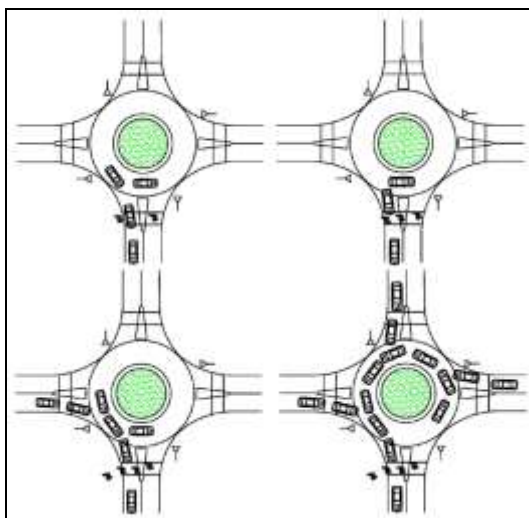
U slučaju da je tok motornih vozila usmeren prema ulivu, postaje nesigurno ostvarivanje minimalnog kapaciteta. U slučaju da je tok vozila usmeren prema izlivu, dolazi do prekoračenja maksimalnog kapaciteta.

Ako je dužina vozila u koloni na izlivu iz kružne raskrsnice tako velika, da dostiže prethodni uliv, dolazi do problema sa punjenjem kružne raskrsnice (i postaje nesigurno ostvarivanje minimalnog kapaciteta).

Trenutak nastanka potpune blokade (sl. 5.3.22) kružne raskrsnice zavisi od raspodele tokova na preostalim ulivima.

U kružnoj raskrsnici sa jednom saobraćajnom trakom u kružnom toku i prostorom za čekanje jednog vozila u niši za čekanje mogu nastati tri situacije:

- vremenske praznine između pojedinačnih jedinica poprečnog toka su dovoljne za prelazak vozila, zato u niši nema vozila koja čekaju;
- vremenske praznine između pojedinačnih jedinica poprečnog toka su dovoljne za prelazak vozila, iako u niši dolazi do zastoja vozila;
- vremenske praznine između pojedinačnih jedinica poprečnog toka su premale, niša je sve vreme zauzeta i svako sledeće vozilo čeka u kružnoj saobraćajnoj traci.



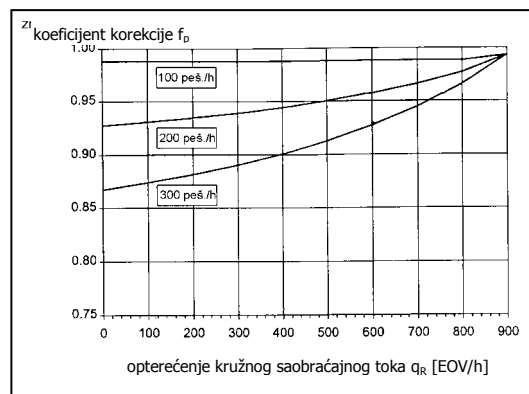
Slika 5.3.22: Nastanak blokade kružne raskrsnice

U nastavku su data dva načina izračunavanja smanjenja kapaciteta uliva u kružnu raskrsnicu zbog toka pešaka/biciklista.

*Određivanje uticaja pešaka i biciklista po nemačkoj metodi*

Pomoću grafikona na slici 5.3.23 određujemo koeficijent korekcije  $f_p$  koji zavisi od očekivanog broja pešaka odn. biciklista.

Uticaj na kapacitet se određuje za svaki krak kružne raskrsnice posebno.



Slika 5.3.23: Koeficijent korekcije  $f_p$

Ako intenzitet saobraćajnog toka na kružnom kolovozu prelazi 900 EOV/h, poprečni tok pešaka ne prouzrokuje nikakve dodatne negativne uticaje na kapacitet.

Pošto se uslovi vožnje u Sloveniji razlikuju od onih u inostranstvu, potrebno je smanjenje saobraćajnog protoka zbog uticaja pešaka i biciklista proveriti i metodologijom koja je prikazana u poglavlju 5.2.5.2.

*Uticaj biciklističkog i pešačkog saobraćaja na protočnost uliva u kružnu raskrsnicu – rezultati slovenačkog istraživanja*

Utvrđene činjenice, navedene u nastavku, rezultat su brojanja saobraćaja i posmatranja saobraćajnih tokova u slovenačkim raskrsnicama različite veličine.

**Na protočnost uliva, više od broja pešaka i biciklista, utiče vreme kada saobraćajni tok na ulivu ometaju pešaci i biciklisti**

Ako smo brojanjem saobraćaja ustanovili da pešački prelaz pređe npr. 150 pešaka i 25 biciklista, taj podatak nam pri utvrđivanju uticaja pešaka i biciklista na protok uliva u kružnu raskrsnicu suštinski ne pomaže, jer ne znamo kakva je struktura biciklističkog i pešačkog saobraćaja. Suštinska razlika je, ako pešaci i biciklisti prelaze pešački prelaz pojedinačno ili u grupama. Više nam govori podatak, da je pešački prelaz bio zauzet 10 minuta u jednom času. To za vozila na ulivu znači, da im za nesmetano uključivanje u kružnu raskrsnicu ostaje još samo 50 minuta u jednom času, uz pretpostavku, da su biciklisti i pešaci jedina prepreka koja im onemogućava nesmetano uključivanje u kružnu raskrsnicu.



**Uticaj biciklističkog i pešačkog saobraćaja na protočnost uliva opada sa porastom kružećeg toka, a kod nekog intenziteta kružećeg toka – se poništava**

Teoretski, najveći uticaj pešaka i biciklista na protočnost uliva u kružnu raskrsnicu primećuje se kod kružećeg toka 0 EOV/h. Tada svaki pešak ili biciklista koji prelazi preko uliva kružne raskrsnice, smanjuje protok uliva. Pri porastu vozila u kružnom toku, za vozila na ulivu se javlja dodatna smetnja koja zajedno sa pešacima i biciklistima ometa vozila na ulivu. Daljim porastom kružećeg toka se, pri određenom opterećenju kružećeg toka, uticaj pešaka i biciklista na protočnost uliva u kružnu raskrsnicu poništava. Od te tačke dalje, samo još vozila u kružećem toku predstavljaju prepreku koja utiče na protok uliva u kružnu raskrsnicu

**Uprkos većem intenzitetu biciklističkog i pešačkog saobraćaja, njegov uticaj na protočnost uliva u kružnu raskrsnicu se poništava pri velikom opterećenju kružnog toka.**

Na osnovu brojanja saobraćaja nije bilo moguće precizno utvrditi, pri kojem intenzitetu kružnog toka se uticaj pešaka i biciklista na protok uliva poništava, ali važi sledeće: Ako pešački prelaz u jednom času pređe, na primer, 100 pešaka, njihov uticaj se poništava pri manjem opterećenju kružećeg toka, nego kada pešački prelaz u jednom času pređe 200 pešaka.

Pešaci koji prelaze pešački prelaz u trenutku, kada je u kružnom toku vozilo koje ometa vozila na ulivu, ne smanjuju dodatno protok uliva u kružnu raskrsnicu. Kod takvog kružnog toka, među sto pešaka u jednom času ima manje onih koji dodatno ometaju saobraćaj, nego među dve stotine pešaka u jednom času. Zato se kod 100 pešaka na čas njihov uticaj na protočnost uliva poništava kod manjeg intenziteta kružnog toka, za razliku od 200 pešaka.

Na osnovu brojanja saobraćaja nije bilo moguće precizno utvrditi, pri kojem intenzitetu kružećeg toka se uticaj pešaka i biciklista na protok uliva poništava, ali važi sledeće: Ako pešački prelaz u jednom času pređe, na primer, 100 pešaka, njihov uticaj se poništava pri manjem intenzitetu kružećeg toka, nego ako pešački prelaz u jednom času pređe 200 pešaka.

Pešaci koji prelaze pešački prelaz u trenutku, kada je u kružnom toku vozilo koje ometa vozila na ulivu, ne smanjuju dodatno protočnost uliva u kružnu raskrsnicu. Kod takvog kružnog toka, među sto pešaka u jednom času ima manje onih koji dodatno ometaju saobraćaj, nego među dve stotine pešaka u jednom času. Zato se kod 100 pešaka na čas njihov uticaj na protok uliva poništava kod manjeg intenziteta kružnog toka, za razliku od 200 pešaka.

**Kod istog intenziteta biciklističkog i pešačkog saobraćaja, njihov uticaj na protočnost uliva u kružnu raskrsnicu se razlikuje u odnosu na kružne raskrsnice sa jednom, dve ili tri saobraćajne trake u kružnom toku**

Iz brojanja saobraćaja i posmatranja saobraćajnih tokova bilo je jasno da, ako pešački prelaz pređe 100 pešaka na čas, to različito utiče na protok uliva u kružnu raskrsnicu sa jednom, dve ili tri vozne trake u kružnom toku, i to kod istog intenziteta kružećeg toka u sva tri tipa kružne raskrsnice.

U nastavku je, na grafikonu na slici 5.3.24, prikazano kako pešaci i biciklisti, pored kružećeg toka, dodatno smanjuju i protok uliva u kružnu raskrsnicu. Prikazano je kako 50, 100 i 150 pešaka na čas, pored kružećeg toka, dodatno smanjuju i protok uliva u kružnu raskrsnicu.

Na grafikonu, 50 pešaka na čas predstavlja vreme koje je potrebno da 50 pešaka pređe preko uliva u kružnu raskrsnicu.

Ti pešaci prelaze uliv kružne raskrsnice proizvoljno i svako ponaosob. Prosečno vreme koje je potrebno jednom pešaku da pređe preko uliva kružne raskrsnice, dobijemo tako da na postojećoj kružnoj raskrsnici izmerimo vreme koje je potrebno da uliv pređe više pešaka i zatim to vreme podelimo sa brojem pešaka. To vreme, naravno, zavisi i od širine uliva kružne raskrsnice preko kojeg pešaci prelaze. Vreme koje je potrebno da 50, 100 ili više pešaka na čas pređe uliv, predstavlja zajednički sadržalac tog prosečnog vremena. Ako je jednom pešaku potrebno 5 sekundi da pređe uliv kružne raskrsnice, onda je za 50 pešaka potrebno 250 s. Ako grupi od 15 pešaka koja, od trenutka kada prvi pešak iz grupe stane na pešački prelaz, do trenutka kada poslednji pešak iz grupe pređe prelaz, za to treba na primer 10 sekundi, onda ta



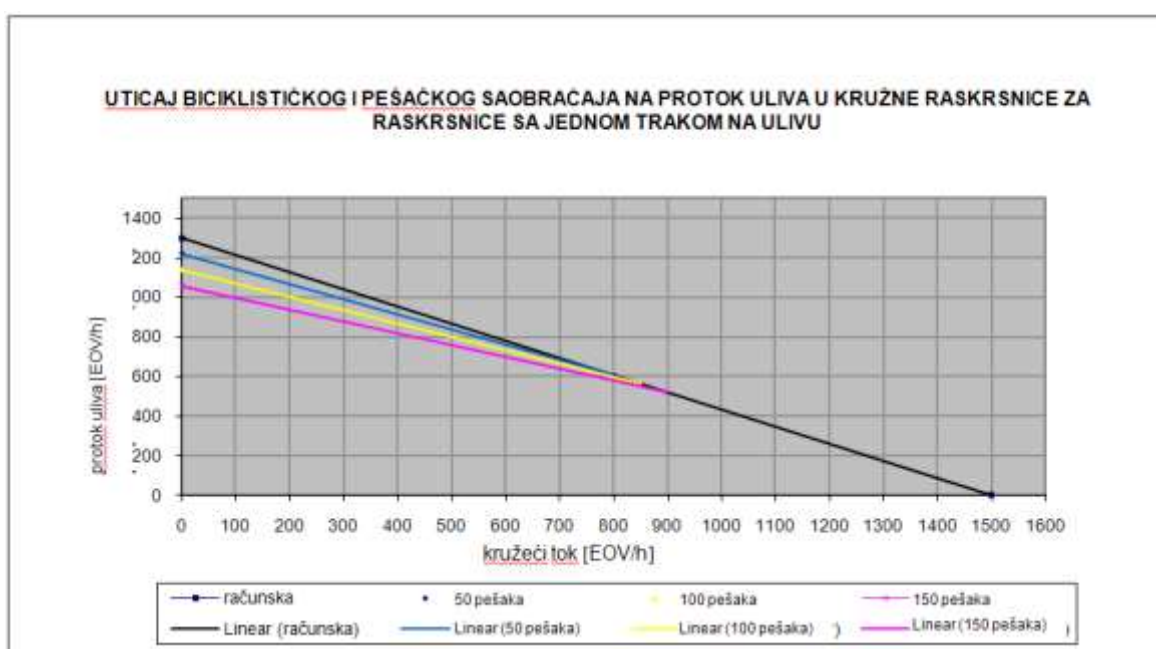
grupa tih 15 pešaka na grafikonu predstavlja dva pešaka.

Ti pešaci su ometali saobraćaj na ulivu samo 10 sekundi, što je isto kao kad bi ga ometala dva pešaka koja bi prelazila preko uliva kružne raskrsnice pojedinačno.

Broj pešaka koji u jednom času pređu pešački prelaz dobijamo tako što izmerimo ukupno vreme u jednom času, kada je prelaz bio zauzet pešacima i biciklistima i podelimo ga sa prosečnim vremenom koje je potrebno jednom pešaku da pređe preko uliva kružne raskrsnice.

Na slici 5.3.24 prikazan je uticaj biciklističkog i pešačkog saobraćaja na protok uliva kružne raskrsnice za raskrsnice sa jednom trakom na ulivu i jednom trakom u kružnom toku. "Računska" prava predstavlja protok uliva kružne raskrsnice u zavisnosti od kružnog toka.

Prava "50 pešaka" predstavlja protok uliva kružne raskrsnice u zavisnosti od kružnog toka i uz pretpostavku da će u jednom času preko uliva kružne raskrsnice preći 50 pešaka. Slična međuzavisnost prikazana je pravama "100 pešaka" i "150 pešaka"



Slika 5.3.24: Uticaj biciklističkog i pešačkog saobraćaja na protok uliva kružne raskrsnice za raskrsnice sa jednom trakom na ulivu i jednom trakom u kružnom toku, u slovenačkim uslovima

*Određivanje uticaja biciklista po holandskoj metodi*

U slučaju da se biciklistički saobraćaj vodi po kružnom kolovozu (kombinovano vođenje

$$C_{uliva} = (1440 - I_{kružni} - 0.5 * I_{izliv}) * (1 - I_{biciklista} / 800)$$

gde je:

- $C_{uliva}$  kapacitet uliva [JOV/h]
- $I_{kružni}$  intenzitet saobraćajnog toka u kružnom toku [JOV/h]
- $I_{izliv}$  intenzitet saobraćajnog toka na izlivu iz kružne raskrsnice [JOV/h]
- $I_{biciklista}$  intenzitet saobraćajnog toka biciklista [biciklista/h]

biciklističkog i motornog saobraćaja), uticaj biciklističkog toka može se odrediti po holandskoj metodi na sledeći način:

### 5.3.3.3 Određivanje projektno-tehničkih elemenata

Svaka raskrsnica je specifična, zato projektno-tehničke elemente možemo da predložimo samo u nekim preporučenim granicama, koje proističu iz saobraćajno-tehničkih ili bezbednosnih aspekata.

Zadatak projektanta je da u tim preporučenim granicama izabere optimalne vrednosti elemenata za specifične saobraćajne i prostorne uslove.

Tabela 5.3.2: Granične i preporučene vrednosti pojedinačnih geometrijskih elemenata

element	simbol	jedinica	granične dimenzije	preporučene dimenzije
širina uliva	$e$	$m$	3.6 - 16.5	4.0 - 15.0
širina saobraćajne trake	$v$	$m$	2.75 - 12.5	3.0 - 7.3
dužina proširenja	$l'$	$m$	12 - 100	30.0 - 50.0
prečnik	$D$	$m$	27 - 172.0	27 - 100.0
upadni ugao	$\Phi$	$^{\circ}$	0.0 - 77.0	10 - 60
ulivni radijus	$R$	$m$	6.0 - 100	8.0 - 45.0
širina kružne trake	$u$	$m$	4.5 - 25	5.4 - 16.2
oštrina proširenja	$S$	/	0 - 2.9	0 - 2.9

Vrednosti u tabeli 5.3.2 su dobijene iskustvenim putem, zato je potrebno svako odstupanje od tih okvira dobro preispitati, jer bi to moglo doneti nepovoljne posledice, pre svega, po bezbednost raskrsnice.

Tabela 5.3.2 važi samo za jednostrane kružne raskrsnice, bez obzira na način izvođenja (montažna ili fiksna). Tabela 5.3.2 ne sadrži vrednosti za mini kružne raskrsnice i turbo kružne raskrsnice, koje se oblikuju po posebnim principima.

Kod geometrijskog optimizovanja kružne raskrsnice, potrebno je posmatrati uticaj pojedinačnih promena na protok uliva i bezbednost.

Za posmatranje promena protočnosti uliva je veoma prikladna engleska metoda izračunavanja. Metoda se bazira na posmatranju ponašanja vozača u kružnom saobraćaju. Zbog specifičnog engleskog načina vožnje, kvantitativni rezultati njihove

metode nisu primenljivi u našem okruženju, ali je zato veoma prikladna za kvalitativno upoređenje izabranih varijanti. Preporučuje se samo kod geometrijske optimizacije izabranih varijanti.

#### 5.3.3.1 Izbor spoljašnjeg prečnika $D$ i širine kružnog kolovoza $u$

Na izbor spoljašnjeg prečnika utiče pre svega lokacija buduće kružne raskrsnice. U stambenim naseljima, kružna raskrsnica ima, pre svega, zadatak da umiruje saobraćaj uz zadovoljavajući protok, dok je na magistralnim putevima njen glavni zadatak obezbeđivanje protoka uz zadovoljavajući nivo bezbednosti učesnika u saobraćaju (tabela 5.3.3).

Tabela 5.3.3 važi samo za jednostrane kružne raskrsnice, bez obzira na način izvođenja (montažna ili fiksna). Tabela 5.3.3 ne sadrži vrednosti za mini kružne raskrsnice i turbo kružne raskrsnice, koje se oblikuju po posebnim principima.

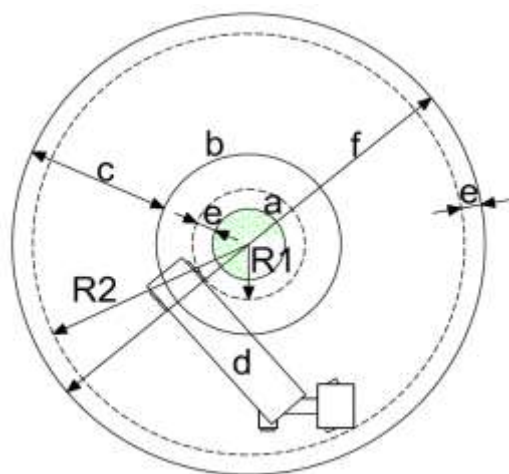
Tabela 5.3.3: Podela prema veličini u odnosu na lokaciju

Tip kružne raskrsnice	Spoljni prečnik [m]	Okvirni kapacitet [voz./dan]
mala gradska	22 - 35	15.000
gradska srednje veličine	30 - 40	20.000
vangradska srednje veličine (jednostrana)	35 - 45	22.000

Napomena: Okvirni kapaciteti su samo aproksimativne vrednosti za četvorokrake kružne raskrsnice sa ravnomerno raspoređenim saobraćajnim tokovima. Vrednosti date u tabeli su samo informativne, a pri rešavanju konkretnih slučajeva potrebno je svaku kružnu raskrsnicu proveriti u vezi sa stvarnim saobraćajnim tokovima i upotrebljenim projektno-tehničkim elementima.

Spoljni prečnik  $D$  i širina kružne vozne trake  $u$  su u međusobnoj vezi. Za prohodnost merodavnog vozila sedlastog tegljača kroz malu i srednje veliku kružnu raskrsnicu ( $R_z=14-18m$ ), glavni elementi oblikovanja

moraju biti u određenom odnosu i određenih minimalnih dimenzija (slika 5.3.25).



Legenda:

- a centralno ostrvo
- b centralno ostrvo + pregazni deo centralnog ostrva
- d merodavno vozilo
- e zaštitno rastojanje (unutar kojeg ne sme biti fizičkih prepreka) 1.0 m
- f spoljni prečnik kružne raskrsnice

Prečnik centralnog ostrva [m]	R1 [m]	R2 [m]	Minimalni spoljni prečnik kružne raskrsnice [m]
6.0	4.0	13.4	28.8
8.0	5.0	13.9	29.8
10.0	6.0	14.4	30.8
12.0	7.0	15.0	32.0
14.0	8.0	15.6	33.2
16.0	9.0	16.3	34.6
18.0	10.0	17.0	36.0

Slika 5.3.25: Elementi prohodnosti za merodavno vozilo sedlasti tegljač

U slučaju da je merodavno vozilo kamion sa prikolicom, u zavisnosti od veličine kružne raskrsnice zahteva se upotreba sledećih vrednosti uz određene uslove (tabela 5.3.4).

Tabela 5.3.4: Elementi prohodnosti za merodavno vozilo kamion sa prikolicom

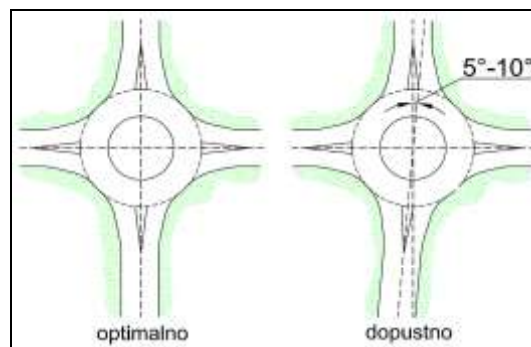
spoljni prečnik [m]		27 - 35	35 - 45
širina kružne saobraćajne trake [m]		6.5 - 8.0	5.75 - 6.5
zahtevan i uslovi	širina ulivne saobraćajne trake [m]	3.25 - 3.5	3.5 - 4.0
	širina izlivne saobraćajne trake [m]	3.5 - 3.75	3.5 - 4.25
	ulivni radijus [m]	10 - 12	12 - 14
	izlivni radijus [m]	12 - 14	14 - 16

Posebnu pažnju je potrebno posvetiti manjim kružnim raskrsnicama kroz koje teku linije javnog putničkog saobraćaja. U takvim slučajevima ima smisla uvođenje posebne trake za vozila javnog putničkog saobraćaja, namenjene isključivo tim vozilima.

#### 5.3.3.3.2 Vođenje puteva u kružnu raskrsnicu

Iz saobraćajno-bezbednosnih razloga vodimo puteve u raskrsnicu pod što upravnijim uglom (slika 5.3.26), jer tangencijalno vođenje prouzrokuje prevelike brzine vozila pri ulivu, teško uključivanje vozila u raskrsnicu i nalete od pozadi pri ulasku.

Uslove za dobro uključivanje vozila u raskrsnicu stvaramo ispravnim izborom ulivnog radijusa  $R$ , širine uliva  $e$  in dužine proširenja uliva  $l'$ .



Slika 5.3.26: Idealno i dopušteno vođenje puta u kružnu raskrsnicu

#### 5.3.3.3.3 Širina vozne trake ispred kružne raskrsnice v

Širina vozne trake ispred kružne raskrsnice je važan element sa kojim suštinski utičemo na protok uliva.

Pri rekonstrukcijama je širina vozne trake uslovljena postojećom širinom trake pre rekonstrukcije.

Slovenački propisi određuju najmanju širinu trake  $2,75 m$ , a granične i preporučene vrednosti su date u tabeli 5.3.2.

#### 5.3.3.3.4 Širina uliva u raskrsnicu e i dužina proširenja uliva $l'$

Najkritičniji saobraćajni manevar u kružnoj raskrsnici je baš ulazak u raskrsnicu, zato je veoma važno da se taj mali prostor optimalno oblikuje.

Opisujemo ga sa dva elementa:

- širinom uliva  $e$ ,
- dužinom proširenja uliva  $l'$ .

Dužina proširenja uliva  $l'$  definisana je kao dužina središnje linije između krive normalno širokog uliva i krive proširenja.

#### 5.3.3.3.5 Ulivni R i ulivni ugao $\Phi$

Ova dva elementa na protok nemaju neki veći uticaj, ali su važni za obezbeđivanje saobraćajne bezbednosti na ulivu u kružnu raskrsnicu i u kružnom toku.

Veličina ulivnog radijusa zavisi od veličine kružne raskrsnice.

Iskustva iz inostranstva nam govore da optimalni ulivni ugao iznosi  $30^\circ$ .

#### 5.3.3.3.6 Širina izliva iz kružne raskrsnice

Jedna od glavnih pretpostavki kod izračunavanja protoka uliva je ta, da se saobraćaj nesmetano izliva iz raskrsnice.

Da bismo to ostvarili, izliv mora biti dovoljno širok. Preporučene i granične vrednosti su navedene u tabeli 5.3.2.

#### 5.3.3.3.7 Izlivni radijus

Za izlivni radijus važi slično kao za širinu izliva. Izlivni radijus treba da obezbedi odgovarajući protok i bezbednost izliva pri izlivnoj brzini vozila. Izlivni radijus treba da bude veći ili jednak ulivnom, ali nikako manji od ulivnog.

#### 5.3.3.3.8 Dimenzije razdelnih ostrva

Kod velikih kružnih raskrsnica treba da se koriste razdelna ostrva u obliku trougla, a kod malih, ostrva u obliku suze.

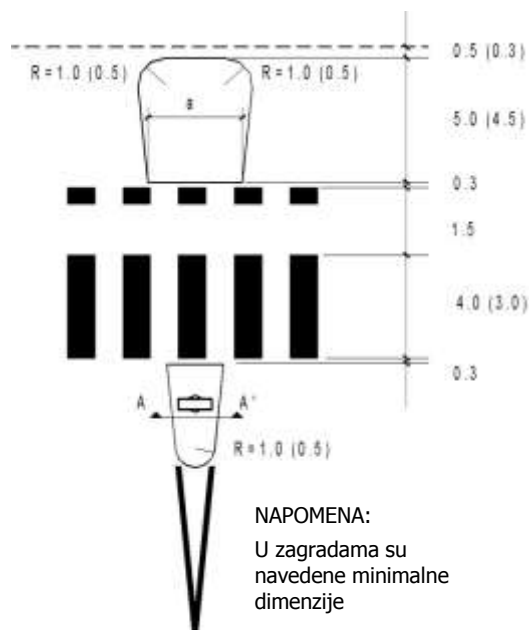
Minimalne dimenzije razdelnog ostrva trougaonog oblika proizlaze iz veličine kružne raskrsnice i veličine ulivnog radijusa koje (zbog veličine kružne raskrsnice) nije teško ostvariti.

Minimalne dimenzije razdelnog ostrva u obliku suze proizlaze iz vrste učesnika u kružnoj raskrsnici koji prelaze preko razdelnog ostrva (pešaci i biciklisti ili samo pešaci).

Preporučuje se, da širina razdelnog ostrva na širem mestu, gde ga seče biciklistička staza, bude širine najmanje 2m (dužina muškog bicikla + bezbednosno rastojanje), a

minimalna širina na mestu postavljanja saobraćajnih znakova obavezno obilaženje sa desne strane (II-47) i znaka za obeležavanje saobraćajnog ostrva (VI-8) najmanje 1.0 m (sl. 5.3.27).

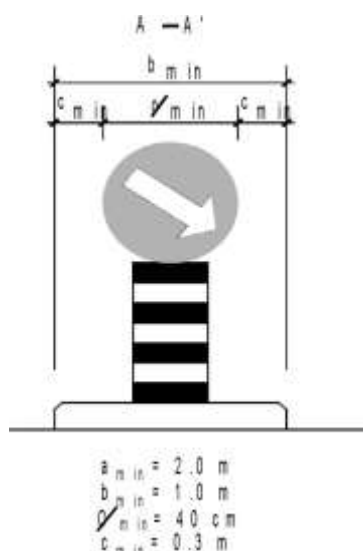
Preporučuje se, da širina razdelnog ostrva na širem mestu, gde ga seče pešački prelaz, bude širine najmanje 2 m (dužina dečjih kolica i osobe koja ih gura + bezbednosno rastojanje), a minimalna širina na mestu postavljanja saobraćajnih znakova obavezno obilaženje sa desne strane (II-47) i znaka za obeležavanje saobraćajnog ostrva (VI-8) najmanje 1.0 m (sl. 5.3.28).



Slika 5.3.27: Minimalne dimenzije razdelnog ostrva

Sve presečne tačke linija treba da se zaokruže minimalnim radijusom 0,5m.

U kružnim raskrsnicama u kojima su biciklisti vođeni po kružnoj kolovoznoj traci (kombinovano vođenje biciklističkog i motornog saobraćaja), širina razdelnog ostrva na širem delu može biti i uža od 2,0m.



Slika 5.3.28: Minimalne dimenzije razdelnog ostrva na mestu postavljanja saobraćajnih znakova

Isto važi i za kružne raskrsnice bez biciklista. U takvim slučajevima se razdelno ostrvo izvodi iz drugih materijala i segmentnog oblika.

#### 5.3.3.4 Horizontalno i vertikalno trasiranje

##### 5.3.3.4.1 Horizontalno trasiranje

Pod horizontalnim trasiranjem misli se na vođenje puta u širem i užem smislu. Vođenje u širem smislu predstavljaju elementi horizontalne trase puta na dužem odseku ispred i posle kružne raskrsnice.

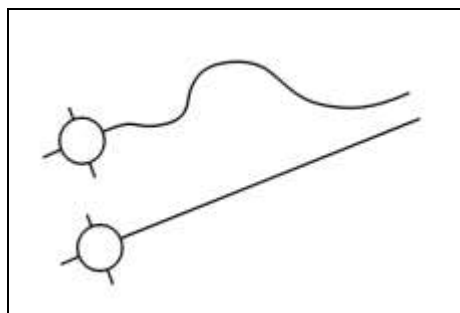
Vođenje u užem smislu predstavlja zadnji element horizontalne trase puta ispred kružne raskrsnice i prvi element horizontalne trase puta posle kružne raskrsnice.

##### *Vođenje osovine puta na dužem odseku*

Smanjenjem radijusa uzastopnih kružnih lukova ispred kružne raskrsnice postićemo postepeno smanjenje brzine ispred kružne raskrsnice i s tim sprečavamo mogućnost zakasnele percepcije kružne raskrsnice od strane vozača i nalete vozila.

Prava linija, kao element na dužem odseku ispred kružne raskrsnice, nije zabranjena, ali ne savetujemo njenu upotrebu; može se, u principu, koristiti samo pri rekonstrukcijama postojećih klasičnih raskrsnica ili u naseljima gde je trasa osovine puta zbog okolne izgrađenosti unapred određena (slika 5.3.29).

U takvim slučajevima moramo naročitu pažnju posvetiti javnoj rasveti.



Slika 5.3.29: Trasa osovine na dužem odseku ispred kružne raskrsnice (gore bolje rešenje i dole lošije rešenje)

##### *Trasa osovine puta u području kružne raskrsnice*

Za poslednji element ispred i prvi element neposredno iza kružne raskrsnice važi, da je dobro ako je prava linija, ali nije neophodno. Pravom linijom se u načelu ostvaruje upravnost priključivanja kraka na kružnu raskrsnicu, što je povoljno iz aspekta saobraćajne bezbednosti.

Takođe je poželjno da se produžeci osovina krakova kružne raskrsnice seku samo u jednoj tački. Najpovoljnije je, ako je taj presek u centru kružne raskrsnice. Nešto manje povoljno je, ako je to presečište levo od centra kružnog luka (gledano u smeru uliva). U takvim slučajevima je dozvoljena razlika manje od  $15^\circ$ . Najlošiji slučaj je ako je presečište desno od centra kružne raskrsnice, jer se sa tim povećava najveća moguća brzina na ulivu, zato se takvo rešenje ne savetuje.

Veličine prethodnih i narednih kružnih lukova zavise od predviđenog ograničenja brzine.

##### 5.3.3.4.2 Nivelaciono trasiranje

Pri oblikovanju kružnih raskrsnica je potrebno posebnu pažnju posvetiti i nivelacionom trasiranju i podužnim nagibima ukrasnih puteva, elementima vertikalnih krivina i poprečnim nagibima kružne vozne trake. Granične vrednosti nabrojanih elemenata određujemo na osnovu pravila vozne dinamike, psihofizičkih i saobraćajno-psiholoških zakonitosti i pre svega konstruktivnih mogućnosti i zahteva. Pod zahtevima misli se, pre svega, na zahteve vozne dinamike i efikasno odvodnjavanje područja kružne raskrsnice.

Opšta načela trasiranja ukrasnih puteva u situacionom planu su:

Putevi koji se priključuju u kružnu raskrsnicu ne smeju se kroz kružnu raskrsnicu voditi tako, da prave ispupčenje koje bi smanjivao preglednost na ulivu u kružnu raskrsnicu. Prelom priključnih niveleta treba da bude  $\leq 4\%$ , u suprotnom je potrebno izvesti zaobljenje najmanje R500.

Radius vertikalne krivine ne sme da prelazi u kružnu voznu traku.

Celokupno područje kojeg omeđava spoljni radius kružne raskrsnice (u slučaju da se u kružnoj raskrsnici nalaze i biciklisti i pešaci, spoljna ivica pešačkog koridora) mora da leži u jednom nivou. Nedopustivo je da ta ravnina bude prelomljena preko centralnog ostrva.

Maksimalni nagib navedene ravni u izuzetnim slučajevima može biti 2,5%, pri čemu je potrebno posebnu pažnju posvetiti odvodnjavanju (minimalan nagib kolovoza u takvom slučaju iznosi 0,5%).

#### *Uslovi niveleta priključaka*

Maksimalni podužni nagib niveleta priključaka u kružnu raskrsnicu ne treba neposredno ispred vertikalne krive da prelazi  $s_{max} = 3\%$ . U slučaju kada se niveleta priključka nalazi neposredno ispred vertikalne krive u nagibu koji je veći od  $s_{max}$ , potrebno ga je smanjiti na vrednost  $s = 3\%$ .

Poluprečnik vertikalne krivine sa kojim zaobljavamo novonastali prelom, odredimo tako da on bude veći ili barem jednak  $r_{min}$  i da ne padne u područje vertikalne krivine priključka u kružnu raskrsnicu.

Minimalni podužni nagib niveleta priključaka u kružnu raskrsnicu određuju naprave za odvodnjavanje. I u području kružne raskrsnice nivelete priključnih puteva ne treba da imaju podužni nagib ivice puta manji od 0,5%, iako su moguće i horizontalne nivelete. One zahtevaju oivičavanje kolovoza perforiranim (slivnim) ivičnjacima.

#### *Uslov vertikalnih krivina priključka u kružnu raskrsnicu*

Ukoliko su priključni kraci kružne raskrsnice u usponu ili padu, potrebno je obezbediti plato neposredno ispred uliva, podužnog nagiba maksimalno  $\pm 3,5\%$ .

Dužina platoa je minimalno 6 m, a u slučaju jakih saobraćajnih tokova i tokova velikog broja teretnih vozila, adekvatno veća. U takvim slučajevima je poželjno, da vertikalna krivina počinje tek nakon 12 m, mereno od horizontalne signalizacije koja određuje oduzimanje prednosti.

Podužni nagib na platou na rastojanju 6m (odn. 12 m) ne sme prelaziti  $\pm 3,5\%$ . Ukoliko se na tom mestu nalazi vertikalna krivina, meri se nagib tangente.

U ostalim segmentima trasiranja niveleta priključaka kružne raskrsnice važe isti uslovi kao kod klasičnih površinskih raskrsnica.

#### *Poprečni nagib kružne raskrsnice*

Glavni zadaci poprečnog nagiba kružne raskrsnice su:  
odgovarajuće odvodnjavanje i omogućavanje veznih promena nagiba na prelazima između priključnih pravaca i kružne trake.

Postoje dva poprečna nagiba kružne raskrsnice:

poprečni nagib ka spoljnoj ivici (negativan) i  
poprečni nagib ka unutrašnjoj ivici (pozitivan).

#### Poprečni nagib kružnog kolovoza ka spoljnoj ivici

To je najčešći način vertikalnog trasiranja kružne raskrsnice (slika 5.14). Sa tim načinom se najlakše ostvaruje odgovarajuće odvodnjavanje, a i prelaz između priključnih pravaca i kružne trake nije problematičan. Poprečni nagib ne treba da prelazi  $-2,5\%$ .

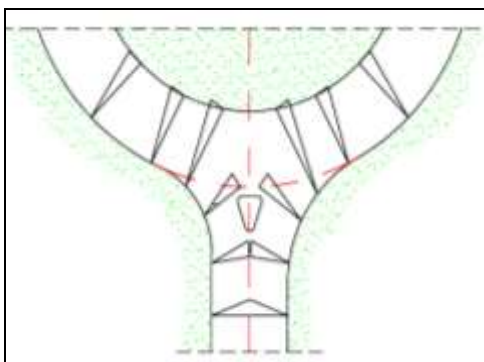
Kombinacija poprečnog nagiba ka spoljnoj ivici kružnog toka i geometrijskih elemenata koji omogućavaju prevelike brzine može dovesti do opasne kružne raskrsnice.

Mane kružnog kolovoza sa nagibom ka spoljnoj ivici pokazuju se, pre svega, u lošim vremenskim uslovima, kada zbog kombinacije negativnog poprečnog nagiba i smanjenog koeficijenta trenja između pneumatika i podloge vozilo počinje da proklizava već pri malim brzinama.

Pored toga vožnja kroz krivinu pri negativnom poprečnom nagibu nepovoljno utiče na udobnost vozača i putnika u vozilu (delovanje transverzalne sile u suprotnom smeru od očekivane).

Kod rekonstrukcija klasičnih raskrsnica u male i srednje kružne raskrsnice, takav način nivelacionog vođenja je obično jeftiniji za

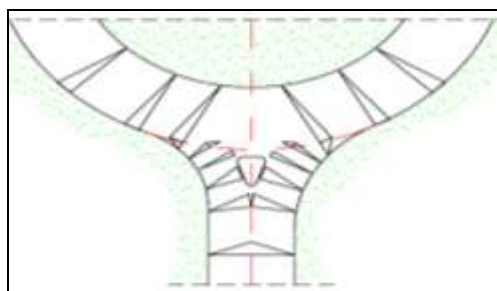
izvođenje, jer u principu možemo zadržati način odvodnjavanja pređašnje raskrsnice.



Slika 5.3.30: Poprečni nagib ka spoljnoj ivici kružnog toka

#### Poprečni nagib kružnog kolovoza ka unutrašnjoj ivici

Poprečni nagib ka unutrašnjoj ivici (slika 5.3.31) je iz saobraćajno-tehničkog ugla, ispravan pravilni nagib u kružnoj krivini. Bez obzira na to, ređe se koristi jer je ispravno izvođenje odvodnjavanja i priključenja priključaka dosta zahtevnije.



Slika 5.3.31: Poprečni nagib ka unutrašnjoj ivici kružnog toka

Pri promeni pravca pada poprečnog nagiba na ulivima i izlivima, moramo voditi računa da promena nagiba ne pređe 5%. Promena nagiba se izvodi vertikalnim radijusom.

Velika pažnja treba da se posveti i poziciji putnih odvoda. Kritična mesta za zadržavanje vode (tzv. vodni džepovi) su ulivi, izlivi i unutrašnja vozna traka u kružnoj raskrsnici. Pri nagibu kružnog kolovoza ka centru kružne raskrsnice mogu se javiti sledeće greške:

- nepovezanost izvijanja priključaka,
- vodeni džepovi na ulivima i izlivima iz kružne raskrsnice,
- zadržavanje vode na unutrašnjoj kružnoj voznoj traci.

Za formiranje spoljne ivice ulivne i izlivne saobraćajne trake kružne raskrsnice,

potrebno je primeniti opšta pravila za projektovanje osovine puta i ivica.

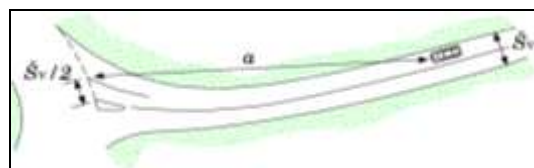
#### 5.3.3.5 Preglednost

Dva glavna pravila koja je, sa aspekta preglednosti u kružnim raskrsnicama, potrebno primeniti su:

- u gradskim kružnim raskrsnicama vozaču može da bude omogućena preglednost na suprotni izlaz iz kružne raskrsnice, ali nije neophodno,
- u vangradskim raskrsnicama vozaču mora da bude onemogućena preglednost na suprotni izlaz iz kružne raskrsnice, što ostvarujemo denivelisanjem centralnog ostrva.

Navedena pravila se smisaono koriste bez obzira na broj krakova kružne raskrsnice i broj voznih traka u kružnoj raskrsnici.

Dužine preglednosti, koje koristimo na kružnim raskrsnicama, date su u tabeli 5.3. Čeona preglednost na ulivu u kružnu raskrsnicu data je u tabeli 5.3.5. Meri se do razdelne linije, kao što je prikazano na slici 5.3.32.



#### LEGENDA:

- položaj vozila (sredina vozne trake)
- a preporučena dužina preglednosti, potrebna za zaustavljanje, u odnosu na planiranu brzinu na ulivu

Slika 5.3.32: Čeona dužina preglednosti

Ako uslov dovoljne dužine preglednosti nije zadovoljen, potrebno je vozače na to upozoriti dodatnim saobraćajnim znacima.

Tabela 5.3.5: Zaustavna dužina preglednosti

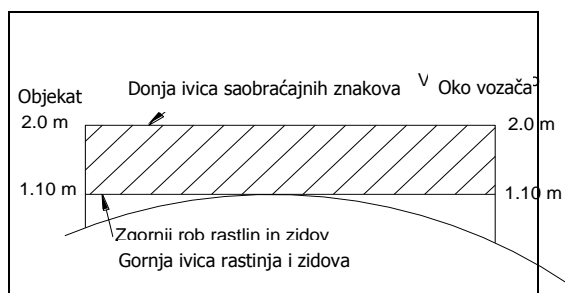
Zaustavna dužina preglednosti [m]		
$V_R$ [km/h]	40	50*
preporučena	50	70
minimalna	40	50

\* samo kod velikih gradskih raskrsnica ili na autoputu



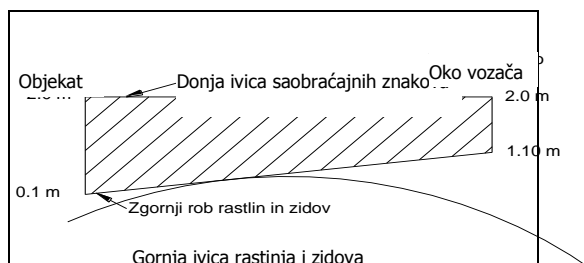
### 5.3.3.5.1 Visina položaja vozačevog oka i prepreke

Polje preglednosti na ulivu u levu stranu i preko centralnog ostrva treba da obezbediti kako je dato na slici 5.3.33. Preglednost treba da bude obezbeđena od visine vozačevog oka 1,1 m do visine prepreke 1,1 m, a pregledno polje treba da se prostire do visine 2,0 m iznad površine kolovoza.



Slika 5.3.33: Preglednost na ulivu u levu stranu

Preostala preglednost treba da bude obezbeđena kao što je prikazano na slici 5.3.34. Preglednost treba da bude od visine vozačevog oka (između 1,1 i 2,0 m) do visine prepreke između 0,1 m i 2,0 m, mereno od površine kolovoza.



Slika 5.3.34: Preostala preglednost

Saobraćajni znaci u tom području ne treba da budu postavljeni niže od 2,0 m, mereno od površine kolovoza do donje ivice znaka.

### 5.3.3.5.2 Preglednost na levu stranu

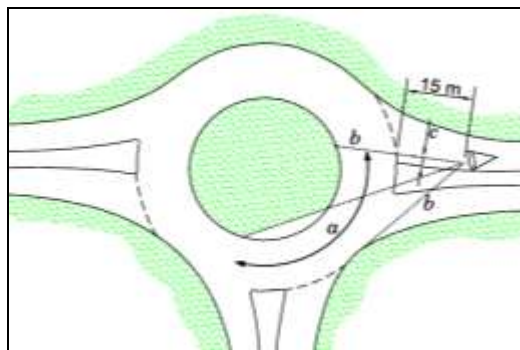
Vozačima svih vozila koja se približavaju horizontalnoj oznaci ivice kružnog kolovoza, mora biti omogućen pregled nad celom širinom kružne raskrsnice, od razdelne linije na njihovu levu stranu i to na odstojanju koje je potrebno za zaustavljanje, izmerenom duž osovine kružnog kolovoza (tabela 5.3.6).

Tabela 5.3.6: Preglednost na levu stranu

Prečnik kružne raskrsnice [m]	Dužina preglednosti [m]
< 40	-
40-60	40
60-100	50

Preglednost na levu stranu se proverava iz sredine vozne trake na odstojanju 15 m ispred razdelne linije, kao što je prikazano na slici 5.3.35.

Uvek je potrebno proveriti, da li konstrukcije pored puta i uređaji, saobraćajni znaci, ili drugi trajni ili privremeni objekti ograničavaju preglednost.



#### LEGENDA:

- a dužina preglednosti u funkciji brzine u kružnoj raskrsnici, data u tabeli 5.3
- b granica polja preglednosti
- c polovina širine neproširene vozne trake

Slika 5.3.35: Preglednost na levu stranu, potrebna na ulivu u kružnu raskrsnicu

U nekim slučajevima (male kružne raskrsnice bez sadržaja u centralnom ostrvu) može prevelika čeona preglednost na ulivu ili preglednost između susednih uliva da prouzrokuje preveliku brzinu vozila na ulivu u kružnu raskrsnicu.

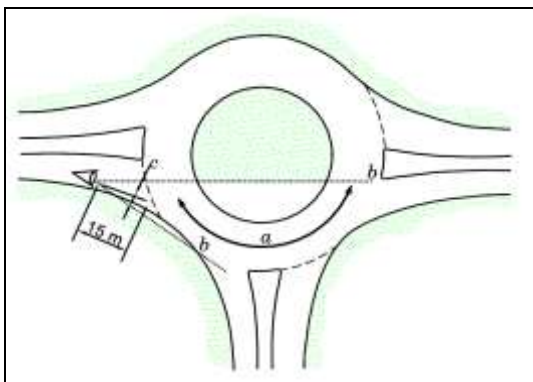
U takvim slučajevima ima smisla ograničiti preveliku preglednost selektivnim dodavanjem rastinja na centralno ostrvo.

### 5.3.3.5.3 Čeona preglednost na ulivu

Vozačima svih vozila koja se približavaju razdelnoj liniji mora biti omogućen pregled nad kompletnom širinom kružnog kolovoza ispred njih i to u dužini izmerenoj duž središnje linije kružne raskrsnice, koja odgovara veličini kružne raskrsnice, kao što je prikazano u tabeli 5.3.4.



Preglednost na levu stranu treba da se proverava iz sredine vozne trake na odstojanju 15 m ispred razdelne linije, kao što je prikazano na slici 5.3.36.



**LEGENDA:**

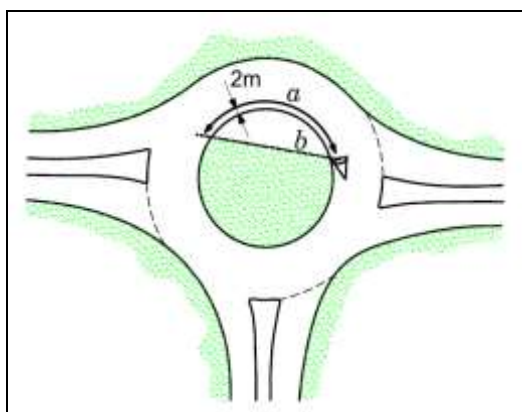
- a* dužina preglednosti u funkciji brzine kružne raskrsnice, data u tabeli 9.2
- b* granica polja preglednosti
- c* polovina širine neproširene vozne trake

Slika 5.3.36: Čeona preglednost na ulivu u kružnu raskrsnicu

**5.3.3.5.4 Preglednost na kružnom kolovozu**

Vozačima na kružnom kolovozu mora da bude omogućena preglednost nad kompletnom širinom kružnog kolovoza ispred njih, na dužini koja je prikladna za veličinu kružne raskrsnice (tabela 5.3.4).

Tu preglednost je potrebno proveriti 2 metra od ivice centralnog ostrva ka spolja, kao što je prikazano na slici 5.3.37.



**LEGENDA:**

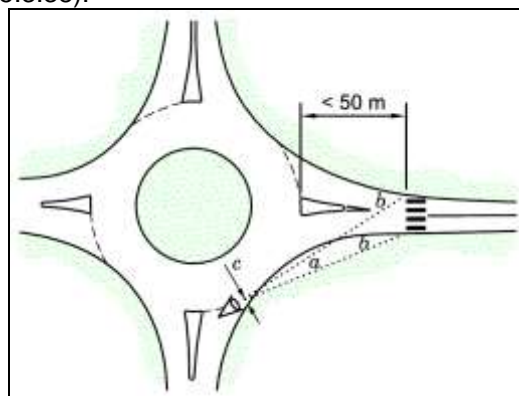
- a* dužina preglednosti u funkciji brzine kružne raskrsnice, data u tabeli 9.2
- b* granica polja preglednosti

Slika 5.3.37: Preglednost u kružnoj raskrsnici

**5.3.3.5.5 Preglednost do pešačkih prelaza**

Vozači koji se približavaju pešačkom prelazu moraju prilikom približavanja kružnoj raskrsnici da imaju toliku preglednost do pešačkog prelaza, da im je omogućeno bezbedno zaustavljanje pri brzini koja je dozvoljena na ulazu u kružnu raskrsnicu.

U malim i srednjim kružnim raskrsnicama treba vozačima koji su neposredno iza razdelne linije da bude omogućen pogled na celu širinu pešačkog prelaza na sledećem izlivu (ako je pešački prelaz od kružne raskrsnice udaljen do 50 metara) (slika 5.3.38).



**LEGENDA:**

- a* minimalno područje preko kojeg treba da bude omogućena nesmetana preglednost u slučaju da je pešački prelaz od kružne raskrsnice udaljen do 50 metara, gledano iz tačke vizure
- b* granica polja preglednosti
- c* polovina širine saobraćajne trake

Slika 5.3.38: Preglednost uliva do pešačkog prelaza na sledećem izlivu

**5.3.3.5.6 Ometanje preglednosti**

Saobraćajni znaci, gusto i visoko rastinje, drveće i drugi denivelisani elementi i objekti smeju biti unutar područja preglednosti samo ako ne ometaju preglednost.

Drveće, stubovi javne rasvete, nadvožnjaci... mogu biti u području preglednosti samo u slučaju ako su široki maksimalno 55 cm.

Tamo gde je moguće, pešački koridori treba da budu izvedeni van područja preglednosti. Tamo gde to nije moguće, treba voditi računa da saobraćaj pešaka što manje utiče na pogoršanje uslova preglednosti.

#### 5.3.3.5.7 Preglednost kod denivelisanih krakova kružne raskrsnice

U slučajevima kada se kružna raskrsnica nalazi iznad glavnog saobraćajnog pravca (u drugom nivou), potrebno je ispuniti uslov preglednosti pri ulivu sa rampe. Već u početnoj fazi planiranja je potrebno proveriti preglednost tako, da se proveriti da li će predviđene ograde nadvožnjaka, zidovi ili saobraćajni znaci i table za usmeravanje ometati preglednost na ulivu u kružnu raskrsnicu.

Nedovoljne dužine preglednosti na ulivima mogu da prouzrokuju zastoje (kočenje vozača na ulivima) i da smanje nivo saobraćajne bezbednosti. Važno je da razdelna linija vozačima u približavajućim vozilima bude jasno vidljiva i da je ne zakriva konveksna krivina.

#### 5.3.3.6 Saobraćajna signalizacija

Odredbe koje slede u nastavku, važe za jednostrane kružne raskrsnice (bez obzira na način izvođenja) i mini kružne raskrsnice (pogojno).

Saobraćajna signalizacija za turbo kružne raskrsnice je specifična, zato je prikazana u posebnom poglavlju.

##### 5.3.3.6.1 Vertikalna signalizacija

Svaka kružna raskrsnica treba, u načelu, da bude opremljena sledećim saobraćajnim znacima:

- obavezan smer desno (II-43.1) na nepregaznom delu centralnog ostrva, u produžetku središnje linije vozne trake na ulivu,
- ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza (II-1) i kružni tok saobraćaja (II-45.2) na zajedničkom stubu u ušću uliva u kružnu raskrsnicu neposredno ispred isprekidane široke linije zaustavljanja (V-13.1) ili (V-13.2),
- neposredno pre isprekidane široke linije zaustavljanja (V-13.1) ili (V-13.2) na kolovozu obeležen saobraćajni znak ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza (II-1),
- obavezno obilaženje s desne strane (II-45) i tabla za označavanje vrha razdelnog ostrva (V-27) na zajedničkom stubu na spoljašnjem delu razdelnog ostrva (na vrhu ostrva u smeru vožnje),
- tabla za označavanje vrha razdelnog ostrva (V-27) na unutrašnjem delu

razdelnog ostrva (u srednjim i velikim kružnim raskrsnicama).

U zavisnosti od ranga kružne raskrsnice (ukrštaj ulica, lokalnih puteva, državnih puteva), mora biti kružna raskrsnica opremljena saobraćajnim znacima za vođenje saobraćaja i to:

na unutrašnjem delu razdelnog ostrva:

- tabla za označavanje naziva ulice (III-62),
- strelasti putokaz (III-12) ili putokazna tabla (III-13) i putokazna tabla iznad kolovoza na portalu (III-13) za više od dva saobraćajna cilja,

na području približavanja kružnoj raskrsnici:

- ograničenje brzine (II-30) na odgovarajućoj udaljenosti od kružne raskrsnice, na kojoj je potrebno obezbediti smanjenje brzine na vangradskim putevima,
- raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja (I-30) u izuzetnim slučajevima na putevima u naselju, gde kružna raskrsnica nije opremljena znakom kružna raskrsnica (III-8.1),
- tabla kružna raskrsnica (III-8.1) na odgovarajućoj udaljenosti ispred kružne raskrsnice.

##### 5.3.3.6.2 Horizontalna signalizacija

Svaka kružna raskrsnica treba, u načelu, da bude opremljena sledećim saobraćajnim oznakama na kolovozu:

- isprekidana široka linija zaustavljanja (V-13.1) ili (V-13.2) koja je po pravilu označena ispred prelaza za pešake ili bicikliste i koja može da bude ponovljena iza prelaza, a kojoj je dodat na kolovozu obeležen saobraćajni znak ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza (II-1),
- kratku isprekidanu liniju (V-4.1) za označavanje spoljašnje ivice kružne raskrsnice,
- razdelnu isprekidanu liniju (V-3) za razgraničavanje saobraćajnih traka u kružnom toku,
- polje ispred ostrva za razdvajanje saobraćajnih tokova (V-23.3 i V-23.4),
- na kolovozu obeležen saobraćajni znak ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza (II-1), koji označen na kolovozu ispred isprekidane široke linije zaustavljanja,
- pešački prelaz (V-16) i prelaz za bicikliste (V-17), kada su u kružnoj raskrsnici prisutni biciklisti i pešaci,
- razdelnu liniju (V-1) propisane debljine ispred razdelnog ostrva na području približavanja raskrsnici.

U pojedinačnim slučajevima, kada to zahtevaju saobraćajno bezbednosni razlozi, kružne raskrsnice moraju da budu opremljene i zaštitnim ogradama i smerokazima.

### 5.3.3.7 Saobraćajna oprema

#### 5.3.3.7.1 Razdelna ostrva - ostrva za pešake

Upotreba denivelisanog razdelnog ostrva na ulivu u kružnu raskrsnicu je obavezna, osim kod mini kružnih raskrsnica, jer je od izuzetnog značaja za bezbedno vođenje kako motornih vozila, tako pešaka i biciklista.

I u mini kružnim raskrsnicama treba da se, ako je to moguće, tipskim denivelisanim elementima fizički razdvoje uliv i izliv iz kružne raskrsnice.

Linije razdelnog ostrva treba da budu prilagođene linijama ulivne, izlivne i kružne trake u kružnoj raskrsnici. Preseci tih linija treba da budu zaobljeni radijusom veličine najmanje 0,5 m.

#### 5.3.3.7.2 Pešački i biciklistički prelazi

Izvođenje pešačkih i biciklističkih prelaza obezbeđuje saobraćajnu bezbednost i udobnost pešaka i biciklista pri prelazanju krakova kružne raskrsnice.

Prelazi moraju biti izvedeni tako, da na sebe privuku najveći mogući broj pešaka (koji bi u suprotnom slučaju prelazili ulicu proizvoljno).

Pešacima mora biti omogućeno, da u toku prelazanja pešačkog prelaza vide dolazeća vozila.

Posebnu pažnju pri preglednosti pešaka potrebno je posvetiti u kružnim raskrsnicama, u čijoj blizini se nalaze autobuska stajališta. Autobusi zaustavljeni na autobuskim stajalištima ne smeju ometati preglednost pešaka ili vozača.

Pešački prelazi treba da se nalaze malo dalje od izliva iz kružne raskrsnice (za dužinu jednog do dva putnička vozila), što rezultuje konfliktom između zahteva pešaka i vozača. Ako je pešački prelaz predaleko od izliva iz kružne raskrsnice, pešaci ga neće koristiti. U takvim slučajevima je potrebno fizički (uz pomoć žbunja, ograda...) sprečavati nepravilno prelazanje krakova kružne

raskrsnice od strane pešaka. Ako je pešački prelaz suviše blizu kružne raskrsnice, postoji mogućnost nastanka kolone vozila na ulivu koja može da doseže do kružnog kolovoza, a to ometa odvijanje saobraćaja u kružnom toku.

Svaki slučaj zahteva odvojenu i temeljitu obradu. Pri tom je potrebno uzeti u obzir brzinu vozila, intenzitet tokova pešaka/biciklista i vozila, veličinu kružne raskrsnice i dužinu pešačkog prelaza.

#### 5.3.3.7.3 Pregazni deo centralnog ostrva

Pregazni deo centralnog ostrva je onaj deo centralnog podeonika koji zajedno sa kružnim kolovozom omogućava vožnju kroz kružnu raskrsnicu u slučajevima kada to, zbog male veličine kružne raskrsnice ili širine kružnog kolovoza, bez pregaznog dela centralnog ostrva ne bi bilo moguće.

Pregazni deo centralnog ostrva se, dakle, izvodi samo kod malih i srednje velikih kružnih raskrsnica.

Kod mini kružnih raskrsnica izvođenje pregaznog dela centralnog ostrva nije moguće, a kod velikih (višetračnih) kružnih raskrsnica je nepotrebno.

Širina pregaznog dela centralnog ostrva obično iznosi od 1,0 do 2,0 m, u zavisnosti od pokrivene površine merodavnog vozila prilikom vožnje kroz kružnu raskrsnicu (pun krug).

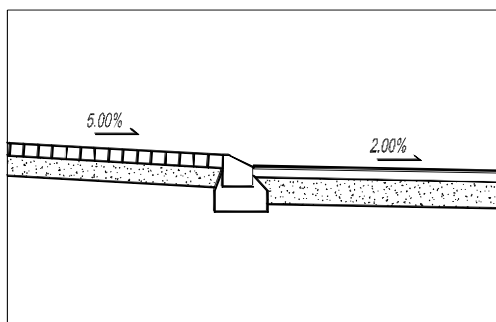
Pregazni deo centralnog ostrva mora da bude izveden na takav način i sa takvim materijalima, da vozače kratkih vozila odvraća od upotrebe, odn. da ga koriste samo ona vozila koja bez upotrebe pregaznog dela ne mogu preći kružnu raskrsnicu. To postizemo sa dovoljno velikim nagibom površine pregaznog dela centralnog ostrva ka spolja (cca 5%) i hrapavom površinom, npr. kamenom kockom.

#### 5.3.3.7.4 Boja i oblik ivičnjaka

Ivičnjaci razdelnih ostrva moraju biti dobro vidljivi, zato se preporučuje njihovo bojenje u belo-crno. Isto važi i za ivičnjake spoljašnje ivice kružne raskrsnice.

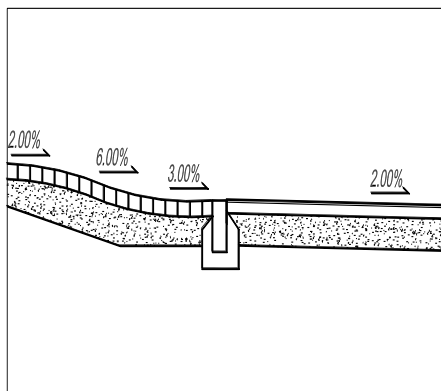
Na unutrašnjoj strani kružne raskrsnice je obavezna upotreba ivičnjaka sa blažim nagibom u slučaju, kada posle unutrašnje kružne trake sledi pregazni deo centralnog ostrva (slika 5.3.39). Nagib tog ivičnjaka treba da bude manji ili jednak 1,25:1, čime se

sprečava nastajanje oštećenja pneumatika dugačkih vozila prilikom gaženja preko ivičnjaka. Preporučuje se denivelacija ivičnjaka 2,0-3,0 cm



Slika 5.3.39: Ivičnjak između kružne vozne trake i pregaznog dela centralnog ostrva

Kod veoma malih kružnih raskrsnica je, zbog manjeg habanja pneumatika, preporučljivo izvođenje veznog prelaza između unutrašnje kružne vozne trake i pregaznog (kaldrmisanog) dela centralnog ostrva (slika 5.3.40).

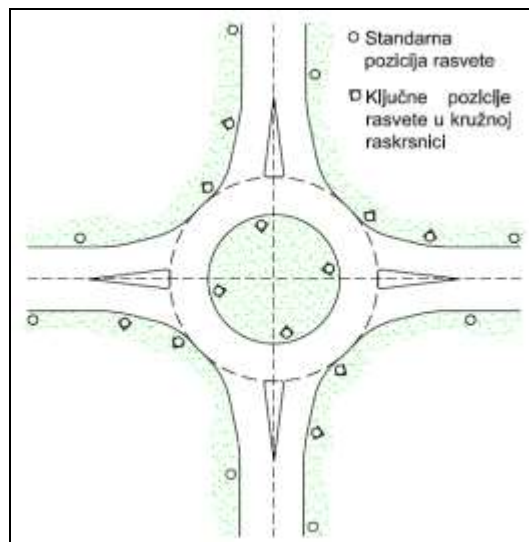


Slika 5.3.40: Vezni prelaz između unutrašnje kružne vozne trake i pregaznog (kaldrmisanog) dela centralnog ostrva

#### 5.3.3.7.5 Rasveta kružne raskrsnice

Zbog zadovoljenja uslova saobraćajne bezbednosti, kružna raskrsnica mora noću imati odgovarajuće osvetljenje. Moraju biti osvetljeni i ulivi u kružnu raskrsnicu i centralno ostrvo (slika 5.3.41).

Razdelna ostrva prikladna su za postavljanje stubova rasvete samo ako su dovoljno veliki i ako ne smanjuju preglednost.



Slika 5.3.41: Preporučeno postavljanje rasvete u kružnoj raskrsnici

Stubovi rasvete treba da budu postavljeni u krugu po obodu kružne raskrsnice. Raspored treba da bude ravnomeran, u odnosu na međusobno rastojanje pojedinačnih svetiljki i odstojanja od centra ostrva. Svaki priključak odnosno uliv treba da bude osvetljen već minimalno 60 metara od kružne raskrsnice. Boja svetla i visina svetiljki treba da bude jedinstvena na celom području raskrsnice, ali ne niža nego na priključcima.

Osvetljenost kružne raskrsnice treba da bude jednaka osvetljenosti priključaka.

#### 5.3.3.8 Druga oprema

##### 5.3.3.8.1 Pejzažno uređenje

Prilikom oblikovanja okruženja kružne raskrsnice, potrebna je saradnja nadležnih stručnjaka, naročito pejzažnih arhitekata, koji moraju uređenje okruženja da uključe u planove pejzažne arhitekture. Pri planiranju je takođe potrebno uzeti u obzir održavanje. Kada odgovornost za održavanje preuzme treće lice, npr. lokalne organizacije za uređivanje nasada i zelenih površina, moraju biti standardi i pravila održavanja prethodno dogovoreni. Ako treće lice želi, na bilo koji način, da promeni uslove uređenja okruženja na području kružne raskrsnice (npr. sađenje visokog rastinja), to može učiniti samo uz prethodnu saglasnost nadležnih institucija. Zasađeno rastinje ne sme uticati na smanjenje preglednosti ili saobraćajne bezbednosti (bujne krošnje, šišarke, plodovi, lišće...).

Bez obzira na estetiku, uređivanje pejzaža u području kružne raskrsnice može sa stanovišta saobraćajnog inženjerstva imati i praktične prednosti. Prilagođavanjem zemljišta (npr. posađeno rastinje u centralnom ostrvu) je moguće jasnije upozoriti vozila da se približavaju kružnoj raskrsnici. Zakrivanjem saobraćaja na suprotnoj strani kružne raskrsnice u odnosu na mesto priključenja, možemo (bez ograničavanja potrebne preglednosti) izbeći konfuziju koju kod vozača prouzrokuje preglednost nad odvijanjem saobraćaja u celoj kružnoj raskrsnici.

Posađeno rastinje u centralnom ostrvu predstavlja dobru pozadinu za saobraćajne znakove i usmeravajuće table na centralnom ostrvu, dok vizuelno usklađuje različite vertikalne karakteristike i umanjuje utisak nereda.

Detaljnim planiranjem možemo na području gde se zahteva preglednost (na spoljnoj ivici centralnog ostrva), da predvidimo nisko rastinje, a prema središtu ostrva sve više i gušće vrste žbunja i orezanog drveća. Posebno rastinje koje je možda prikladnije u urbanim područjima, zahteva obično više truda i ulaganja.

U vangradskoj sredini prilikom ozelenjavanja treba ispoštovati ograničenja koja diktiraju prvobitno rastinje i okolni pejzaž. Na ravnim, otvorenim zatavljenim područjima, oblikovanje prostora se, po pravilu, ograničava na oblikovanje humke (kupole od zemlje na centralnom ostrvu). Mogući načini ozelenjavanja se proveravaju preko idejnih projekata u skladu sa planovima pejzažne arhitekture.

Sađenje visokog rastinja na centralnom ostrvu kružne raskrsnice, čiji prečnik je manji od 10 m (zaključno sa pregaznim delom centralnog ostrva) smatra se neprikladnim, jer zbog potrebe da se obezbedi preglednost na sredini ostrva ostaje veoma mala raspoloživa površina za sađenje.

Ozelenjavanje razdelnih ostrva treba da se vrši samo kod velikih razdelnih ostrva i to na način da se prvo zadovolje uslovi izvođenja vertikalne signalizacije i preglednosti. Nakon toga može da se izvede ozelenjavanje i zasađivanje (na preostalom raspoloživom prostoru).

U urbanoj sredini visina centralnog ostrva nije propisana i prepuštena je projektantima. Na vangradskim deonicama puta, gde su brzine

veće, visina centralnog ostrva mora da upozori vozača da se približava kružnoj raskrsnici, odnosno prepreci na putu. Centralno ostrvo mora da bude oblikovano (ozelenjeno) tako, da noću zaklanja bljesak svetala vozila iz suprotnog smera, a da istovremeno obezbedi propisanu preglednost na susednim ulivima.

#### 5.3.3.8.2 Fontane, spomenici i drugi objekti u centralnom ostrvu

U centralnom ostrvu je poželjno postavljanje fontana, spomenika, skulptura i drugih objekata, pod uslovom da nije ograničena preglednost i vidljivost saobraćajne signalizacije.

Postavljanje tabela, natpisa i drugih objekata ili naprava za vizuelno ili audio informisanje i oglašavanje u centralnom ostrvu nije dozvoljeno.

## 5.3.4 MINI KRUŽNE RASKRSNICE

### 5.3.4.1 Kriterijumi za izvođenje mini kružnih raskrsnica

#### 5.3.4.1.1 Karakteristike mini kružnih raskrsnica

Mini kružna raskrsnica je jednotračna kružna raskrsnica sa pregaznim centralnim ostrvom. Za razliku od "klasičnih" jednotračnih kružnih raskrsnica je kod mini kružnih raskrsnica centralno ostrvo izvedeno na takav način, da omogućava prohodnost (većim) motornim vozilima.

Mini kružna raskrsnica je, po pravilu, trajno projektno rešenje, često postavljeno u gabarite postojeće klasične raskrsnice. Izvedene ja elementima, saobraćajnom signalizacijom i opremom koja je u skladu sa zahtevima saobraćajne bezbednosti. Mini kružne raskrsnice namenjene su poboljšanju protočnosti saobraćaja i/ili saobraćajne bezbednosti.

Izvođenje kružnih raskrsnica je dozvoljeno samo na putevima unutar naselja. Očekivana brzina vozila kroz mini kružnu raskrsnicu je do 25 km/h. U poređenju sa klasičnim nesemaforizovanom raskrsnicom, mini kružna raskrsnica ima po pravilu veći kapacitet i neuporedivo veću bezbednost učesnika u saobraćaju, a istovremeno niske troškove izvođenja.

Pravila upotrebe - način vožnje - u mini kružnim raskrsnicama isti su kao kod ostalih tipova kružnih raskrsnica.

Mini kružne raskrsnice mogu da budu izvedene kao 3- ili 4-krake, izuzetno 5-krake. Priključni kraci u mini kružnu raskrsnicu predstavljaju jednotračne ili dvotračne puteve. Izvođenje mini kružnih raskrsnica na četvorotračnim (ili višetračnim) putevima nije dozvoljena.

Najveći spoljašnji prečnik mini kružne raskrsnice može da iznosi 12,5 m (spoljašnji prečnik je 25 m). U slučaju većih dimenzija može se umesto mini kružne raskrsnice izvesti "klasična" jednotračna kružna raskrsnica.

#### 5.3.4.1.2 Prikladnost / opravdanost izvođenja mini kružne raskrsnice

Provera prikladnosti izvođenja mini kružne raskrsnice je u potpunosti ista kao kod izvođenja "klasične" kružne raskrsnice. U prvoj fazi se izvodi provera da li su ispunjeni opšti kriterijumi za opravdanost izvođenja mini kružne raskrsnice. Proveravaju se sledeći kriterijumi:

- kriterijum funkcionalnosti;
- kriterijum propusnosti;
- prostorni kriterijum;
- projektno-tehnički kriterijum;
- kriterijum saobraćajne bezbednosti;
- ekonomski kriterijum.

Pri odlučivanju o izvođenju mini kružne raskrsnice potrebno je uzeti u obzir karakteristike postojeće putne mreže okruženja (npr. postojeći tipovi/izvođenja raskrsnica i sl.), postojeće načine vođenja saobraćaja i "očekivanja korisnika" odn. učesnika u saobraćaju.

Mini kružne raskrsnice mogu se izvesti umesto postojećih "klasičnih" tro i četvorokrakih raskrsnica, čime je moguće ostvariti smanjenje broja saobraćajnih nezgoda, smanjenje kašnjenja i kolona u raskrsnici, te smanjenje brzine motornih vozila (kao samostalna mera za umirivanje saobraćaja ili u kombinaciji sa drugim merama za umirivanje saobraćaja).

Mini kružne raskrsnice mogu da se izvedu samo na onim putevima unutar naselja, gde je najveća dozvoljena brzina 50km/h (ili manja). Takođe, izmerena brzina  $V_{85}$  na priključnim pravcima mini kružne raskrsnice (unutar odstojanja od 70 m od mini kružne raskrsnice) manja od 50 km/h. U slučaju da izmerena brzina  $V_{85}$  na priključnim pravcima prelazi 50 km/h, potrebno je izvesti mini kružnu raskrsnicu zajedno sa drugim napravama i merama za umirivanje saobraćaja.

Mini kružna raskrsnica predstavlja dobro rešenje u slučaju rekonstrukcija postojećih raskrsnica (i kao "mera sanacije") u različitim okruženjima – izgrađenih, stambenih, poslovnih područja ili područja za kupovinu. Mini kružne raskrsnice su, takođe, prikladne u slučajevima rekonstrukcija postojećih raskrsnica:

- raskrsnice "nepravilnih oblika" kao što su npr. raskrsnice u obliku slova "Y", "K", "A" i "X";
- raskrsnica u obliku slova "F" i "H" (dve uzastopne "T" raskrsnice na kratkom odstojanju);

- u slučaju približno jednakog saobraćajnog opterećenja na glavnom i sporednom saobraćajnom pravcu;
- tamo gde semaforizacija nije opravdana, ali je premašen kapacitet nesemaforizovane raskrsnice;
- i u slučajevima gde je trasa glavnog saobraćajnog pravca neodgovarajuća u odnosu na postojeću geometriju raskrsnice.

Mini kružne raskrsnice nisu najprikladnije rešenje u slučajevima kada je na GP veliki udeo većih motornih vozila (teretna vozila i/ili autobusi). Izvođenje kružnih raskrsnica se ne preporučuje na važnijim linijama JGS, u industrijskim/zanatskim zonama i sl.

#### 5.3.4.2 Proračun kapaciteta mini kružnih raskrsnica

Za mini kružne raskrsnice je karakteristično da su sposobne izdržati saobraćajno opterećenje do 17.000 vozila / dan.

Detaljniji proračun kapaciteta za mini kružne raskrsnice izvodi se u odnosu na zahteve za jednostrane (male) kružne raskrsnice.

#### 5.3.4.3 Određivanje projektno-tehničkih elemenata

##### 5.3.4.3.1 Koraci u planiranju mini kružnih raskrsnica

Projektovanje mini kružne raskrsnice odvija se u sličnim koracima kao projektovanje klasične kružne raskrsnice. Projektovanje se vrši u sledećim koracima:

- spoljni prečnik;
- širina kružnog kolovoza;
- širina kolovoza ispred kružne raskrsnice;
- širina uliva u kružnu raskrsnicu;
- proširenje uliva;
- ulivni radijus;
- ulivni ugao;
- širina izliva iz kružne raskrsnice;
- izlivni radijus;
- horizontalno i vertikalno trasiranje;
- poprečni nagibi i odvodnjavanje;
- ostali elementi;
- preglednost;
- oprema;
- uređenje.

Pri projektovanju je potrebno uzeti u obzir i sledeće:

- preglednost i prepoznatljivost mini kružne raskrsnice: Za mini kružne raskrsnice je važno da vozači na vreme prepoznaju

raskrsnicu i ispravno je pređu. Moraju da budu projektovane tako, da vozila mogu pravovremeno da uspore, a po potrebi i da se zaustave i zatim bezbedno nastave sa vožnjom. Vozače moramo pomoću pravilnih dimenzija odvracati od nepravilne vožnje;

- brzina vozila: Mini kružne raskrsnice nisu projektovane za velike brzine, jer – u odnosu na svoje elemente – posledično i usporavaju saobraćaj. Očekivana brzina vozila je do 25 km/h;
- karakteristike puta;
- PGDS;
- broj krakova;
- struktura saobraćaja;
- drugi učesnici u saobraćaju;
- putni priključci, buka i vibracije.

##### 5.3.4.3.2 Zahtevane karakteristike puta

Karakteristike puta na kojoj su locirane mini kružne raskrsnice su sledeće:

- nagib terena: mini kružne raskrsnice moraju biti locirane samo na ravničarskom terenu i na terenu sa blagim nagibom – nagibi niveleta priključnih puteva do najviše 4% (kod većih nagiba, veća i teža vozila mogu da imaju teškoće pri skretanju u kružni tok);
- kategorija puta: potrebno je uzeti u obzir kategoriju puta na kojem se predviđa mini kružna raskrsnica. U odnosu na važeću kategorizaciju, izvođenje mini kružnih raskrsnica je opravdano na opštinskim putevima i regionalnim putevima;
- broj saobraćajnih traka: u mini kružnim raskrsnicama su dozvoljeni samo jednostrani ulivi i jednostrani izlivi;
- vođenje pešaka: uređenje površina za pešake (trotoari, pešački prelazi) je identično kao kod jednostranih kružnih raskrsnica (npr. izvođenje niše za čekanje vozila ispred uliva u kružnu raskrsnicu i sl.);
- vođenje biciklista: u mini kružnim raskrsnicama vodimo bicikliste na dva načina (a) sa ostalim motornim vozilima u kružnom kolovozu (bez posebnog označavanja biciklističkih površina) i (b) uz spoljašnju ivicu kružne raskrsnice (biciklističke staze uz pešački trotoar);
- javni putnički saobraćaj: mini kružne raskrsnice mogu da predstavljaju teškoću za javni putnički saobraćaj (naročito u slučajevima kada linija JGS u kružnoj raskrsnici menja smer – skretanje), zato projektanti moraju da vode računa o krivoj tragova merodavnog vozila – u ovom slučaju autobusa;
- javna rasveta: veoma je važno da mini kružne raskrsnice budu adekvatno

osvetljene, tako da vozač može i noću i u lošim vremenskim uslovima bezbedno da predvidi nastalu situaciju;

- izgrađena/neizgrađena područja: mini kružne raskrsnice se izvode u naseljima, uglavnom u izgrađenim područjima, ređe u neizgrađenim područjima.

Dodatni zahtevi / karakteristike putne mreže na kojoj su locirane mini kružne raskrsnice su sledeće:

- postojeće saobraćajne veze: mini kružne raskrsnice ne smeju da se povezuju / nadovezuju sa raskrsnicama koje predstavljaju puteve koji vode u grad i koje su uređene po principu "zelenog talasa";
- lokalne biciklističke i pešačke staze: mini kružne raskrsnice ne smemo da planiramo tamo gde se na saobraćaj motornih vozila nadovezuje jaka struja lokalnih biciklističkih i pešačkih staza, a ne smemo ih upotrebiti ni na tzv. bezbednim putevima u školu.
- linije javnog putničkog saobraćaja: po pravilu, mini kružne raskrsnice ne projektujemo na onim lokacijama gde je veliko opterećenje linijama javnog putničkog saobraćaja, jer vožnja kroz takav kružni tok može doprineti kašnjenju vozila i neudobnoj vožnji;
- područje umirivanje saobraćaja: mini kružna raskrsnica se često nadovezuje na područje na kojem želimo da umirimo saobraćaj i zato mora da bude projektovana u skladu sa tim.

#### 5.3.4.4 Horizontalno i vertikalno trasiranje

##### 5.3.4.4.1 Elementi situacionog plana

Prilikom projektovanja elemenata situacionog plana mini kružne raskrsnice potrebno je ispoštovati iste zahteve koji važe za jednostručne (male) kružne raskrsnice. Dodatnu pažnju (izuzeci) je potrebno posvetiti sledećem:

- osovine pojedinačnih krakova mini raskrsnice moraju biti vođene (izabrane) tako, da se (za svaki manevar vožnje) ostvari defleksija (promena pravca vožnje) u najmanjoj veličini  $R=60m$ ;
- veličina centralnih razdelnih ostrva i veličina (i lokacija) centralnog ostrva definiše se na osnovu iscrtanih puteva merodavnog vozila / najvećeg vozila za sve moguće manevre vožnje;
- širina kružnog kolovoza obično iznosi od 4,5 do 5,0 m;

- centralno razdelno ostrvo se izvodi u obliku kupole, pri čemu je ivica denivelisana za 3 cm, a na sredini je kupola izdignuta 10 cm, a kod većih prečnika centralnih ostrva 12 cm;
- zbog povećanja vidljivosti mini kružne raskrsnice, preporučuje se da celo centralno ostrvo bude izvedeno popločanjem (kamene/granitne kocke ili materijal sličnih osobina);
- ukoliko je centralno ostrvo izvedeno od asfalta, mora barem denivelisana ivica ostrva da bude izvedena od betonskih/kamenih kocki odn. ivičnjaka;
- razdelna ostrva mogu da budu izvedena na sledeći način:
  - u denivelisanom obliku (oivičena razdelna ostrva, pri čemu razdelno ostrvo na najužem mestu mora da bude široko min. 1,2 m – postavljanje saobraćajnog znaka II-47 i VI-8);
  - razdelno ostrvo izvedeno na isti način kao centralno ostrvo – kao pregazno ostrvo u kaldrmisanom izvođenju (ivica denivelisana za 3cm);
  - razdelno ostrvo izvedeno samo horizontalnim oznakama (površina zabrane).

##### 5.3.4.4.2 Nivelaciono vođenje, poprečni nagibi

Kao što je već spomenuto, uslov za izvođenje mini kružne raskrsnice je ravničarski teren – nagib niveleta priključnih puteva do najviše 4%.

Poprečni nagibi kolovoza priključnih puteva i kružnog kolovoza izvode se jednako kao u slučaju jednostručnih (malih) kružnih raskrsnica – sa veličinom poprečnog nagiba 2,5% ka spoljnoj ivici.

##### 5.3.4.5 Preglednost

U mini kružnim raskrsnicama se zahtevana preglednost obezbeđuje na isti način kao u jednostručnim (malim) kružnim raskrsnicama.

Zbog činjenice da centralno ostrvo kod mini kružnih raskrsnica nije denivelisano odn. ne predstavlja "vidljivu prepreku" za vozače, potrebno je pobrinuti se i za "vidljivost/perceptivnost" mini kružne raskrsnice. To se ostvaruje vođenjem priključnih krakova (defleksija), saobraćajnom signalizacijom (oznake na ulivima, boja centralnog ostrva) i izvođenjem javne rasvete (obezbeđuje se vidljivost u noćnim uslovima).



#### 5.3.4.6 Saobraćajna signalizacija

U načelu, saobraćajna signalizacija se iz opravdanih razloga upotrebljava isto kao u jednostranim (malim) kružnim raskrsnicama. Dodatno je potrebno analizirati sledeće:

- na svakom kraku ispred uliva označiti trougao upozorenja na kolovozu;
- označiti centralno ostrvo (bela oznaka odn. naizmjenično bela oznaka);
- označiti smer kretanja u kružnoj raskrsnici (ispred svakog uliva) strelicom na sredini kružnog kolovoza (strelica slična kao V-23.1, prilagođena veličini kružne raskrsnice);
- zbog pregaznosti centralnog ostrva, u centralnom ostrvu se ne postavljaju saobraćajni znaci;
- postavljanje saobraćajne signalizacije na središnjim razdelnim ostrvima na pojedinačnim kracima u mini kružnoj raskrsnici zavisi od dimenzija/izvođenja središnjih razdelnih ostrva.

#### 5.3.4.7 Saobraćajna oprema

U načelu, saobraćajna oprema se može upotrebiti na isti način kao u jednostranim (malim) kružnim raskrsnicama.

### 5.3.5 KRUŽNE RASKRSNICE SA SPIRALNIM KRUŽNIM TOKOM

#### 5.3.5.1 Karakteristike kružnih raskrsnica sa spiralnim kružnim tokom

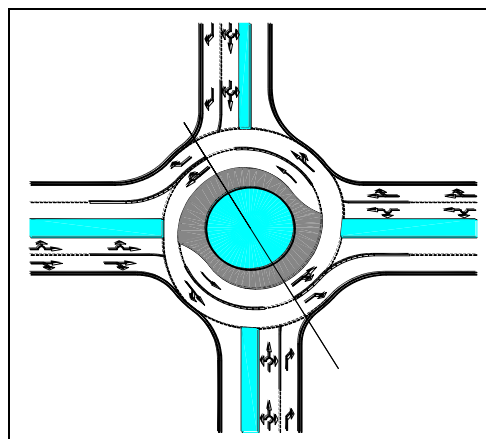
Kružna raskrsnica sa spiralnim kružnim tokom (u nastavku: turbo kružna raskrsnica) je posebna vrsta višetračne kružne raskrsnice, pri kojoj su neki saobraćajni tokovi međusobno odvojeni odn. vođeni po fizički odvojenim saobraćajnim trakama (sl. 5.3.42).

U turbo kružnoj raskrsnici su saobraćajni tokovi vođeni odvojeno još ispred uliva u kružnu raskrsnicu, razdvojene trake zauzimaju sve vreme vožnje kroz kružnu raskrsnicu, a odvojeno su saobraćajni tokovi vođeni i na izlivu iz kružne raskrsnice.

Fizička odvojenost saobraćajnih traka se prekida samo na mestima predviđenog uliva (unutrašnja kružna saobraćajna traka) u kružnu raskrsnicu. Fizičko razdvajanje se postiže elementima posebnog oblika koji ograničavaju (ali ne i sprečavaju) promenu saobraćajnih traka u kružnoj raskrsnici.

Kada se vozač na ulivu u turbo kružnu raskrsnicu odluči na kojem izlivu će napustiti kružnu raskrsnicu, odluku više nije moguće menjati. Vozač mora da izabere odgovarajuću voznu traku već na ulivu u kružnu raskrsnicu, jer ovaj tip kružne raskrsnice ne dozvoljava promenu voznih traka u kružnoj raskrsnici. Ovaj, naizgled, nedostatak je u suštini osnovna prednost turbo kružne raskrsnice, jer nema konfliktnih tačaka preplitanja. Zato su i protočnost i nivo saobraćaja u dvotračnoj turbo kružnoj raskrsnici veći nego u "običnoj" dvotračnoj kružnoj raskrsnici sa po dve ulivne i izlivne trake na svakom kraku raskrsnice.

Zbog nemogućnosti promene voznih traka u kružnom toku, potrebno je postrojiti se na odgovarajuću voznu traku još pre ulaza u raskrsnicu, a tome prikladna mora biti i saobraćajna signalizacija. Zbog toga je u turbo kružnoj raskrsnici potrebno posvetiti veliku pažnju saobraćajnoj signalizaciji.



Slika 5.3.42: Osnovni koncept raskrsnice i osa simetrije

Jedna od osobina turbo kružnih raskrsnica je i ta, da one omogućavaju velike brzine vožnje kroz raskrsnicu (velika protočnost), pa je zbog toga – u slučaju dvotračnih uliva i izliva – pešake potrebno voditi u drugom nivou (podzemni ili nadzemni prolaz) ili preko razdelnog ostrva.

Za razliku od uobičajenih kružnih raskrsnica (čije izvođenje je, po pravilu, opravdano na lokacijama sa približno istim intenzitetom saobraćajnog toka na glavnom i sporednom saobraćajnom pravcu), izvođenje turbo kružnih raskrsnica je opravdano i na raskrsnicama sa naglašenim intenzitetom saobraćajnog toka na glavnom saobraćajnom pravcu.

#### 5.3.5.2 Kriterijumi za opravdanost izvođenja turbo kružne raskrsnice

Turbo kružna raskrsnica je odgovarajuće rešenje na vanguardskim lokacijama odn. raskrsnicama.

Turbo kružna raskrsnica u gradskom okruženju je samo uslovno odgovarajuće rešenje. U slučaju da se razmišlja o kružnoj raskrsnici sa dve ulivne i dve izlivne trake, koja treba da bude locirana u gradskom okruženju, potrebno je najpre pristupiti rešavanju saobraćajno bezbednog vođenja nemotorizovanih učesnika u saobraćaju.

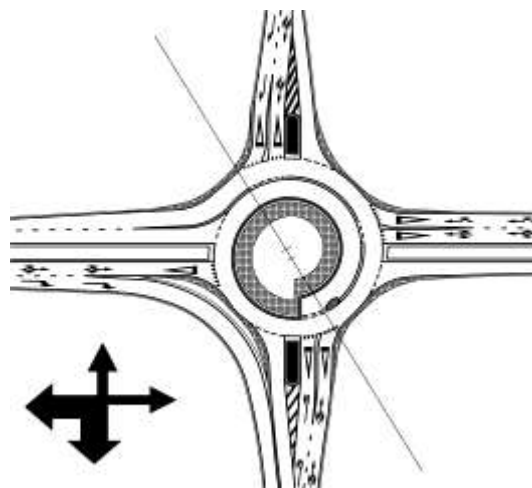
Turbo kružna raskrsnica je uslovno odgovarajuće rešenje kod:

- postojećih, saobraćajno preopterećenih jednotračnih kružnih raskrsnica, čija veličina (spoljašnji poluprečnik) omogućava izvođenje dodatne kružne trake prema unutra (bolje rešenje), ili

postoji prostor za izvođenje još jedne kružne trake ka spolja (donekle lošije odn. skuplje rešenje),

- postojećih saobraćajno preopterećenih dvotračnih kružnih raskrsnica,
- postojećih saobraćajno manje bezbednih dvotračnih kružnih raskrsnica,
- rekonstrukcija klasične površinske raskrsnice sa preovlađujućim glavnim saobraćajnim pravcem sa velikim intenzitetom saobraćajnog toka.

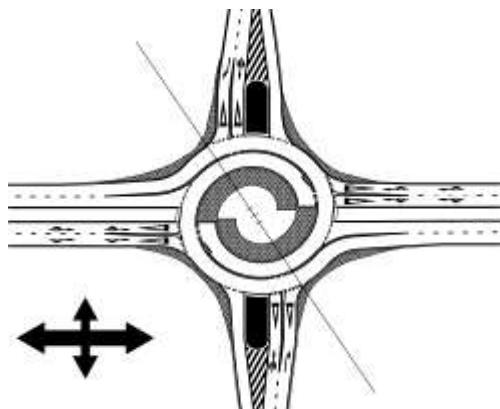
Kod svih nabrojanih slučajeva, od preovlađujućeg glavnog pravca zavisi i izbor tipa kružne raskrsnice sa spiralnim kružnim tokom.



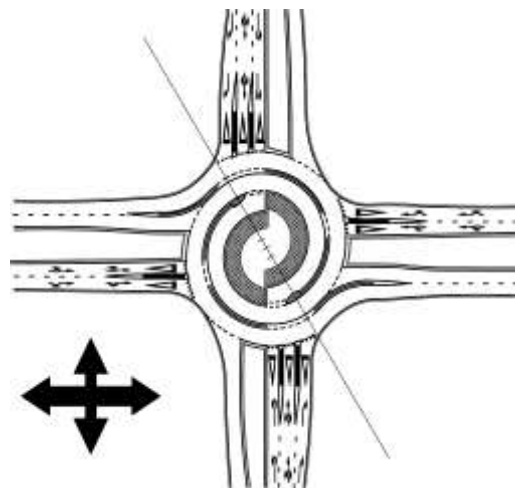
Slika 5.3.45: KOLENASTI

### 5.3.5.3 Tipologija turbo kružnih raskrsnica

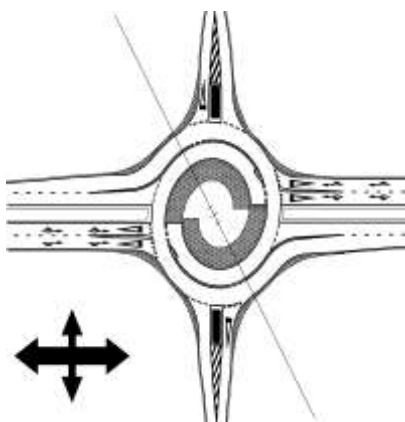
Izbor tipa turbo kružne raskrsnice zavisi od preovlađujućeg glavnog saobraćajnog pravca. Poznajemo više tipova turbo kružnih raskrsnica (slika 5.3.43 - 5.3.49).



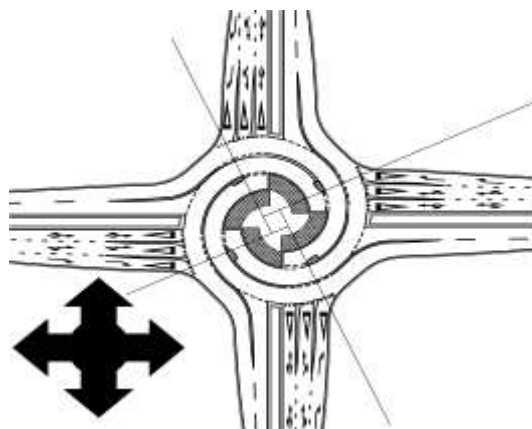
Slika 5.3.43: STANDARDNI



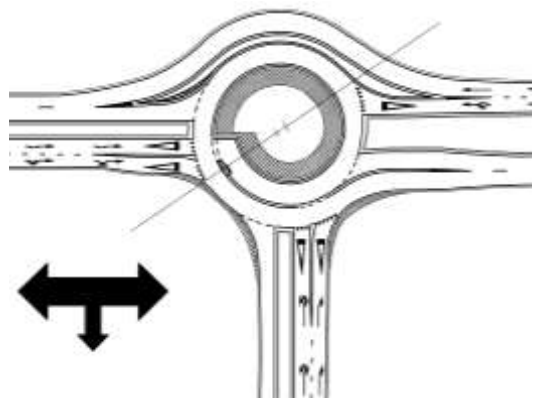
Slika 5.3.46: SPIRALNI



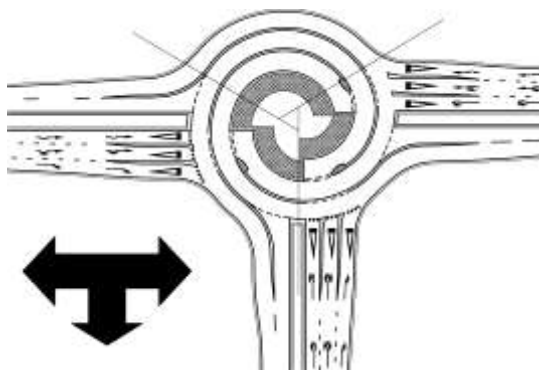
Slika 5.3.44: JAJOLIKI



Slika 5.3.47: TURBINA



Slika 5.3.48: RAZVUČEN KOLENASTI (TROKRAKI)



Slika 5.3.49: ZVEZDASTI (TROKRAKI)

### 5.3.5.4 Uslovi saobraćajne bezbednosti u turbo kružnim raskrsnicama

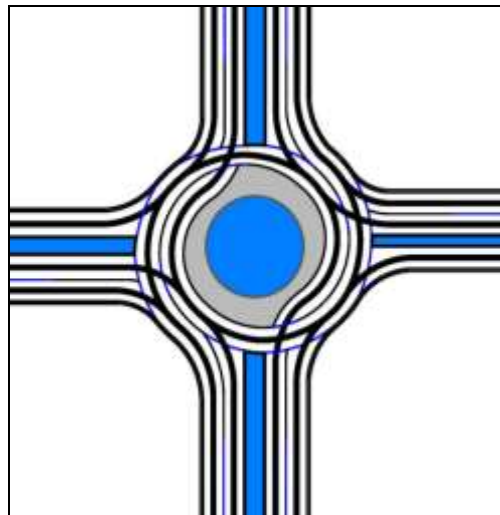
#### 5.3.5.4.1 Saobraćajna bezbednost motorizovanih učesnika

Glavna prednost turbo kružne raskrsnice u poređenju sa "običnom" dvotračnom kružnom raskrsnicom sa dvotračnim ulivima i izlivima je:

- manji broj konfliktnih tačaka ukrštanja: koji je ostvaren smanjenjem broja ukršnih saobraćajnih tokova,
- eliminacija konfliktnih tačaka preplitanja na kružnom kolovozu: koja je ostvarena odvojenim vođenjem pojedinačnih saobraćajnih struja.

Prednost turbo kružne raskrsnice je, da nema preplitanja u kružnom kolovozu i to na kratkom rastojanju između jednog uliva i sledećeg izliva. To ne doprinosi samo udobnosti vožnje, već i višem nivou saobraćajne bezbednosti. Ova poslednja činjenica važi i u slučaju kada su svi izlivi dvotračni. Turbo kružna raskrsnica ima u takvom slučaju 10 konfliktnih tačaka na

kružnom kolovozu i 2 preplitanja van kružnog kolovoza (ukupno 12) (sl. 7.2). Slično važi i u slučaju dvotračnih izliva i uliva, nema konfliktnih deonica, a broj konfliktnih tačaka je dosta manji nego kod "običnih" dvotračnih kružnih raskrsnica.



Slika 5.3.50: Konfliktna tačke u turbo kružnoj raskrsnici sa dvotračnim ulivima i po dva para dvotračnih i dvotračnih izliva (4 presecanja, 6 preplitanja i 4 odvajanja)

#### 5.3.5.4.2 Saobraćajna bezbednost nemotorizovanih učesnika

Saobraćajnoj bezbednosti nemotorizovanih učesnika u saobraćaju je u turbo kružnim raskrsnicama potrebno posvetiti veliku pažnju, pre svega zbog relativno velikih brzina koje motorizovani učesnici u saobraćaju dostižu u ovoj vrsti kružnih raskrsnica.

Obezbeđivanju saobraćajne bezbednosti nemotorizovanih učesnika u saobraćaju u turbo kružnim raskrsnicama pristupa se na više načina, a pre svega:

- kontrolom brzine na ulivima i izlivima,
- izvođenjem samo jedne saobraćajne trake na izlivu,
- razdvajanjem ulivnih i izlivnih saobraćajnih traka razdelnim ostrvom,
- zamaknutim prelazom za pešake i bicikliste na ulivu i izlivu,
- vođenjem nemotorizovanih učesnika u saobraćaju u drugom nivou.

Uliv i izliv iz turbo kružne raskrsnice moraju biti izvedeni sa takvim elementima, da brzina vožnje ne prelazi brzinu 30-35 km/h. Postupak vršenja kontrole brzine je detaljnije obrađen u jednom od narednih poglavlja.

Po pravilu, brzina na ulivu u turbo kružnu raskrsnicu se "guši", a na izlivu "oslobađa". To prouzrokuje relativno niske brzine na ulivu i nešto veće na izlivu, zbog čega je, za nemotorizovane učesnike u saobraćaju, saobraćajno opasniji izliv od uliva. U slučaju da je to sa stanovišta propusne moći prihvatljivo, na izlivu se izvodi samo jedna saobraćajna traka.

Razdvajanje ulivnih i izlivnih saobraćajnih traka razdelnim ostrvom vrši se u slučaju, kada sa stanovišta propusne moći nije prihvatljivo da se na ulivu/izlivu izvede samo jedna saobraćajna traka i kada imamo za izvođenje razdelnog ostrva dovoljno prostora na raspolaganju.

Zamaknuti prelaz za pešake i bicikliste na ulivu i izlivu može da se upotrebi samo u izuzetnim slučajevima, kada nije moguće upotrebiti nijedno od gorenavedenih rešenja. Zamaknuti prelaz projektovan je tako da sprečava velike brzine biciklista prilikom prelaženja, zamicanjem biciklističkog prelaza na području razdelnog ostrva za širinu dvosmerne biciklističke staze i odmicanjem ka spolja iz ušća kružne raskrsnice za približno 10m (sl. 5.3.51).



Slika 5.3.51: Primer prelaza za bicikliste preko kraka turbo kružne raskrsnice u Holandiji

Pri takvom prelaženju kraka sa zamaknutom biciklističkom stazom, biciklistima je na razdelnom ostrvu pre prelaženja kraka potrebno oduzeti prednost!

### 5.3.5.5 Proračun kapaciteta turbo kružne raskrsnice

#### 5.3.5.5.1 Opšte

Metode proračuna propusne moći obrađuju kružnu raskrsnicu kao redosled trokrakih T raskrsnica odn. priključaka na jednosmerni kružni put i zasnovani su na teoriji vremenskih praznina.

Pod pojmom propusne moći odn. kapaciteta kružne raskrsnice misli se na maksimalan broj vozila koji u određenom vremenskom intervalu može da pređe kružnu raskrsnicu, nezavisno od vremena čekanja. To je teorijska vrednost ( $C_R$ ), koja mora biti jednaka ili veća od zbira opterećenja saobraćajnog toka u kružnom toku na mestu uliva ( $I_{RU}$ ) i opterećenja saobraćajnog toka na ulivu ( $I_U$ ), čiji saobraćajni tokovi se udružuju u konfliktnoj tački (x) na ulivu u kružnu raskrsnicu.

$$C_R \geq I_K$$

$$I_K = I_{RU} + I_U$$

gde je:

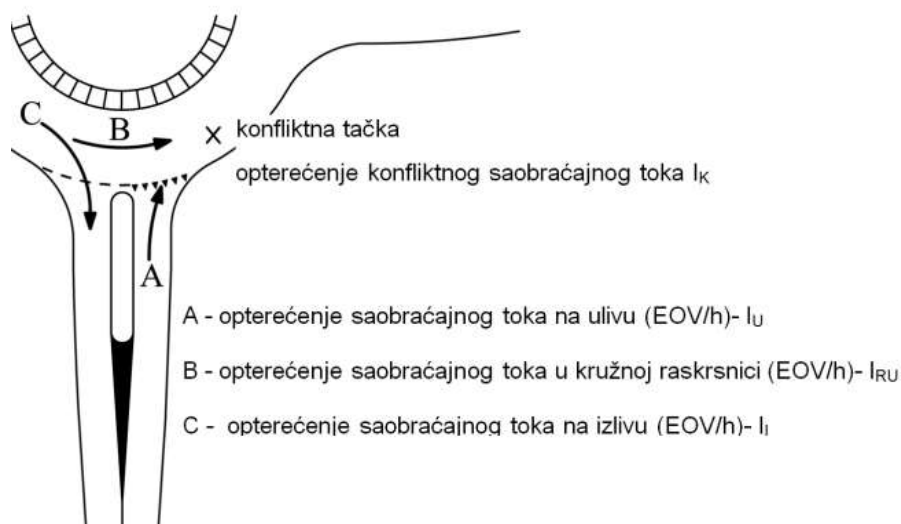
$C_R$  - teorijska vrednost kapaciteta kružne raskrsnice

$I_K$  - opterećenje konfliktnog saobraćajnog toka u konfliktnoj tački x

$I_{RU}$  - opterećenje saobraćajnog toka u kružnoj raskrsnici na mestu uliva

$I_U$  - opterećenje saobraćajnog toka na ulivu

Konfliktna tačka merodavna za određivanje propusne moći kružne raskrsnice, na slici 5.3.52 je prikazana saobraćajnim tokovima A i B.



Slika 5.3.52: Konfliktna tačka x, merodavna za određivanje propusne moći kružne raskrsnice

Praktičan kapacitet kružne raskrsnice je kapacitet u realnim uslovima. To je maksimalna količina saobraćaja koju može da primi kružna raskrsnica pri uspostavljenom graničnom vremenu čekanja. Prosečno uspostavljeno granično vreme čekanja, koje su u Holandiji uveli pri određivanju kapaciteta turbo kružnih raskrsnica, je:

- za saobraćaj motorizovanih učesnika 50 sekundi
- za saobraćaj biciklista 5 sekundi.

Pošto saobraćajni tok na ulivu u kružnu raskrsnicu ustupa prednost saobraćajnom toku u kružnoj raskrsnici, konflikt na spoju ulivnog kraka i kružnog kolovoza je merodavan za određivanje kapaciteta kružne raskrsnice.

Kapacitet uliva ( $C_U$ ) zavisi od opterećenosti saobraćajnog toka u kružnom toku na mestu uliva u kružnu raskrsnicu i od opterećenosti saobraćaja na ulivu, korigovane konfliktnim koeficijentom korekcije (pri čemu se pod ulivom i izlivom misli na jedan isti priključni put).

Konfliktni faktor korekcije je faktor kojim se opterećenje izlivnog saobraćajnog toka redukuje u odnosu na mogući konfliktni saobraćaj. Pod mogućim konfliktnim saobraćajem odn. konfliktnim opterećenjem saobraćajnog toka podrazumeva se saobraćajni tok u kružnoj raskrsnici koji neposredno pre izliva i nenajavljeno skreće desno odn. napušta kružnu raskrsnicu. Ulivni saobraćajni tok nije u konfliktu sa ovim saobraćajnim tokom koji skreće desno, ali

ponašanje vozila koja čine taj saobraćajni tok koji skreće desno, utiče na dužinu vremena čekanja na ulivu u kružnu raskrsnicu. Mogući konfliktni saobraćaj je u slici 7.4 označen sa C.

Provera propusne moći kružne raskrsnice može da se odredi na osnovu empirijskih (iskustvenih) podataka (tabela 7.1) ili pomoću analitičkih i simulacionih modela.

#### 5.3.5.5.2 Analitički modeli za proračun propusne moći višetračnih kružnih raskrsnica

Za proračun propusne moći višetračnih kružnih raskrsnica (među njima i turbo kružnih raskrsnica) koriste se dve vrste analitičkih modela.

Prvi model se zasniva na teoriji saobraćajnog toka, gde se pretpostavlja da saobraćajna moć uliva zavisi od propusne moći kružećeg saobraćajnog toka i mogućeg konfliktnog saobraćajnog toka neposredno ispred izliva iz kružne raskrsnice (pogledajte sl. 7.4). U zavisnosti od upotrebljenog modela/obrasca, odnos između propusne moći uliva i opterećenja kružnog saobraćajnog toka može da bude linearan ili ekspancijalan, dok je propusna moć uslovljena geometrijskim karakteristikama kružne raskrsnice.

Druga vrsta analitičkih modela za proračun propusne moći višetračnih kružnih raskrsnica se zasniva na teoriji vremenskih praznina u saobraćajnom toku, gde se posmatra interakcija dva saobraćajna toka. Propusna

moć uliva određuje se na osnovu raspoloživih vremenskih praznina u kružnom saobraćajnom toku i iskorišćenosti tih vremenskih praznina od strane saobraćajnog toka na ulivu. Parametri koji određuju tu interakciju su: minimalna vremenska praznina (minimalno odstojanje (headway) u kružnom saobraćajnom toku, prosečno vreme čekanja na ulivu i kritična vremenska praznina (minimalno kritično vreme (gap time)).

Analitički modeli koji se najčešće koriste za izračunavanje propusne moći višetračnih kružnih raskrsnica po teoriji saobraćajnog toka, zasnivaju se na obrascima Bovy-a i Brilona, a po teoriji vremenskih praznina po obrascima Hagringa, Fiska, Tannera i Troutbecka.

Analitički modeli za proračun propusne moći turbo kružnih raskrsnica zasnivaju se na modifikovanim obrascima Bovy-a i Hagringa. Modifikacije su izvedene na osnovu holandskih eksperimenata, izvedenih u realnom okruženju.

#### 7.5.2.1 Modifikovan Bovy-ev obrazac

Izvorni Bovy-ev obrazac je:

$$L_e = \frac{(1500 - 8/9 * (\beta * M_K + \alpha * M_A))}{\gamma}$$

gde je:

- $L_e$  - kapacitet uliva [EOV/h]
- $M_K$  - opterećenje kružnog saobraćajnog toka [EOV/h]
- $M_A$  - opterećenje saobraćajnog toka na izlivu [EOV/h]
- $\alpha$  - faktor ulivnog saobraćajnog toka u poređenju sa izlivnim [-]
- $\beta$  - faktor broja saobraćajnih traka u kružnom toku [-]
- $\gamma$  - faktor broja saobraćajnih traka na ulivima [-]

Modifikovan Bovy-ev obrazac za izračunavanje propusne moći turbo kružnih raskrsnica glasi.

$$C_n = 1550 - 8/9 * (\beta * (q_x + q_y + q_z) + \alpha_{nru} (f_k * q_k + f_l * q_l + q_m) + \alpha_{nri} ((1 - f_k) * q_k + (1 - f_l) * q_l))$$

gde je:

- $C_n$  - kapacitet uliva [EOV/h]

- $B$  - faktor broja saobraćajnih traka na kružnom kolovozu [-]

$q_x + q_y + q_z$  - opterećenje kružnih saobraćajnih tokova ispred uliva u kružnu raskrsnicu [EOV/h]

$\alpha_{nru}$  - faktor smanjenja "uticaja" izlivnog saobraćajnog toka (uticaj spoljašnjeg izlivnog toka na desni/levi ulivni saobraćajni tok) [-]

$\alpha_{nri}$  - faktor smanjenja "uticaja" izlivnog saobraćajnog toka (uticaj unutrašnjeg izlivnog toka na desni/levi ulivni saobraćajni tok) [-]

Osnovne karakteristike modifikovane Bovy-eve metode su: kapacitet za svaku saobraćajnu traku na ulivu se računa odvojeno, a kapacitet pojedinačnog uliva je zbir kapaciteta pojedinačnih saobraćajnih traka na tom ulivu i povećanje maksimalnog teorijskog kapaciteta saobraćajne trake na ulivu sa 1500 voz/h na 1550 voz/h.

Uprkos njegovoj jednostavnosti, Bovy-ev obrazac daje korektne rezultate. Obrazac se smatra jednostavnim zato, što se zasniva na geometriji kružne raskrsnice i linearnoj raspodeli rezultata.

Propusnu moć leve trake na ulivu u dvotračnu turbo raskrsnicu nije moguće izračunati po linearnoj raspodeli intenziteta!

#### 7.5.2.2 Modifikovan Hagringov obrazac

Hagringov obrazac za izračunavanje propusne moći zasniva se na eksponencijalnoj raspodeli saobraćaja na kružnom kolovozu. Prosečno vreme čekanja na ulivu i kritična vremenska praznina se određuju odvojeno, za svaku traku posebno. Izvedeno je i iz pretpostavke da su obe minimalne vremenske praznine kod obe trake u kružnom toku jednake.

Osnovna jednačina za propusnu moć dvotračne turbo kružne raskrsnice po Hagringu je:

$$C_{E,j} = 3600 \cdot \Lambda \cdot \prod_{j=1}^n \frac{\varphi_j \cdot q_{RS,j}}{\lambda_j} \cdot \frac{e^{-\sum \lambda_k \cdot t_{Cj,k}}}{e^{-\Lambda \cdot t_M} \cdot \left(1 - e^{-\sum \lambda_m \cdot t_{Fj,m}}\right)}$$

$$q_{RS} = q_R + d_{E,S} \cdot q_S$$

$$\lambda_j = \frac{\varphi_j \cdot q_{RS,j}}{1 - t_M \cdot q_{R,j}}$$

$$\varphi = 1 - t_M \cdot q_R$$

gde je:

- $C_{E,j}$  - kapacitet trake 'j' na ulivu [EOV/h]



$$\Lambda = \sum_{j=1}^n \lambda_j$$

$$n = 2$$

d - konfliktni faktor

$q_R$  - opterećenje saobraćajnog toka u traci 'j' u kružnoj raskrsnici [EOV/h]

$t_{Cj,k}$  - kritična vremenska praznina u traci 'j' (minimalno kritično vreme (gap time)) [sec]

$t_{Fj,m}$  - prosečno vreme čekanja na ulivu u traci 'j' [sec]

$t_M$  - minimalna vremenska praznina (minimalno odstojanje (headway)) u kružnom saobraćajnom toku [sec]

$\lambda$  - faktor uticaja opterećenja saobraćajnog toka na vremensku prazninu [-]

$\varphi$  - faktor odnosa slobodnih vozila u kružećem saobraćajnom toku [-]

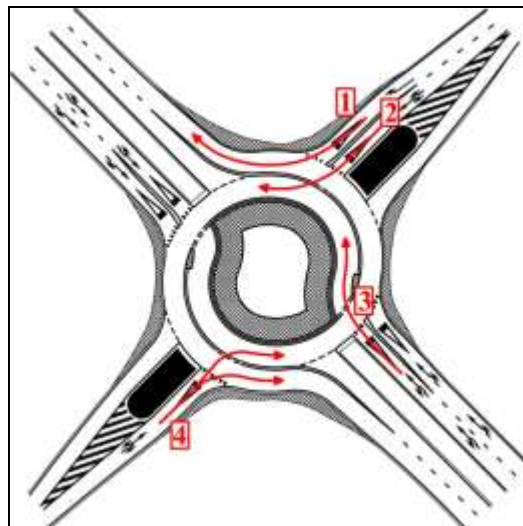
$q_{RS} = q_R + d^* q_S$  - opterećenje kružećeg saobraćajnog toka, zaključno sa opterećenjem konfliktnog saobraćajnog toka [EOV/h]

Na osnovu osnovnog Hagringovog obrasca razvijena je i jednačina za izračunavanje propusne moći samo leve trake na ulivu. Kod ulivnog saobraćajnog toka u levoj traci, u turbo kružnoj raskrsnici su moguće dve situacije.

Kod prve situacije ulivni saobraćajni tok preseca saobraćajni tok na spoljašnjoj kružnoj voznoj traci i uliva se u saobraćajni tok na unutrašnjoj kružnoj voznoj traci (situacija 2 na slici 5.3.53). U tom slučaju ulivni saobraćajni tok koristi vremenske praznine na oba kružeća toka.

Kod druge situacije, ulivni saobraćajni tok samo preseca saobraćajni tok na spoljašnjoj traci (situacija 3 na slici 5.3.53). U tom slučaju ulivni saobraćajni tok koristi samo vremenske praznine na spoljašnjem kružećem toku.

Proračun propusne moći desne trake na ulivu određuje se osnovnim Hagringovim obrascem (situacija 1 na slici 5.3.53). Ulivni saobraćajni tok na jednostranom ulivu je na slici 5.3.53 prikazan kao situacija 4.



Slika 5.3.53: Situacija u dvotračnoj turbo kružnoj raskrsnici

Parametri koji se koriste pri izračunavanju propusne moći po Hagringovoj metodi, prikazani su u tabeli 5.3.7.

Tabela 5.3.7: Parametri za izračunavanje propusne moći po Hagringovoj metodi

	Situacija 1	Situacija 2	Situacija 3
$t_c$		3,0	
$t_c$	3,0	3,2	2,9
$t_F$	2,0	2,0	2,0
$t_M$	1,9	1,9	1,9

#### 5.3.5.5.3 Izračunavanje pomoću programskih alata

Simulacija saobraćajnih tokova se sve više ustaljuje u svakodnevnoj praksi na području izrade saobraćajnih studija i postaje neizostavan sastavni deo svake projektne dokumentacije, koja se odnosi na rekonstrukciju ili novogradnju samostalnih raskrsnica ili sistema raskrsnica. Simulacione metode možemo podeliti na makroskopske i mikroskopske. Mikroskopski modeli modeliraju posebno svako individualno vozilo, pešaka i biciklistu, sa realnim karakteristikama (dimenzije, ubrzanje, usporenje, brzina kretanja...). Modeli predstavljaju inženjerski alat koji je usredsređen na same raskrsnice (veoma detaljna obrada geometrije) i koji se koristi za analizu vršnih saobraćajnih tokova u kraćem planskom periodu.

U fazi izrade pilot projekata se, između računarskim alatkama za modelovanje posebnih vrsta kružnih raskrsnica, VISSIM



pokazao kao veoma prikladna alatka za proračune kapaciteta. Programska alatka VISSIM predstavlja stohastički, diskretan, vremenski orijentisan mikroskopski simulacioni model. Koristi psiho-fizičke karakteristike tzv. "car following" modela za longitudinalna kretanja vozila i algoritme koji se zasnivaju na pravilima vožnje za vozila koja se uključuju sa sporednih pravaca. Matematički model je koncipiran na ideji koja proizlazi iz teorije Wiedemanna. Osnovna ideja Wiedemannovog modela je predstavljena preko pretpostavke da se svaki vozač može naći u jednoj od sledećih situacija:

- vožnja u slobodnom saobraćajnom toku (bez uticaja ostalih vozila),
- dolazna vožnja (proces prilagođavanja brzine vozilu koje vozi ispred vozila),
- vožnja sleđenja (vozač održava konstantno odstojanje do vozila ispred njega bez ubrzavanja ili kočenja),
- kočenje (primenjuje se kada sigurnosno rastojanje padne ispod donje granice).

Značajno za programski paket VISSIM je, da ne koristi konvencionalan način i *link/node* modularni sistem, već *link/connector* sistem, koji projektantu omogućava modelovanje veoma kompleksnih geometrija raskrsnica.

Na osnovu digitalnog orto-foto snimka (DOF) i isečka iz projekta rekonstrukcija ili novogradnje, u prvom koraku se, uz pomoć vrste veza (*links & connectors*) izradi matematički model obične i/ili turbo kružne raskrsnice.

U drugom koraku sledi kalibracija mikroskopskog modela. Programski alat VISSIM sadrži veliki broj simulacionih parametara koji mogu da utiču na rezultate simulacije (osobine mreže, vozila, vozača...), u procesu kalibracije je potrebno usredsređivanje na parametre koji su u VISSIM-u definisani u tzv. pravilima prednosti (*Priority Rules*). U samim parametrima se određuju pravila vožnje, minimalno kritično vreme (vreme reakcije vozača) i minimalno odstojanje (*headway*). VISSIM određuje oduzimanje prednosti određenom učesniku u saobraćaju pomoću postavljanja pravila o prednosti (*Priority Rules*). U zavisnosti od uslova na konfliktnom području, pojedinac se odlučuje da li će nastaviti put, odnosno sačekati na odgovarajuće saobraćajne uslove. Uvek mora na označenom mestu pre nastavka putovanja da proveriti oba unapred određena uslova (minimalno odstojanje (*min headway*) i minimalno kritično vreme (*gap time*)). Jednoj stop liniji (*stop line – red*) može

da pripada i više označenih mesta (*conflict marker - green*).

Koriste se različita kritična vremena (*gap time*) za različite kategorije vozila. U modelu je potrebno uzeti u obzir činjenicu, da unutrašnja traka u kružnoj raskrsnici postaje za učesnike sve atraktivnija.

Za pravilnu analizu i vrednovanje parametara kapaciteta, potrebno je prikupiti saobraćajne karakteristike i rezultate "real-time" simulacije.

Vrednovanje uspešnosti analizirane geometrije ima smisla izvesti na osnovu sledećih kriterijuma: prosečnog kašnjenja po vozilu [*s*] (uzimajući u obzir sve tipove vozila), prosečne zastoje dužine [*m*] i maksimalne zastoje dužine [*m*]. Pri tom je veoma važna i činjenica da se kod mikrosimulacije može vizuelno posmatrati odvijanje saobraćajnih tokova.

U slučajevima gde možemo očekivati i pešake i bicikliste na području uliva i izliva, potrebno je uzeti u obzir njihov uticaj na propusnu moć, odnosno vrednovati je u mikrosimulaciji.

### 5.3.5.6 Određivanje projektno-tehničkih elemenata

Geometrijski oblik turbo kružne raskrsnice se formira pomoću tzv. "turbo bloka". To je blok ili skup svih potrebnih poluprečnika koje je potrebno na određen način zarotirati i na taj način dobiti vozne linije odn. saobraćajne trake.

#### 5.3.5.6.1 Veličina poluprečnika turbo kružne raskrsnice

Veličinu poluprečnika turbo kružne raskrsnice i širinu kružne saobraćajne trake je potrebno izabrati tako, da brzina prelaženja kružne raskrsnice bude manja ili jednaka 40 km/h. Izabran geometrijski oblik je obavezno potrebno proveriti sa stanovišta brzine prelaženja vozila preko raskrsnice.

Preporučene dimenzije tipskih turbo kružnih raskrsnica su date u tabeli 5.3.8.

Tabela 5.3.8: Preporučene dimenzije tipskih turbo kružnih raskrsnica po veličini

ELEMENTI TURBO KRUŽNE RASKRSNICE				
Element	Mini	Standardna	Srednja	Velika
R <sub>1</sub>	10.50	12.00	15.00	20.00
R <sub>2</sub>	15.85	17.15	20.00	24.90
R <sub>3</sub>	16.15	17.45	20.30	25.20
R <sub>4</sub>	21.15	22.45	25.20	29.90
r <sub>1</sub>	10.95	12.45	15.45	20.45
r <sub>2</sub>	15.65	16.95	19.80	24.70
r <sub>3</sub>	16.35	17.65	20.50	25.40
r <sub>4</sub>	20.70	22.00	24.75	29.45
B <sub>v</sub>	5.00	5.00	4.90	4.70
B <sub>u</sub>	5.35	5.15	5.00	4.90
b <sub>v</sub>	4.35	4.35	4.25	4.05
b <sub>u</sub>	4.70	4.50	4.35	4.25
D <sub>v</sub>	5.75	5.35	5.15	5.15
D <sub>u</sub>	5.05	5.05	4.95	4.75

Za turbo kružne raskrsnice standardne veličine (druga kolona u tabeli 7.2) preporučljive su dimenzije navedene u tabeli 5.3.9. Poluprečnici su označeni na slici 5.3.54.

Tabela 5.3.9: Dimenzije turbo kružne raskrsnice standardne veličine

Poluprečnik unutrašnje ivice pregaznog dela centralnog ostrva (minimalna širina pregazne površine 2,50 m, preporučeno 4,0-5,0 m)	R <sub>0</sub> = 9,50 m
Poluprečnik unutrašnje ivice kolovoza (unutrašnje trake)	R <sub>1</sub> = 12,00m
Poluprečnik spoljašnje ivice kolovoza (unutrašnje trake), istovremeno ivica 30 cm širokog razdelnog ostrva	R <sub>2</sub> = 17,15m
Poluprečnik unutrašnje ivice kolovoza (spoljašnje trake), istovremeno ivica 30 cm širokog razdelnog ostrva	R <sub>3</sub> = 17,45m
Poluprečnik spoljašnje ivice kolovoza (spoljašnje trake)	R <sub>4</sub> = 22,45m

Ukoliko se kod turbo kružne raskrsnice standardne veličine upotrebi holandski metod izvođenja horizontalne signalizacije, potrebno je u kružnoj raskrsnici sa spiralnim kružnim tokom formirati i poluprečnike tih linija (tabela 5.3.10).

Tabela 5.3.10: Dimenzije poluprečnika horizontalnih oznaka

Poluprečnik unutrašnje ivice (na voznoj strani) ivične linije širine 0,15 m (ukupna ivična traka 0,45 m)	r <sub>1</sub> = 12,45 m
Poluprečnik unutrašnje ivice (na voznoj strani) ivične linije uz 30 cm široko razdelno ostrvo, širine 0,10 m (ukupna ivična traka 0,20 m)	r <sub>2</sub> = 16,95 m
Poluprečnik unutrašnje ivice (na voznoj strani) ivične linije uz 30 cm široko razdelno ostrvo, širine 0,10 m (ukupna ivična traka 0,20 m)	r <sub>3</sub> = 17,65 m
Poluprečnik unutrašnje ivice (na voznoj strani) ivične linije širine 0,15 m (ukupna ivična traka 0,45 m)	r <sub>4</sub> = 22,00 m

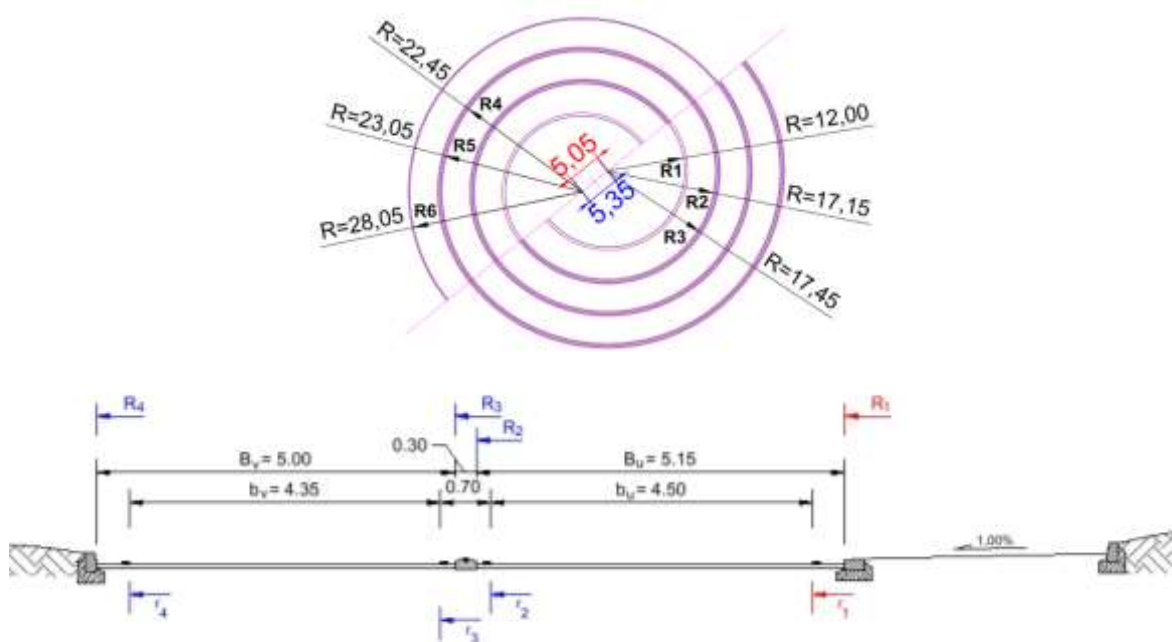
Širina asfaltne površine unutrašnje kružne saobraćajne trake je B<sub>u</sub>=5,15m, a spoljašnje B<sub>v</sub> = 5,00 m.

Širine između ivičnih linija su b<sub>u</sub> = 4,50 m i b<sub>v</sub> = 4,35 m.

Rastojanje između spoljašnjih tačaka ose translacije je D<sub>v</sub> = 5,35 m, a između unutrašnjih tačaka je D<sub>u</sub>=5,05 m.

Poluprečnici su izabrani tako da se ivične linije priključuju jedna na drugu.

U slučaju kada je turbo kružna raskrsnica trotračna (a ne dvotračna), po analogiji se izračunavaju i R5 i R6.



Slika 5.3.54: Elementi i dimenzije turbo kružne raskrsnice standardne veličine

#### 5.3.5.6.2 Zavisnost širine kružne vozne trake od veličine poluprečnika kružne raskrsnice

Što su manji poluprečnici kružne raskrsnice, veće su širine voznih traka. Širina kružne vozne trake je u funkciji poluprečnika i merodavnog vozila.

Širina kružne vozne trake mora omogućavati kritičan manevar (obično je to skretanje za  $270^{\circ}$ ) merodavnog vozila. Merodavno vozilo je obično sedlasti tegljač, dužine 16,5 m.

Pri izvođenju kritičnog manevra, merodavno vozilo ne sme koristiti pregazni deo centralnog ostrva i 30 cm široku razdelnu traku (element za sprečavanje preplitanja) između dve kružne saobraćajne trake, ali može da upotrebi početni deo ("šiljak") elementa za sprečavanje preplitanja.

Povećanjem poluprečnika se zahtevana širina kružne saobraćajne trake smanjuje. Upotreba širine kružne saobraćajne trake koja je veća od 5,25 m, po holandskim smernicama se ne savetuje.

Kontrola prikladnosti širine kružne saobraćajne trake izvodi se i argumentuje jednim od računarskih alata za iscrtavanje krive tragova i pokrivena površine za kritični manevar.

#### 5.3.5.6.3 Poluprečnici ulivnih i izlivnih radijusa

Poluprečnici ulivnih i izlivnih radijusa se biraju u zavisnosti od veličine turbo kružne raskrsnice, merodavnog vozila i željene brzine. Poluprečnici ulivnih i izlivnih radijusa moraju da budu u odgovarajućoj srazmeri.

Poluprečnik ulivnog radijusa mora biti uvek manji od poluprečnika izlivnog radijusa.

Poluprečnik ulivnog radijusa u turbo kružnu raskrsnicu ne treba da bude manji od  $R_U = 12$  m. Poluprečnik izlivnog radijusa ne treba da bude manji od  $R_I = 15$  m i ne veći od najvećeg poluprečnika kružne raskrsnice.

Kontrola prikladnosti izabranih dimenzija izvodi se i argumentuje jednim od računarskih alata za iscrtavanje krive tragova i pokrivena površine za kritičan manevar.

Pri kontroli prikladnosti izabranih dimenzija, vozna linija na ulivu u unutrašnju kružnu traku treba da se izvede sa poluprečnikom  $R=20,0$ m, a na ulivu u spoljašnju traku sa poluprečnikom  $R=12,0$  m.

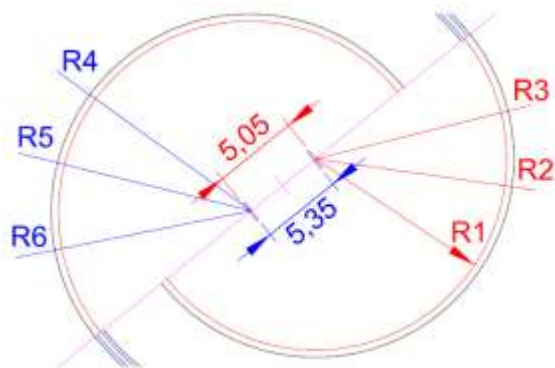
#### 5.3.5.6.4 Određivanje položaja centara kružnih lukova spoljašnjih radijusa

Geometrijski oblik turbo kružne raskrsnice se formira pomoću tzv. "turbo bloka". To je blok ili skup svih potrebnih poluprečnika koje je potrebno na određen način zarotirati i na taj način dobiti vozne linije odn. saobraćajne trake.

"Turbo blok" sadrži (osim svih poluprečnika) i tzv. translatornu osovину. Translatorska osovina je osa po kojoj se izvodi pomeranje (rotiranje) određenih poluprečnika.

Pomeranje (rotiranje) poluprečnika zavisi od širine kružne saobraćajne trake i lokacije ivica.

Razmak između spoljašnjih tačaka translatorske ose je, u slučaju turbo kružne raskrsnice standardne veličine, dimenzija 5,35 m, a između unutrašnjih tačaka 5,05 m (sl. 5.3.55).

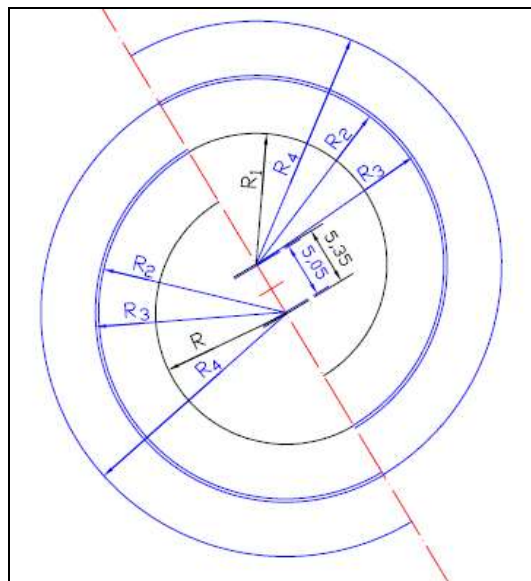


Slika 5.3.55: Razmak između spoljašnjih tačaka translatorske ose

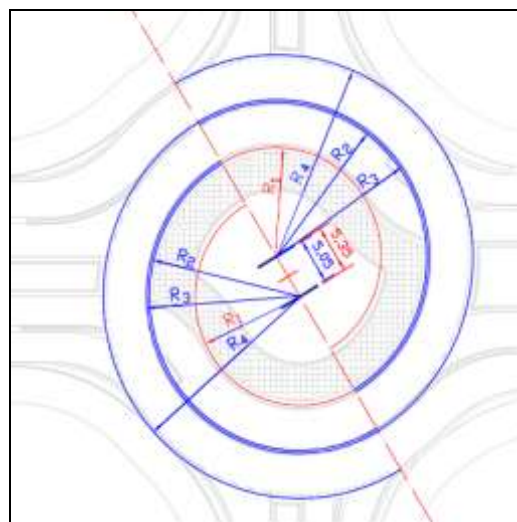
Poluprečnici moraju biti izabrani tako, da se ivične linije nadovezuju jedna na drugu pri kreiranju spiralnog toka. Pri konstrukciji "turbo bloka", poluprečnici R1 i R4 se kreiraju iz tačaka na rastojanju  $D_v=5,35$  m, a poluprečnici R2 i R3 iz tačaka na rastojanju  $D_u=5,05$  m. Takva konstrukcija omogućava da kružnica poluprečnika R1 prelazi u kružnicu poluprečnika R2 na jednoj strani translatorske ose (sl. 5.3.56). Na drugoj strani translatorske ose, kružnica poluprečnika R2 prelazi u kružnicu poluprečnika R4.

Središte "turbo bloka" je potrebno tako pozicionirati, da se omogući radijalno priključivanje svih uliva u turbo kružnu raskrsnicu.

Na slici 5.3.57 su, radi lakšeg razumevanja, poluprečnici R1 i R3 iscrtani u crvenoj, a R2 i R3 u plavoj boji.



Slika 5.3.56: Određivanje položaja centara kružnih lukova



Slika 5.3.57: Konstruisanje turbo kružne raskrsnice sa "turbo blokom"

#### 5.3.5.6.5 Položaj translatorske ose i kontrola položaja "turbo bloka"

Za pravilan položaj translatorske ose je merodavan položaj tangenčnih tačaka ulivnog prečnika. Tangentne tačke na oba kraja moraju ležati na translatorskoj osi ili malo iza nje. Ako ovaj uslov nije zadovoljen, potrebno je turbo blok tako zarotirati, da se taj uslov zadovolji.

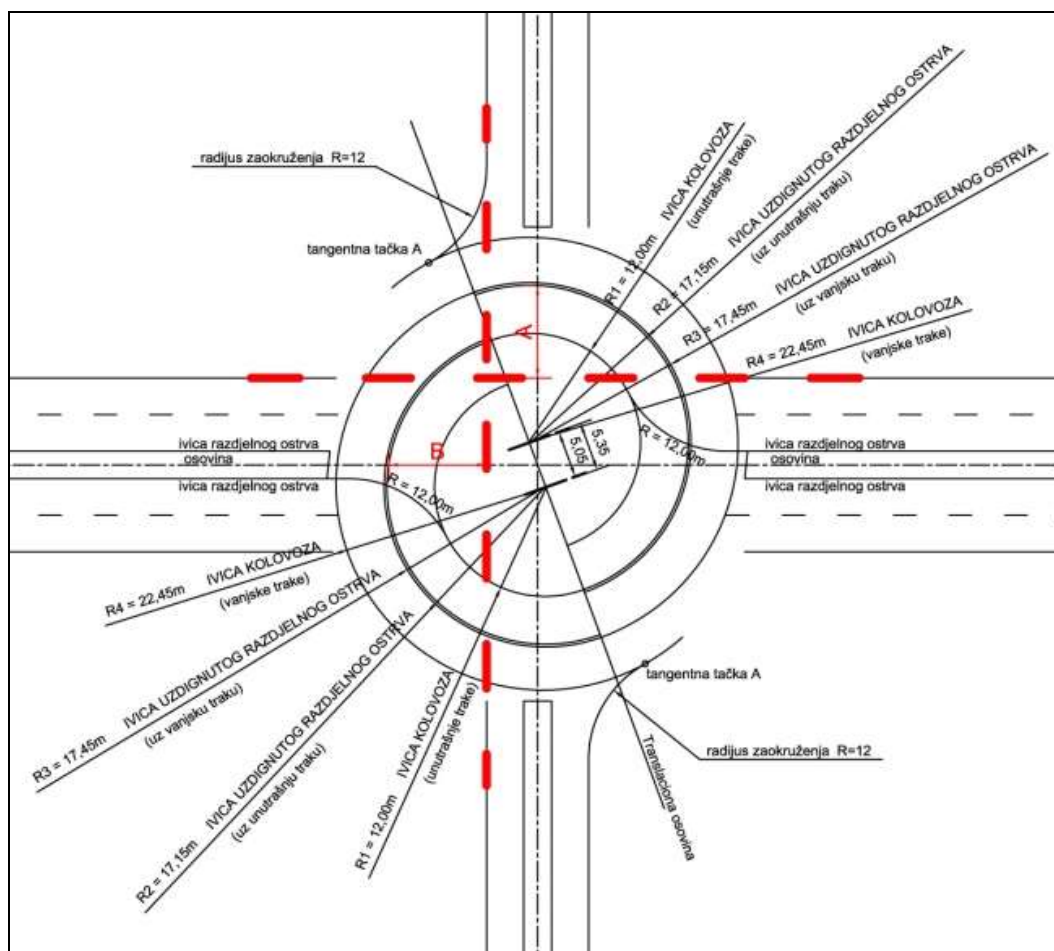
Najpovoljniji početni položaj "turbo bloka" je, kada su ose priključnih puteva pod pravim

uglom i sa ravnomernom raspodelom na četiri kvadranta (sl. 5.3.58).

Najpovoljniji položaj translatorne ose je, kao kad kazaljke na satu pokazuju vreme "pet minuta do pet" kod četvorokrakih (odn. "osam i deset minuta" kod trokrakih kolenastih turbo kružnih raskrsnica).

Ispravan položaj translatorne ose je veoma značajan iz aspekta najveće brzine prelaženja raskrsnice i vozne dinamike (udobnost, osećanje bočnog udara).

Pogrešan položaj translatorne ose dovodi na dva kraka do prevelikog "zagušenja" brzine, a na dva do premalog.



Slika 5.3.58: Pravilan položaj translatornih tačaka

U nastavku sledi opis kontrole položaja turbo bloka:

**Kontrola 1:** Za kontrolu položaja turbo bloka je potrebno formirati dve pomoćne linije u produžetku spoljašnjih ivica ulivno-izlivnog horizontalnog i vertikalnog pravca i zatim odmeriti rastojanje od pomoćnih linija do poluprečnika koji određuju položaj 30cm širokog razdelnog ostrva na kružnom kolovozu. Ukoliko su ti razmaci jednaki, položaj translatorne ose je pravilan.

**Kontrola 2:** Kada se odredi položaj translatorne ose turbo bloka, kontroliše se linija prelaska raskrsnice za sve pravce.

Ukoliko se ispostavi da je neka od linija "slomljena", potrebno je pristupiti rotaciji translatorne ose.

Kod svake promene položaja translatorne ose potrebno je ponovo konstruisati sve ulivne i izlivne radijuse.

#### 5.3.5.6.6 Kontrola brzina vožnje

Opšte je poznato, da zakrivljenost krivine vožnje (putanje vozila) kroz kružnu raskrsnicu ima jedan od najvećih uticaja na nivo saobraćajne bezbednosti. U slučaju, da su priključci u raskrsnicu izvedeni tangencijalno, protočnost je velika, ali je nivo



saobraćajne bezbednosti dosta niska. Vozaču vozila koje se tangencijalno uključuje u kružnu raskrsnicu je teško razumljivo da mora da ustupi prednost vozilu u kružnoj raskrsnici, jer ima osećaj da se nalazi na putu sa prvenstvom prolaza. Slično važi i za tangencijalne izlive, čime je ugrožena bezbednost pešaka i biciklista koji prelaze krak kružne raskrsnice. Situacija je još gora, ako ulivi ili izlivi iz kružne raskrsnice tangiraju centralno ostrvo, jer u tom slučaju vozači mogu da voze kroz kružnu raskrsnicu nesmanjenom brzinom. U takvim slučajevima vozač ne mora da smanji brzinu. Kriva vožnje je u takvim slučajevima prava.

Pri izboru dimenzija kružne raskrsnice (poluprečnika) brzina prelaska raskrsnice je jedan od najvažnijih kriterijuma. Manja brzina motornog saobraćaja vodi mirnijem odvijanju saobraćaja, pri čemu je moguće posvetiti više pažnje ostalim učesnicima u saobraćaju, a smanjuje se i mogućnost nastanka saobraćajnih nezgoda sa težim posledicama. Polazna tačka kod metoda kontrole vožnje kroz kružnu raskrsnicu sa spiralnim kružnim tokom je da brzina prelaska raskrsnice ne premaši vrednost 30km/h odn. 35 km/h.

Kod kružne raskrsnice sa spiralnim kružnim tokom, zahteva se kontrola brzine prelaska raskrsnice u tri situacije (slika 5.3.59):

Prva kontrola (1) odnosi se na "saobraćajni tok koji vozi kroz kružnu raskrsnicu". Za standardnu kružnu raskrsnicu sa spiralnim kružnim tokom, moguće je konstruisati 6 voznih linija za taj usmereni saobraćajni tok. Kontrola se vrši za svaku vožnu liniju posebno. Vozne linije u tom saobraćajnom toku imaju 4 kritične tačke koje su sve udaljene 1,00 m od spoljašnje ivice kolovoza. Vozne linije se sastoje od po tri kružna luka istih poluprečnika i suprotnog smera.

Druga kontrola (2) brzine prelaženja raskrsnice izvodi se za "saobraćajni tok koji skreće desno iz desne ulivne trake". Za taj saobraćajni tok je moguće konstruisati 4 vozne linije. Vozne linije imaju po 3 kritične tačke, čiji položaj zavisi od načina priključivanja krakova na kružnu raskrsnicu. U zavisnosti od geometrije vozne linije, na slici 5.3.59 su prikazane i druge moguće potencijalne kritične tačke.

Treća kontrola (3) brzine prelaženja raskrsnice izvodi se za "saobraćajni tok koji skreće desno iz leve trake sporednog saobraćajnog pravca". Za taj saobraćajni tok su moguće dve vozne linije. Ukoliko su prve

dve kontrole dale pozitivan rezultat, treća kontrola se koristi za određivanje položaja 30 cm širokog razdelnog ostva na kružnom kolovozu.

Brzina prelaženja preko raskrsnice se u svim slučajevima računa po standardnom obrascu:

$$V_P = 7,4\sqrt{R_Z}$$

gde je:

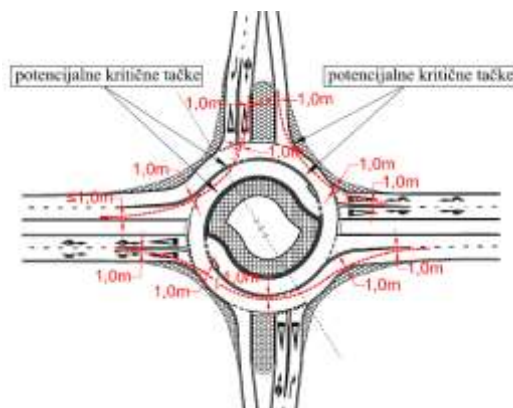
$V_P$  – brzina prelaženja vozila preko raskrsnice (km/h)

$R_Z$  – spoljašnji poluprečnik kružnog kolovoza (m)

Kontrola brzine se u prvoj situaciji izvodi za poluprečnik 22 m, a očekivana brzina mora biti manja od 35 km/h.

U slučaju da se upotrebe poluprečnici veći od 25 m, najveća brzina ne sme prelaziti 37 km/h.

U ostalim slučajevima se za kontrolu brzine koristi proizvoljan poluprečnik kroz kritične tačke.



Slika 5.3.59: Kontrola brzine prelaženja vozila preko raskrsnice u tri situacije

#### 5.3.5.6.7 Razdelna ostrva

Razdelno ostrvo pozitivno utiče na bezbednost, kako motornih vozila, tako i nemotorizovanih učesnika u saobraćaju, a poboljšava i protočnost kružne raskrsnice.

Razdelno ostrvo ima i funkciju usmeravanja (vođenja) vozila na ulivu u kružnu raskrsnicu, a istovremeno i zaštite pešaka (i biciklista) prilikom prelaženja kraka kružne raskrsnice. Zato je njegova upotreba obavezna i u turbo kružnoj raskrsnici.

Moguće je izvođenje ostrva trougaonog (levkastog) sl. 5.3.60) oblika ili oblika suze (sl. 5.3.61).

Po pravilu, minimalne dimenzije ostrva trougaonog oblika nije problem ostvariti, jer se u principu koriste kod velikih kružnih raskrsnica (velika površina razdelnog ostrva).

Minimalne dimenzije razdelnog ostrva u obliku suze proizlaze iz vrste učesnika u kružnoj raskrsnici koji prelaze preko razdelnog ostrva (pešaci i biciklisti, ili samo pešaci, bez nemotorizovanih učesnika u saobraćaju).



Slika 5.3.60: Razdelno ostrvo trougaonog (levkastog) oblika



Slika 5.3.61: Razdelno ostrvo u obliku suze u turbo kružnoj raskrsnici bez prisustva nemotorizovanih učesnika u saobraćaju.

Preporučuje se, da širina razdelnog ostrva u obliku suze na širem mestu, gde ga seče pešački prelaz, bude širine najmanje 2 m (dužina dečjih kolica i osobe koja ih gura + bezbednosno rastojanje), a minimalna širina na mestu postavljanja saobraćajnih znakova Obavezno obilaženje sa desne strane (II-47) i znaka za obeležavanje saobraćajnog ostrva (VI-8) najmanje 1,0 m.

Preporučuje se, da širina razdelnog ostrva u obliku suze na širem mestu, gde ga seče biciklistička staza, bude širine najmanje 2 m (dužina muškog bicikla + bezbednosno rastojanje), a minimalna širina na mestu postavljanja saobraćajnih znakova Obavezno obilaženje sa desne strane (II-47) i znaka za obeležavanje saobraćajnog ostrva (VI-8) najmanje 1,0 m.

#### 5.3.5.6.8 Pešački i biciklistički prelazi

Opremanje kružnih raskrsnica prelazima za pešake je neophodno zbog obezbeđivanja saobraćajne bezbednosti i udobnosti pešaka, ali se pri tom ne smeju stvarati prekomerni zastoji u saobraćaju. To je moguće samo, ako su prelazi za pešake izvedeni tako, da na sebe privuku najveći broj pešaka (koji bi u suprotnom slučaju prelazili ulicu proizvoljno) i da su dovoljno primetni za vozače koji mogu pravovremeno da zaustave vozilo.

Pešački prelazi treba da budu izvedeni nešto dalje od izliva iz kružne raskrsnice, a to rezultuje konfliktom između zahteva pešaka i vozača. ako je pešački prelaz predaleko od izliva iz kružne raskrsnice, pešaci ga neće koristiti, a ako je preblizu, postojaće mogućnost da se formira kolona vozila sve do kružnog kolovoza, a to će ometati kružeći saobraćajni tok. Za većinu slučajeva, preporučeno odstojanje izliva iz kružne raskrsnice do pešačkog prelaza iznosi jednu do tri dužine putničkog automobila.

Pravilno izvođenje prelaza za pešake i bicikliste je u turbo kružnim raskrsnicama naročito važno. Pre svega zbog činjenice što one imaju po pravilu dvotračne ulive i/ili izlive, preko kojih, prema našim propisima, nije dozvoljeno izvoditi pešačke prelaze bez svetlosnih signalnih uređaja.

Navedeni problem je moguće rešiti na sledeći način:

- razdvajanjem ulivnih i izlivnih saobraćajnih traka razdelnim ostrvom (sl. 5.3.62), ili
- vođenjem nemotorizovanih učesnika u saobraćaju u drugom nivou.

Razdvajanje ulivnih i/ili izlivnih saobraćajnih traka razdelnim ostrvom vrši se u slučaju, kada sa stanovišta propusne moći nije prihvatljivo da se na ulivu/izlivu izvede samo jedna saobraćajna traka i kada imamo za izvođenje razdelnog ostrva dovoljno prostora na raspolaganju.



Slika 5.3.62: Razdvajanje ulivnih/izlivnih saobraćajnih traka razdelnim ostrvom



Slika 5.3.63: Delovi centralnog ostrva turbo kružne raskrsnice

#### 5.3.5.6.9 Podzemni i nadzemni prolazi

U turbo kružnim raskrsnicama u gradskim područjima, izvođenje prelaza za pešake i bicikliste u istom nivou može da bude sporno sa gledišta saobraćajne bezbednosti.

Svaki slučaj turbo kružne raskrsnice zahteva posebnu i temeljitu obradu, a prilikom odlučivanja je potrebno uzeti u obzir veličinu kružne raskrsnice (broj traka u kružnoj raskrsnici, brzinu vozila), opterećenje tokova pešaka/biciklista i motornih vozila (broj konfliktnih situacija) i broj traka na ulivima/izlivima (dužina pešačkog prelaza).

Izvođenje podzemnog/nadzemnog prolaza opravdano, ako su zadovoljeni sledeći okvirni kriterijumi:

- proizvod broja motornih vozila i broja pešaka u dvadesetčetiri časa jednak je ili veći od broja 150.000, ili
- u vršnom času 600 ili više pešaka pređe krak kružne raskrsnice, ili
- udeo teretnih vozila u ukupnom saobraćaju je veći od 12%.

Ako je ispunjen barem jedan od navedenih kriterijuma, izvođenje podzemnog / nadzemnog prolaza ima smisla, a sa aspekta obezbeđivanja odgovarajućeg nivoa saobraćajne bezbednosti nemotorizovanih učesnika u saobraćaju je opravdano!

U našem okruženju je podzemni prolaz, po pravilu, bolje rešenje od nadzemnog prolaza.

#### 5.3.5.6.10 Centralno ostrvo

Centralno ostrvo turbo kružne raskrsnice se, po pravilu, sastoji iz tri dela: pregaznog dela, uslovno pregaznog dela i nepregaznog dela (sl 5.3.63).

Pregazni deo centralnog ostrva predstavlja oivičenje od prefabrikovanih betonskih elemenata, koji predstavljaju prelaz sa kružne saobraćajne trake na uslovno pregazni deo centralnog ostrva (sl. 5.3.64). Na spoljašnjem delu, gde se graniči sa kružnom saobraćajnom trakom, od nje je izdignut za 2-3 cm, a spoljašnji deo je viši 12-13 cm



Slika 5.3.64: Pregazni deo centralnog ostrva

Uslovno pregazni deo centralnog ostrva (sl. 5.3.65) ima dve funkcije. Prva je ta, da se na njemu mogu (u slučaju nužde) zaustaviti vozila koja su zbog neprilagođene brzine ili nepravilnog manevra sišla sa kružne vozne trake. Druga je ta, da se na njemu mogu zaustaviti vozila za održavanje.

Izveden je od materijala odn. elemenata koji vozače odvrćaju od vožnje po njemu, a koji istovremeno omogućavaju zaustavljanje vozila u slučaju nužde. Izvodi se u nagibu 4-7% ka spoljnoj ivici ostrva, širine od 2 do 2,5 m. Na svom spoljašnjem delu prelazi u unutrašnju ivicu pregaznog dela centralnog ostrva, na istoj visini kao što je unutrašnja ivica pregaznog dela centralnog ostrva. Na unutrašnjem delu se oivičava prefabrikovanim betonskim elementom



(ivičnjakom) koji je viši za oko 10 cm od unutrašnje ivice uslovno pregaznog dela centralnog ostrva.



Slika 5.3.65: Uslovno pregazni deo centralnog ostrva

Nepregazni deo centralnog ostrva (sl. 5.3.66) kod turbo kružne raskrsnice nema nikakav značaj i predstavlja suvišan prostor koji ostaje sa unutrašnje strane kružne raskrsnice.



Slika 5.3.66: Nepregazni deo centralnog ostrva

### 5.3.5.7 Saobraćajna signalizacija

Saobraćajni režim u turbo kružnoj raskrsnici samo je posledica odredaba propisa o bezbednosti saobraćaja i postavljene saobraćajne signalizacije, a ne nekih projektnih elemenata koji bi sužavanjem ili kanalisanjem toka saobraćaja određivali način vožnje. Pored toga, u turbo kružnoj raskrsnici saobraćajne trake su fizički odvojene, što znači da na kružnom kolovozu nije moguće menjanje saobraćajnih traka (preplitanje). Dakle, vozač je u obavezi da se na osnovu odgovarajuće saobraćajne signalizacije odluči za odgovarajući pravac kretanja (odgovarajuća saobraćajna traka) još pre ulazanja u takvu raskrsnicu.

Ako se prethodno navedenom doda i činjenica da turbo kružna raskrsnica po pravilu ne omogućava polukružno okretanje (vraćanje u pravac dolaska), jasno je da je saobraćajna signalizacija u toj vrsti kružnih raskrsnica od izuzetnog značaja.

#### 5.3.5.7.1 Vertikalna saobraćajna signalizacija

Svaka turbo kružna raskrsnica mora da bude opremljena najmanje sledećim saobraćajnim znacima:

- obavezan smer desno (II-43.1) na nepregaznom delu središnjeg ostrva u produžetku središnje linije ulivne trake,
- ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza (II-1) i kružni tok saobraćaja (II-45.2) na zajedničkom stubu u ušću uliva u kružnu raskrsnicu neposredno ispred isprekidane široke linije zaustavljanja (V-13.1) ili (V-13.2), koja na ulivnim kracima sa dve trake mora da bude ponovljena i na levoj strani;
- obavezno obilaženje s desne strane (II-45) i tabla za označavanje vrha razdelnog ostrva (V-27) na zajedničkom stubu na spoljašnjem delu razdelnog ostrva (na vrhu ostrva u pravcu kretanja vozila),
- tabla za označavanje vrha razdelnog ostrva (V-27) na unutrašnjem delu razdelnog ostrva (u srednjim i velikim kružnim raskrsnicama).

U zavisnosti od namene turbo kružne raskrsnice (raskrsnica ulica, lokalnih puteva, državnih puteva) ona mora da bude opremljena saobraćajnim znacima za vođenje saobraćaja i to:

#### na unutrašnjem delu razdelnog ostrva:

- tabla za označavanje naziva ulice,
- strelasti putokaz (III-12) ili putokazna tabla iznad kolovoza na portalu (III-13) za više od dva saobraćajna cilja,

#### na području približavanja kružnoj raskrsnici:

- ograničenje brzine (II-30) na odgovarajućoj udaljenosti od raskrsnice na kojoj je potrebno obezbediti smanjenje brzine na putevima van naselja,
- raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja (I-30) izuzetno na putevima u naselju gde kružna raskrsnica nije opremljena znakom kružna raskrsnica (III-8.1),
- znak kružna raskrsnica (III-8.1), na pogodnoj udaljenosti od raskrsnice,
- znak za prestrojavanje vozila (III-11) ili znak za prestrojavanje vozila sa nazivima naseljenih mesta (III-11.1) sa posebnim oblikom strelica uz kolovoz ili iznad njega

kada su saobraćajni ciljevi ostvarivi samo putem određenih saobraćajnih traka.

**Predraskrsnične table** i saobraćajni znaci u turbo kružnim raskrsnicama postavljaju se po posebnim pravilima.

#### 5.3.5.7.2 Horizontalna saobraćajna signalizacija

Svaka turbo kružna raskrsnica u načelu bi trebalo da bude opremljena sledećim oznakama na kolovozu:

- isprekidana široka linija zaustavljanja (V-13.1) ili (V-13.2) koja je po pravilu označena pre pešačkog ili biciklističkog prelaza i koja posle pešačkog prelaza može da bude ponovljena,
- na kolovozu obeležen saobraćajni znak ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza (II-1) ispred isprekidane široke poprečne linije koji u slučaju višetračnih uliva mora da bude označen na svakoj saobraćajnoj traci,
- kratkom isprekidanom linijom (V-4.1) za označavanje spoljašnje ivice kružne raskrsnice,
- razdelnom isprekidanom linijom (V-3) za razgraničavanje saobraćajnih traka u kružnom toku;
- polje ispred ostrva za razdvajanje saobraćajnih tokova (V-23.3 i V-23.4),

- pešački prelaz (V-16) i biciklistički prelaz (V-17) kada su u kružnoj raskrsnici prisutni biciklisti i pešaci,
- razdelna linija (V-1) ispred razdelnog ostrva na području približavanja kružnoj raskrsnici i na području razgraničenja saobraćajnih traka,
- strelice na kolovozu za obeležavanje obaveznog smera kretanja i strelice za obaveštavanje vozača o nameni saobraćajnih traka (V-18 i V-19) na kružnom kolovozu i posebne strelice na saobraćajnim trakama ispred ulaza u turbo kružnu raskrsnicu za obaveštavanje vozača o nameni saobraćajnih traka u odnosu na položaj izvoznih krakova kružne raskrsnice (novi znaci V-18.1 i V-19.1),
- poželjno bojenje ivičnjaka i ostalih konstrukcionih elemenata u vidu crno belih ili crveno belih polja koji mogu da doprinesu boljem optičkom vođenju vozača.

Strelice na ulivima u turbo kružnu raskrsnicu koriste se isključivo na ulivima u toj vrsti kružnih raskrsnica.

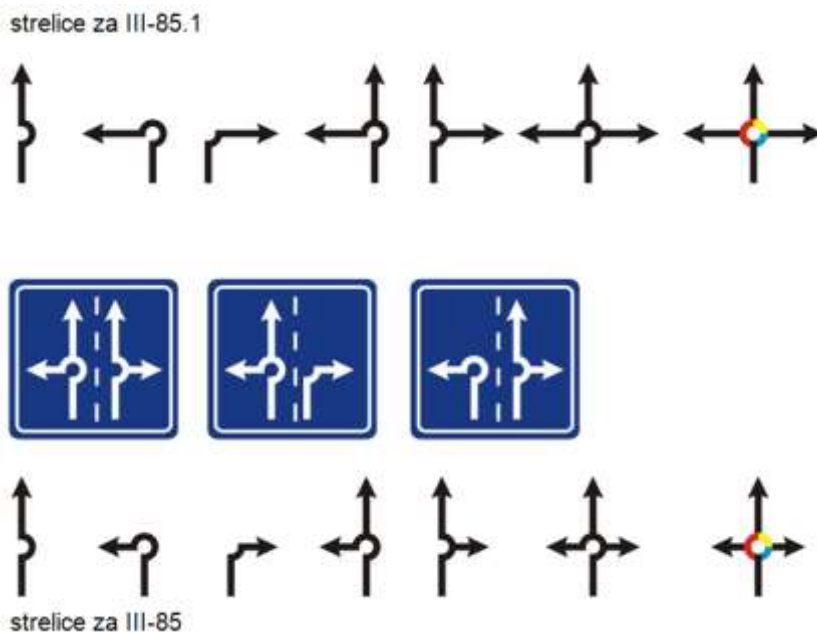
Oblici i dimenzije strelica u turbo kružnoj raskrsnici dati su na slikama 5.3.68 i 5.3.69.

uz kolovoz

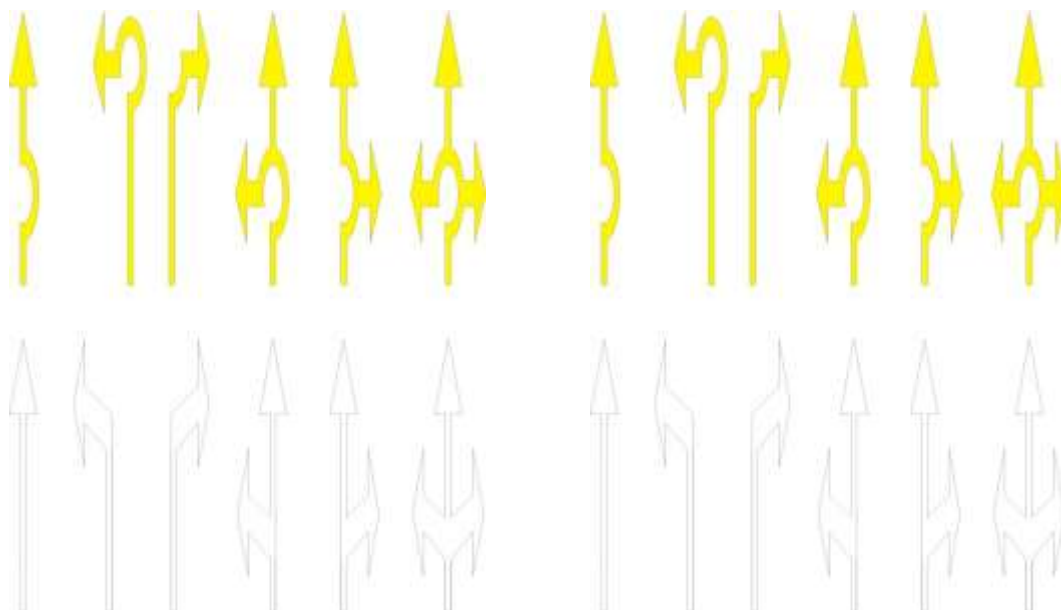


iznad kolovoza

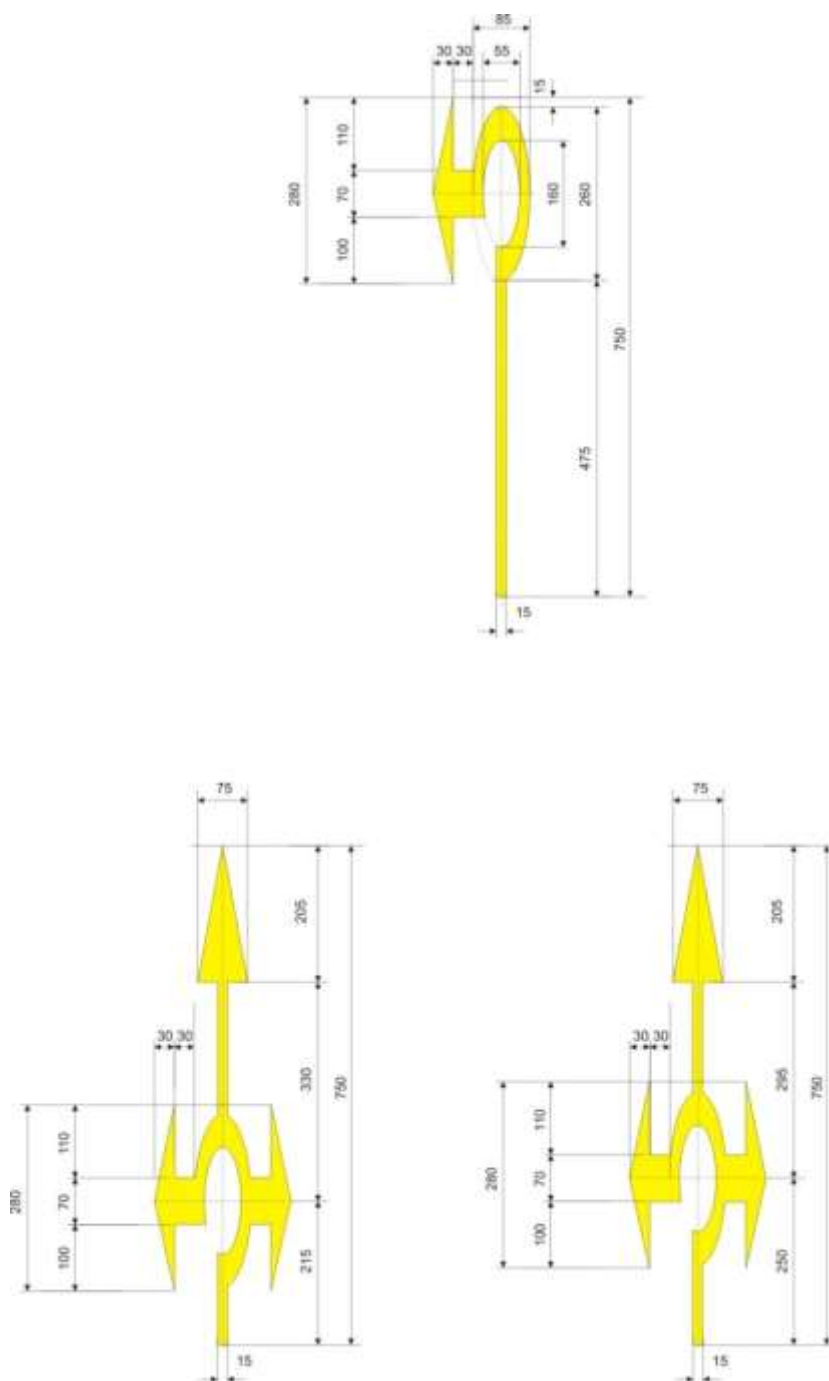




Slika 5.3.67: Pravila za postavljanje predraskrsničnih tabli uz/iznad kolovoza i mogući oblici strelica za saobraćajni znak III-85 i III-85.1



Slika 5.3.68: Oblik strelica u turbo kružnoj raskrsnici



Slika 5.3.69: Dimenzije strelica na ulivu u kružnu raskrnicu sa spiralnim tokom kružnog kolovoza

### 5.3.5.8 Javna rasveta

Radi zadovoljavanja uslova saobraćajne bezbednosti noću turbo kružna raskrsnica mora da bude odgovarajuće osvetljena. Osvetljeni moraju da budu kako ulivi u raskrnicu tako i središnje ostrvo.

Razdelna ostrva su pogodna za postavljanje stubova svetiljki (sl. 5.3.70) samo u slučaju

kada su oni dovoljno široki i ako se time ne ograničava preglednost, u protivnom se izbegava postavljanje stubova na takav način.



Slika 5.3.70: Postavljanje stubova za svetiljke na razdelnom ostrvu

Stubovi rasvete na ovoj vrsti kružne raskrsnice trebalo bi da budu postavljeni u krugu, po obodu raskrsnice (sl. 5.3.71). Raspored treba da bude ravnomeran u odnosu na međusobnu udaljenost između pojedinačnih svetiljki i udaljenosti do središta ostrva.

Preporučuje se da svaki priključak, odnosno izvoz bude osvetljen na daljini najmanje 60 m od kružne raskrsnice. Boja svetlosti i visina svetla treba da budu jedinstveni na celom području raskrsnice, ali ne niži nego na priključcima.

Minimalna potrebna osvetljenost raskrsnice ne može da bude manja nego što je najviši stepen osvetljavanja na priključcima.



Slika 5.3.71: Položaj stubova svetiljki javne rasvete

### 5.3.5.9 Detalji

#### 5.3.5.9.1 Detalj elementa za sprečavanje preplitanja



Slika 5.3.72: Detalj elementa za sprečavanje preplitanja u kružnom kolovozu turbo kružne raskrsnice





Slika 5.3.73: Detalji elementa za sprečavanje preplitanja u kružnom kolovozu turbo kružne raskrsnice

#### 5.3.5.9.2 Detalj početka elementa za sprečavanje preplitanja – „špic“



Slika 5.3.74: Detalj početka elementa za sprečavanje preplitanja – „špic“

### 5.3.5.10 Ostala oprema

#### 5.3.5.10.1 Pejzažno uređenje

Prilikom oblikovanja okoline turbo kružne raskrsnice neophodno je poštovanje određenih nepisanih estetskih (usklađenost sa okolinom) i funkcionalnih (zimsko održavanje) kriterijuma. Ovo poglavlje ne pruža detaljnija pravila i uputstva za uređenje okolnog prostora i središnjeg ostrva turbo kružnih raskrsnica, već samo globalne smernice koje bi projektant trebalo da rešava zajedno sa pejzažnim arhitektom ili urbanistom.

Bez obzira na estetiku uređenje okolnog prostora turbo kružne raskrsnice sa aspekta saobraćajnog inženjerstva ima praktičan značaj. Pomoću prilagođavanja zemljišta može se na bolji način upozoriti vozila na približavanje kružnoj raskrsnici.

Posebna sadnja (žbunja, trajnog bilja, sezonskog cveća...) koja je pogodnija u urbanim područjima iziskuje više truda i finansijskih sredstava, a u unutrašnjosti potrebno je kod sadnje poštovati ograničenja koja nameću prvobitne biljne vrste, kao i okolni pejzaž. Nesvrishodno je u turbo kružnoj raskrsnici lociranoj u unutrašnjosti saditi npr. razne vrste gajenog cveća. Takođe, uz turbo kružne raskrsnice usred površina pod livadama besmisleno je saditi visoko drveće. Na takvim ravnim otvorenim livadskim područjima bilo kakva sadnja neskladna je sa okolinom. Iz tog razloga, prilikom uređenja pejzaža. uobičajeno je svođenje samo na oblikovanje tla, a livadske površine neguju se i u okolini turbo kružne raskrsnice.

Na ovom mestu potrebno je naglasiti da se u turbo kružnim raskrsnicama ne sadi visoko drveće ili visoko žbunje. Preporučuje se samo travom zasejana zemljana kupola ili nisko žbunje.

#### 5.3.5.10.2 Uređenje središnjeg ostrva

Središnje ostrvo turbo kružne raskrsnice po pravilu nije odgovarajuće mesto za postavljanje fontana, spomenika, skulptura i drugih objekata. Uzroka za to ima više, a kao jedan od najvažnijih ističe se smanjenje preglednosti, smanjenje vidljivosti vertikalne saobraćajne signalizacije i odvratanje pažnje vozača (smanjenje koncentracije).

Zbog tog se prilikom uređivanja središnjeg ostrva turbo kružne raskrsnice po pravilu ograničavamo samo na jednostavne oblike uređivanja. Po pravilu je platforma središnjeg ostrva ravna i samo ozelenjena ili je izvedena zemljana kupola radi sprečavanja zaslepljivanja vozila u noćnom periodu. Samo izuzetno (turbo kružne raskrsnice većih dimenzija) u središnjem ostrvu koristi se i nisko žbunje ili nisko drveće. U oba poslednja navedena slučaja potrebno je voditi računa da bude ispunjen uslov dobre preglednosti.

### 5.3.5 MONTAŽNE KRUŽNE RASKRSNICE

#### 5.3.5.1 Kriterijumi za opravdanost izvedbe montažne kružne raskrsnice

Montažna kružna raskrsnica je privremeno projektno rešenje smešteno u gabarite postojeće "klasične" raskrsnice izvedeno pomoću elemenata, saobraćajne signalizacije i opreme koja je u skladu sa saobraćajno-bezbednosnim zahtevima namenjena poboljšanju protočnosti ili/i saobraćajnoj bezbednosti.

*Smeštenost u gabarite postojeće »klasične« raskrsnice* podrazumeva izvođenje montažne kružne raskrsnice, po mogućnosti unutar granica postojeće raskrsnice, odnosno »između postojećih ivičnjaka«. Kod izvedbe montažne kružne raskrsnice ne predviđaju se velika pomeranja ivičnjaka postojeće raskrsnice, dizanje asfalta, ni bilo koji drugi sličan finansijski ili građevinski složen poduhvat

Montažna kružna raskrsnica mora da bude izvedena sa elementima, saobraćajnom signalizacijom i opremom koji su usaglašeni sa važećim propisima i saobraćajno-bezbednosnim zahtevima. To znači da montažno rešenje mora da sadržava iste elemente kao i stalno rešenje (poluprečnici odgovarajućih veličina, središnje ostrvo, razdelna ostrva, pešački prelazi, saobraćajna signalizacija ...), razlika je samo u tome što su ti elementi montažni, a saobraćajna signalizacija privremena (i podna signalizacija je žute boje).

Montažna kružna raskrsnica kao privremeno projektno rešenje izvodi se u slučaju:

- privremeno promenjenih saobraćajnih uslova (npr. privremene promene toka glavnog i sporednog pravca saobraćaja (za vreme letnje turističke sezone, sajмова, dužih manifestacija...),
- privremeno otežanog odvijanja saobraćaja (npr. gradilište u samoj raskrsnici, izvođenje četvrtog kraka na postojećoj trokrakoj raskrsnici...),
- u procesu dokazivanja važnosti izvođenja kružne raskrsnice kao trajnog rešenja,
- u vreme izvođenja kružne raskrsnice kao stalnog rešenja (za nesmetano funkcionisanje raskrsnice u vreme izgradnje, odnosno za zaštitu građevinskih radnika prilikom izvođenja

središnjeg ostrva kao i uvoznih i izvoznih radijusa),

- kao mera preduzeta radi umirivanja saobraćaja u postojećim raskrsnicama koje nisu opremljene semaforima (u slučaju da su brzine na glavnom saobraćajnom pravcu prevelike ili u slučaju da vozila na sporednom saobraćajnom pravcu imaju probleme pri uključivanju u glavni saobraćajni pravac),
- u cilju trenutnog ublažavanja loših saobraćajno-bezbednosnih uslova (u slučaju nedostatka finansijskih sredstava za trenutno izvođenje dugoročnog rešenja).

Privremeno projektno rešenje podrazumeva vreme:

- u kome su saobraćajni uslovi promenjeni,
- u kome je odvijanje saobraćaja ometano,
- vršenja eksperimenta u kome se dokazuje prikladnost izvođenja kružne raskrsnice kao trajnog rešenja,
- izgradnje kružne raskrsnice kao trajnog rešenja,
- od utvrđivanja da je kružna raskrsnica sa saobraćajno-bezbednosnog ili kapacitativnog aspekta bolje rešenje od postojećeg rešenja do izvedbe trajnog rešenja.

Sve faze, odnosno procesi pre izvođenja montažne kružne raskrsnice identične su sa postupkom izvedbe kružne raskrsnice kao stalnog rešenja. Postupak se sastoji od tri faze:

- provera opravdanosti (svrsishodnosti) izvedbe montažne kružne raskrsnice,
- projektovanje montažne kružne raskrsnice,
- izvedba montažne kružne raskrsnice,

*Provera opravdanosti (svrsishodnosti) izvedbe montažne kružne raskrsnice* je u potpunosti ista kao kod izvođenja stalnog rešenja sa kružnom raskrsnicom. U ovoj fazi proverava se ispunjavanje opštih kriterijuma za svrsishodnost izvedbe montažne kružne raskrsnice kao privremenog rešenja. U slučaju da je takva procena već urađena za stalno rešenje sa kružnom raskrsnicom, provera opravdanosti ne mora da se radi.

*Postupak projektovanja montažne kružne raskrsnice* je identičan postupku projektovanja stalnog rešenja, odnosno čak donekle složeniji, jer je potrebno da se uzme u obzir tzv. „ljudski faktor“ (naviknutost korisnika na prethodno rešenje (vožnja „na pamet“), zbunjenost korisnika zbog dvostruke podne signalizacije (u slučaju da upravljač ne



zahteva da se sklone prethodne bele oznake), neophodno potrebno sprovođenje kanalisanja pešaka (zbog sprečavanja prelaznja preko krakova kružne raskrsnice van područja pešačkih prelaza), ...) kao i zahtev za nepromenjen tok ivičnjaka (provera krive usred merodavnog vozila za najkritičniji manevar).

Samo izvođenje montažne kružne raskrsnice zavisi od izbora montažnih elemenata. Najjednostavnija je u slučaju opredeljivanja za razdelne ograde od veštačkih materijala, jer se ničim ne zadire u konstrukciju kolovoza. Posle izvršeno kolčenja osnovnih elemenata kružne raskrsnice na red dolazi postavljanje praznih elemenata razdelnih ograda (koje se kanije napune vodom) i iscrtavanje podne i postavljanje privremene vertikalne signalizacije.

### 5.3.5.2 Izračunavanje kapaciteta montažne kružne raskrsnice

Izračunavanje kapaciteta montažne kružne raskrsnice je identično izračunavanju kapaciteta jednotrake kružne raskrsnice u fiksnoj izvedbi.

Radi izračunavanja kapaciteta montažne kružne raskrsnice takođe je celishodno da se pribave podaci o jačini i strukturi saobraćajnih tokova (brojanje saobraćaja), s tim što se – za razliku od fiksne izvedbe – preuzima kraći planski period.

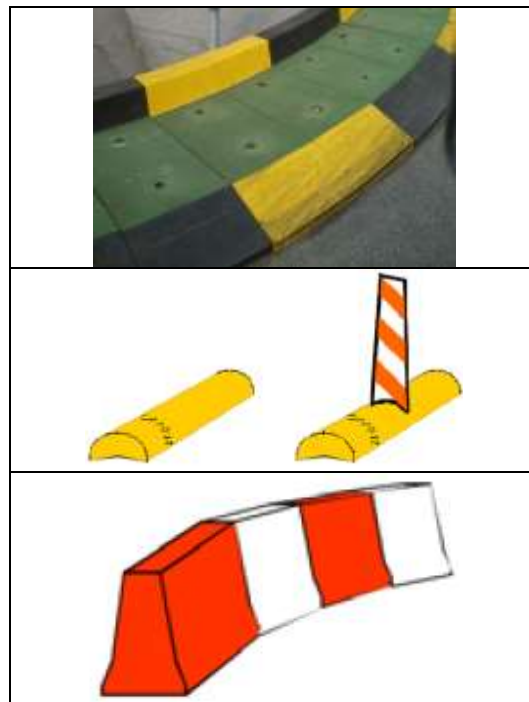
### 5.3.5.3 Određivanje projektno-tehničkih elemenata montažne kružne raskrsnice

Određivanje projektno-tehničkih elemenata montažne kružne raskrsnice odvija se na identičan način kao kod kružne raskrsnice u fiksnoj izvedbi.

Po pravilu su – zbog već postojeće raskrsnice, po pravilu klasične – projektno-tehnički elementi već određeni, zbog toga je u takvom slučaju potrebno samo da se proveru adekvatnost njihovih dimenzija.

Montažna kružna raskrsnica može da se izvede iz (sl. 5.3.75):

- betonskih prefabrikovanih elemenata segmentnog oblika i različite zakrivljenosti (iz kojih se izvodi središnje ostrvo),
- montažnih vodećih ivičnjaka,
- montažnih (plastičnih) zaštitnih ograda,



Slika 5.3.75: Montažni elementi za izvedbu montažnih kružnih raskrsnica

Brzina u montažnim kružnim raskrsnicama po pravilu je ograničena na 40 km/h.

### 5.3.5.4 Horizontalno i visinsko vođenje

Uslovi horizontalnog i visinskog vođenja su u slučaju da se izvodi montažno rešenje po pravilu već utvrđeni (zbog postojeće raskrsnice), zbog toga u takvom slučaju samo treba izvršiti proveru adekvatnosti njihovih dimenzija.

Kod montažne kružne raskrsnice koja se izvodi na mestu postojeće klasične (tro ili četvorokrake) raskrsnice potrebno je izvršiti proveru adekvatnosti poprečnih nagiba.

### 5.3.5.5 Saobraćajna signalizacija

Saobraćajna signalizacija montažne kružne raskrsnice je identična saobraćajnoj signalizaciji u kružnoj raskrsnici u fiksnoj izvedbi. Radi se o istim saobraćajnim znacima i istim podnim oznakama (u žutoj boji).

U slučaju da se montažna kružna raskrsnica izvodi na mestu postojeće klasične (to ili četvorokrake) raskrsnice poželjno je da se na odgovarajućoj udaljenosti postavi saobraćajni znak I-25 sa dopunskom tablom „PROMENA SAOBRAĆAJNOG REŽIMA!“.

Montažna kružna raskrsnica može da se izvede u trokrakim i četvorokrakim raskrsnicama koje jesu ili nisu opremljene semaforima. U slučaju da se montažna kružna raskrsnica bude izvodila na mestu postojeće raskrsnice opremljene semaforima, celishodno je da se za pešake isključe semafori, a da se za motorizovane učesnike semafori stave u režim „žuto – trepćuće“.

Takođe valja razmisliti o izvedbi zvučnih brzinskih prepreka od debeloslojnih premaza.

#### **5.3.5.6 Saobraćajna oprema**

Kod montažne kružne raskrsnice razdelna ostrva izvode se od istih elemenata kao središnje ostrvo.

Kod montažne kružne raskrsnice nagazni deo središnjeg ostrva ne izvodi se u fiksnoj izvedbi, već se samo označava horizontalnom neisprekidanom linijom na spoljnoj ivici nagaznog dela središnjeg ostrva.

#### **5.3.5.7 Ostala oprema**

U središnjem ostrvu montažne kružne raskrsnice po pravilu se ne vrši nikakvo ozelenjavanje, ne postavljaju se skulpture ili ostali slični objekti.

Postavljanje tabli, natpisa i ostalih objekata ili uređaja za slikovno ili zvučno obaveštavanje i oglašavanje u središnjem ostrvu kružne raskrsnice nije dozvoljeno.

Ako su osnovni element montažne kružne raskrsnice montažne plastične zaštitne ograde, one se, iz razloga stabilnosti samih elemenata i saobraćajne bezbednosti, moraju napuniti vodom. U slučaju da takvo montažno rešenje ostane izvedeno u toku zime, vodi u montažnim elementima potrebno je dodati neko sredini prijateljsko sredstvo za sprečavanje smrzavanja.

Prilikom zimskog čišćenja snega sa kružnog kolovoza ne postoji nikakav problem uz levu ivicu (uz središnje ostrvo), dok nešto više rada ima uz desnu ivicu (spoljašnja ivica kružne raskrsnice). Sneg koji plug odgura uz desnu ivicu montažne kružne raskrsnice mora da se ukloni ručno.