



TSC 03.341 : 2011

KROŽNA KRIŽIŠČA

Uporaba: obvezna

Določena s tehničnim predpisom, izdanim na podlagi 10. člena Zakona o cestah

Soglasje ministra:

Soglasje ministra, pristojnega za promet, je
bilo izdano dne 08.05.2012 pod št. 011-
2/2007/58-00711212

Ključne besede:

Križišča, krožna križišča, oblikovanje, dimenzioniranje, elementi krožnih križišč

Objava izdaje:

Objavljeno na spletnih straneh Ministrstva za infrastrukturo in prostor ter Direkcije Republike Slovenije za ceste.

Izdajatelj:

Tehnično specifikacijo za javne ceste je založila in izdala Direkcija Republike Slovenije za ceste.

VSEBINA

1. Predmet obravnave TSC.....	4
2. Referenčni dokumenti	4
3. Pomen izrazov	4
4. Splošno o krožnih križiščih.....	7
4.1 Posebnosti krožnih križišč	7
4.2 Prednosti in pomanjkljivosti	7
4.3 Delitev krožnih križišč	8
4.3.1 Delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost.....	8
4.3.2 Delitev krožnih križišč glede na namembnost.....	9
4.3.3 Delitev krožnih križišč glede na število krakov.....	9
4.3.4 Delitev krožnih križišč glede na način vodenja posameznih smeri.....	9
4.3.5 Delitev krožnih križišč glede na način izvedbe	10
4.3.6 Delitev krožnih križišč glede na potek krožnega vozišča.....	10
4.4 Prometna varnost v krožnih križiščih	10
4.4.1 Motorni promet.....	10
4.4.2 Pešci in kolesarji	11
4.5 Ukrepi za zagotavljanje prometno varnega krožnega križišča	11
5. Enopasovna krožna križišča.....	14
5.1 Kriteriji za upravičenost izvedbe enopasovnega krožnega križišča	14
5.2 Kapacitetni izračun enopasovnega krožnega križišča.....	15
5.2.1 Splošno	15
5.2.2 Štetje prometa v krožnih križiščih	16
5.2.3 Pojem kapacitete krožnega križišča.....	18
5.2.4 Avstrijska metoda.....	20
5.2.5 Avstralska metoda.....	22
5.2.6 Zamude v krožnem križišču	22
5.2.7 Mikrosimulacijska orodja.....	23
5.2.8 Vpliv nemotoriziranega prometa na zmanjšanje kapacitete krožnega križišča	23
5.2.9 Določanje vpliva pešcev in kolesarjev po nemški metodi.....	24
5.2.10 Določanje vpliva kolesarjev po nizozemski metodi.....	25
5.3 Določitev projektno – tehničnih elementov	25
5.3.1 Izbira zunanega premera D in širine krožnega pasu u	25
5.3.2 Vodenje cest v krožno križišče.....	26
5.3.3 Širina voznega pasu pred krožnim križiščem (v)	26
5.3.4 Širina uvoza v križišče e in dolžina razširitve uvoza (l)'	27
5.3.5 Uvozni radij (R) in vpadni kot (Φ).....	27
5.3.6 Širina izvoza iz krožnega križišča	27
5.3.7 Izvozni radij	27
5.3.8 Dimenzije ločilnih otokov.....	27
5.4 Horizontalno in višinsko vodenje	28
5.4.1 Horizontalno vodenje	28
5.4.1.1 Potek osi ceste na daljšem odseku	28
5.4.1.2 Potek osi ceste v območju krožnega križišča.....	28
5.4.2 Višinsko vodenje	28
5.4.2.1 Pogoji nivelet priključkov	29

5.4.2.2 Pogoj vertikalnih zaokrožitev priključka v krožno križišče	29
5.4.2.3 Prečni nagib krožnega vozišča.....	29
5.5 Preglednost.....	30
5.5.1 Višina očišča in ovire.....	31
5.5.2 Preglednost v levo.....	31
5.5.3 Čelna preglednost na uvozu	31
5.5.4 Preglednost v krožnem vozišču	32
5.5.5 Preglednost do prehodov za pešce	32
5.5.6 Motnje preglednosti.....	32
5.5.7 Preglednost pri deniveliranih krakih krožnega križišča	33
5.6 Prometna signalizacija.....	33
5.6.1 Vertikalna signalizacija.....	33
5.6.2 Talna signalizacija.....	33
5.7 Prometna oprema	33
5.7.1 Ločilni otoki – otoki za pešce	33
5.7.2 Prehodi za pešce in kolesarje	34
5.7.3 Povožni del sredinskega otoka	34
5.7.4 Barva in oblika robnikov	34
5.7.5 Razsvetljava krožnega križišča.....	35
5.8 Druga oprema.....	35
6. Mini krožna križišča	35
6.1 Kriteriji za izvedbo mini krožnih križišč	35
6.1.1 Lastnosti mini krožnih križišč	35
6.1.2 Ustreznost / smiselnost izvedbe mini krožnega križišča.....	35
6.2 Kapacitetni izračun mini krožnih križišč	36
6.3 Določitev projektno tehničnih elementov	36
6.3.1 Koraki pri načrtovanju mini krožnih križišč	36
6.3.2 Zahtevane značilnosti ceste.....	37
6.4 Horizontalno in višinsko vodenje	37
6.4.1 Elementi v situaciji.....	37
6.5 Preglednost.....	38
6.6 Prometna signalizacija.....	38
6.7 Prometna oprema	38
7. Montažna krožna križišča.....	38
7.1 Kriteriji za upravičenost izvedbe montažnega krožnega križišča	38
7.2 Kapacitetni izračun montažnega krožnega križišča	39
7.3 Določitev projektno – tehničnih elementov montažnega krožnega križišča	39
7.4 Horizontalno in višinsko vodenje	40
7.5 Prometna signalizacija.....	40
7.6 Prometna oprema	40
7.7 Druga oprema.....	40

1. Predmet obravnave TSC

Pričujoča tehnična specifikacija podaja usmeritve za projektno-tehnično oblikovanje krožnih križišč na javnih cestah v Republiki Sloveniji.

Tehnična specifikacija vsebuje področje uporabe krožnih križišč, kriterije za upravičenost njihove izvedbe, način pridobivanja podatkov za izračun kapacitete, metodologijo izračuna in dimenzioniranja, vpliv posameznih konstrukcijskih elementov krožnega križišča, horizontalne in vertikalne elemente krožnega križišča, vplive kolesarjev in pešcev na pretočnost krožnega križišča, prometno signalizacijo v krožnem križišču, pogoje preglednosti v krožnih križiščih in pogoje ureditve sredinskega otoka in predstavlja zaključeno celoto.

Tehnična specifikacija obravnava le najpogostejše tipe krožnih križišč:

- standardna enopasovna krožna križišča,
- mini krožna križišča,
- montažna krožna križišča.

Drugi (alternativni) tipi krožnih križišč (večpasovna krožna križišča, krožna križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča, krožna križišča s prevoznim sredinskim otokom (dvojna krožna križišča), semaforizirana krožna križišča, krožna križišča z zunanjim premerom večjim od 100 m) niso predmet obravnave te tehnične specifikacije.

2. Referenčni dokumenti

Ta tehnična specifikacija upošteva postopek informiranja v skladu z Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta 98/34/ES z dne 22. junija 1998 o določitvi postopka za zbiranje informacij na področju tehničnih standardov in tehničnih predpisov (UL L št. 204 z dne 21. julija 1998, str. 37), kot je bila nazadnje spremenjena z Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta 98/48/ES z dne 20. julija 1998 o spremembi Direktive 98/34/ES o določitvi postopka za zbiranje informacij na področju tehničnih standardov in tehničnih predpisov (UL L št. 217 z dne 5. 8. 1998, str. 18).

3. Pomen izrazov

Krožno križišče

je križišče, kjer prednostna cesta poteka v zaključenem krogu v smeri, ki je nasprotna smeri gibanja urinih kazalcev. Ima nepovozni, delno povozni ali povozni sredinski otok ter krožno vozišče v katerega se steka tri ali več krakov cest.

Enopasovno krožno križišče

je krožno križišče s po enim voznim pasom na uvozih/izvozih, katerega krožno vozišče je enopasovno.

Večpasovno krožno križišče

je krožno križišče z enim ali več voznih pasov na uvozih/izvozih, katerega del krožnega vozišča ali celotno krožno vozišče je oblikovano kot večpasovno vozišče.

Mini krožno križišče

je enopasovno krožno križišče s povoznim sredinskim otokom. Za razliko od "klasičnih" enopasovnih krožnih križišč je pri mini krožnih križiščih sredinski otok izveden na takšen način, da omogoča prevoznost (večjim) motornim vozilom.

Montažno krožno križišče

je projektna rešitev, umeščena v gabarite obstoječega "klasičnega" križišča, izvedena z elementi, prometno signalizacijo in opremo, ki je v skladu s prometno – varnostnimi zahtevami, namenjena izboljšanju pretočnosti ali/in prometne varnosti.

Krožno križišče s spiralnim potekom krožnega vozišča – turbo krožno križišče

je kanalizirano večpasovno križišče ovalne oblike z nepovoznim ali delno povoznim sredinskim otokom ter krožnim voziščem spiralne oblike v katerega se stekajo tri ali štiri ceste, z večjim številom središč zunanjih in notranjih premerov ter dvema ali tremi pasovi v krožnem vozišču (spiralni potek krožnega vozišča).

Krožno vozišče

je vozišče krožne oblike, po katerem vozijo vozila okoli sredinskega otoka v nasprotni smeri urinega kazalca. Vozila v krožnem toku imajo prednost pred vozili, ki prihajajo iz uvozov.

Sredinski otok

je denivelirana fizična ovira krožne ali ovalne oblike, postavljena v sredini krožnega križišča, ki preprečuje vožnjo naravnost in omejuje krožno križišče na notranji strani.

Povozen del sredinskega otoka

je tisti del sredinskega otoka, ki skupaj z krožnim voziščem omogoča vožnjo skozi križišče dolгим vozilom. Od krožnega vozišča se gradbeno razlikuje po uporabljenem materialu in barvi.

Zunanji premer

je premer zunanega (največjega) kroga krožnega križišča oz. premer zunanega roba krožnega vozišča.

Notranji premer

je premer sredinskega otoka oz. notranjega roba krožnega vozišča.

Kraki krožnega križišča

so dovozne ceste ali vozni pasovi na obeh straneh deniveliranega ali samo s talno signalizacijo označenega otoka za pešce, ki nasprotni ali istosmerni promet (vhod - izhod) vodijo do/iz krožnega križišča.

Uvoz

je območje krožnega križišča, kjer se uvozni vozni pas steka v krožno vozišče in je od tega ločen z ločilno črto. Uvoz je lahko lijakasto razširjen ali pa so njegovi robovi vzporedni. Na tem območju morajo vozila upočasniti vožnjo ali ustaviti do trenutka, ko je med vozili v krožnem toku zadostna časovna praznina za njihovo priključitev na krožno vozišče.

Izvoz

je območje na katerem vozila zapuščajo krožno križišče.

Število voznih pasov

na uvozu vsakega kraka krožnega križišča in število voznih pasov v krožnem vozišču sta osnovna parametra izračuna prepustnosti krožnega križišča.

Iz števila voznih pasov na uvozi in v krožnem vozišču izhaja osnovna delitev krožnih križišč na enopasovne in večpasovne.

V primeru, če je krožni segment - odsek krožnega toka med dvema zaporednima priključkoma - ali celotno krožno vozišče dvo- ali večpasovno, govorimo o dvo- ali večpasovnih krožnih križiščih.

Uvozni prometni tok

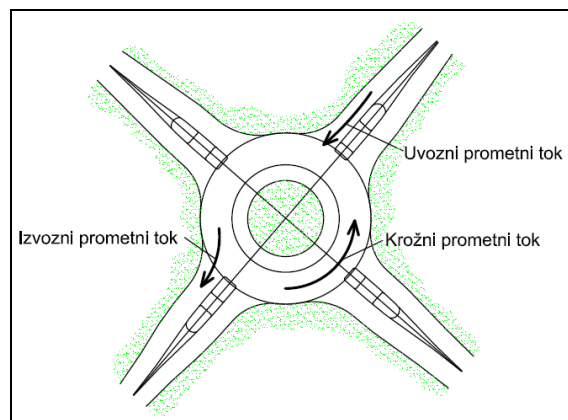
tvorijo vozila ki uvažajo v krožno križišče (sl. 2.1).

Izvozni prometni tok

tvorijo vozila ki izvažajo iz krožnega križišča (sl. 2.1).

Krožni prometni tok

ali krožeči prometni tok tvorijo vozila, ki krožijo po krožnih prometnih pasovih okoli sredinskega otoka (sl. 2.1).



Slika 2.1 Tokovi v krožnem križišču

Niša za čakanje

je prostor med notranjim robom zaznamovanega prehoda za pešce ali kolesarje in zunanjim robom krožnega vozišča, ki ga uporabljajo vozila za čakanje na sprejemljivo časovno praznino med vozili v krožnem toku.

Uvozni radij

je radij desnega roba vozišča na uvozu v krožno križišče, ki usmerja vozila proti krožnem vozišču.

Izvozni radij

je radij desnega roba vozišča na izvozu iz krožnega križišča, ki usmerja vozila iz krožnega vozišča.

Ločilni otok - otok za pešce

je deniveliran element krožnega križišča, ki ločuje uvoz in izvoz iz krožnega križišča, usmerja vozila v pravilno uvažanje in izvažanje iz krožnega križišča in zagotavlja višjo raven prometne varnosti pešcev in kolesarjev pri prečkanju kraka krožnega križišča.

Oblika ločilnega otoka je odvisna od velikosti krožnega križišča (trikotni ali kapljasti).

Uvozna širina (e)

je širina lijakastega uvoza (sl.2.2); meri se pravokotno, od uvoznega radija do presečišča podaljška desnega roba otoka za pešce in talne signalizacije, ki označuje zunanji rob krožnega vozišča.

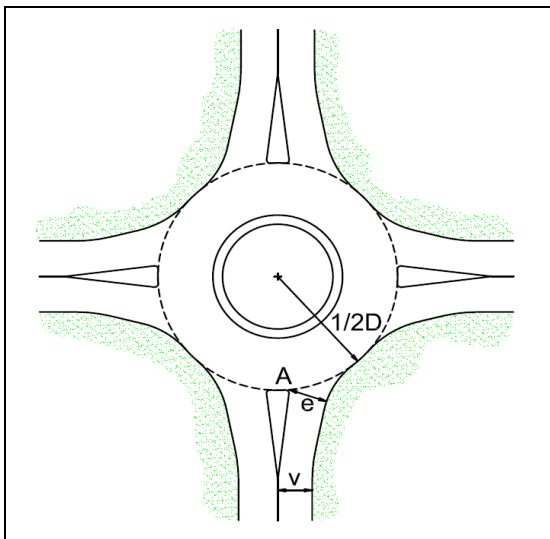
Širina voznega pasu (v)

je širina voznega pasu dostopne ceste, pred pričetkom krožnega križišča (sl.2.2).

Povprečna efektivna dolžina razširitve (l')

je povprečna dolžina razširitve na uvozu v krožno križišče (sl. 2.3). V primeru, če na uvozu

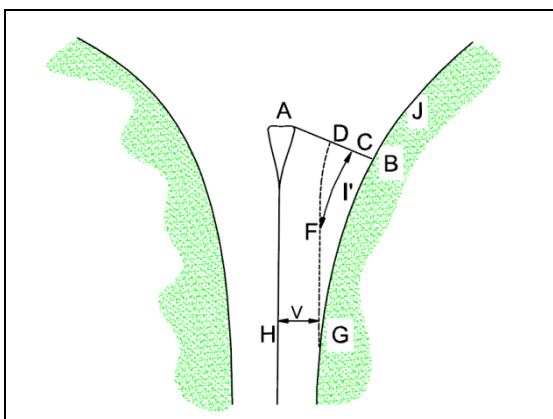
ni izvedene razširitve, desni rob vozišča na uvozu sledi liniji GFD, vhodna širina pa je enaka širini voznega pasu. BA je pravokotnica na vhodno krivino in je dolžine e . Dolžina daljice BD je $e-v$, dolžina daljice BC pa je $(e-v)/2$. Povprečna efektivna razširitev je CF, oddaljena za $(e-v)/2$ od desnega roba vozišča. Oddaljenost CF, ki je enaka l' imenujemo povprečna efektivna dolžina razširitve.



Slika 2.2. Vhodna širina e in širina voznega pasu v

Ostrost (stopnja) razširitve

je določena z razmerjem $S=1.6(e-v)/l'$ (sl. 2.3). Je merilo za stopnjo razširjanja od v do e vzdolž povprečne efektivne dolžine razširitve l' .



Slika 2.3 Povprečna efektivna dolžina razširitve

Večje vrednosti ustrezajo kratkim, ostrim razširitvam. Majhne vrednosti ustrezajo dolгим, postopnim razširitvam.

Uvozni kot (Φ)

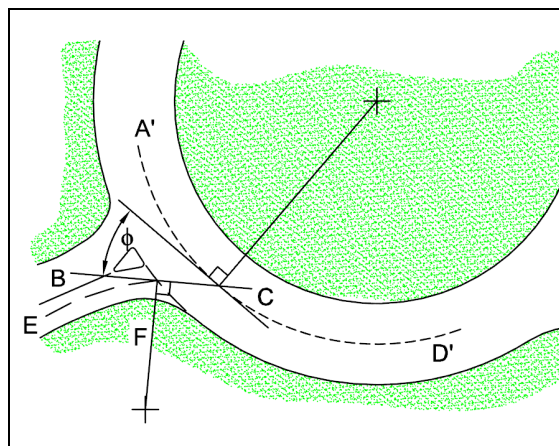
je kot, ki ga določata tangenti na sredinski črti uvoznega pasu in krožnega vozišča na mestu, kjer sredinska črta uvoznega pasu seka zunanji radij krožnega križišča oz. na mestu, kjer

podaljšek prve tangente seka sredinsko krožnega vozišča.

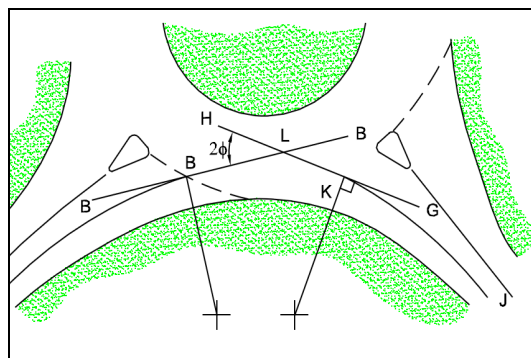
V praksi lahko nastopita dva primera, odvisno od dolžine krožnega segmenta med dvema zaporednima vhodoma.

Prvi primer: velika dolžina krožnega segmenta (sl. 2.4)

Črta BC je tangenta na krivuljo EF (sredinsko vozišča na vходу) v točki, kjer krivulja EF seka zunanji radij krožnega križišča. Kot Φ je kot med BC in tangento na sredinsko krožnega vozišča v točki, kjer BC seka A'D'.



Slika 2.4. Velika dolžina krožnega segmenta

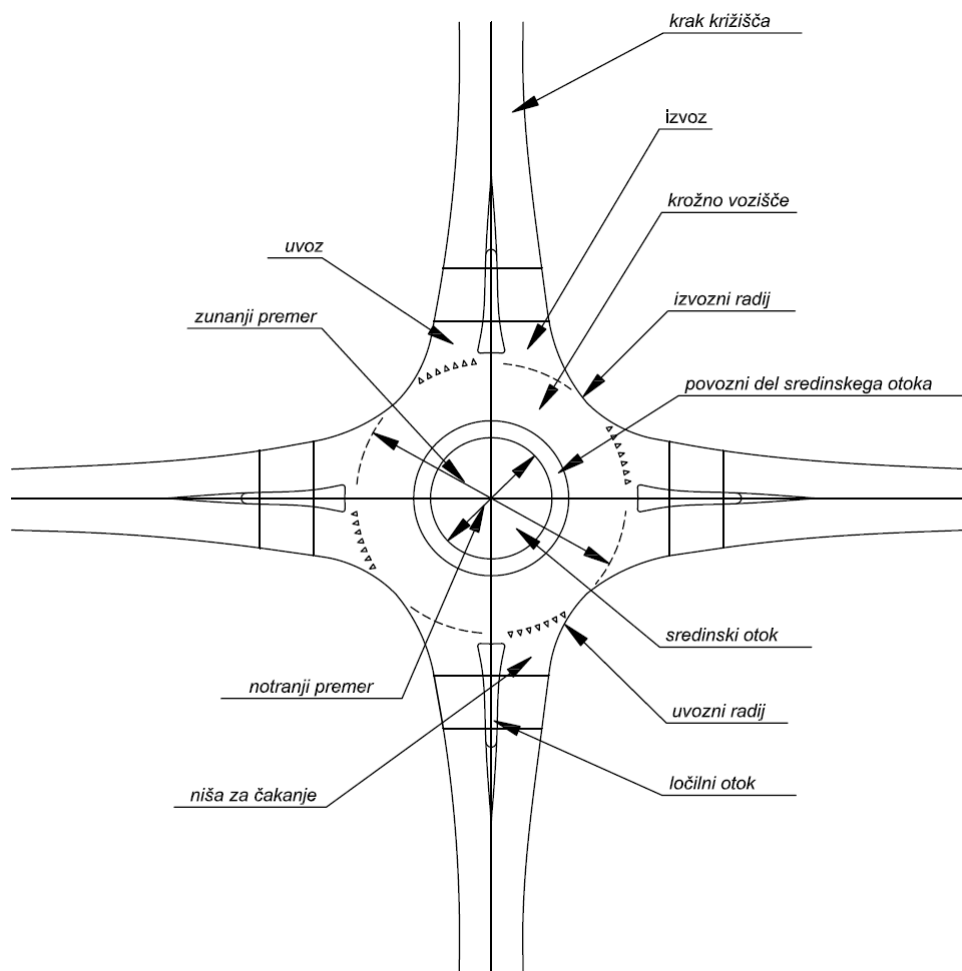


Slika 2.5. Majhna dolžina krožnega segmenta

Drugi primer: mala dolžina krožnega segmenta (sl. 2.5)

Črta BC je identična kot pri velikih dolžinah krožnega segmenta. Črta GH je tangenta na krivuljo JK, ki je sredinska vozišča na izhodu. Tangenta GH je v točki, kjer sredinska vozišča na izhodu seka zunanji radij krožnega križišča. BC in GH se sekata v točki L. BLH oklepata kot 2Φ . Polovični kot je kot Φ .

Osnovni elementi standardnega enopasovnega krožnega križišča so predstavljeni na sliki 2.6.



Slika 2.6. Osnovni elementi standardnega enopasovnega krožnega križišča

4. Splošno o krožnih križiščih

4.1 Posebnosti krožnih križišč

Posebnosti krožnih križišč, po katerih se razlikujejo od klasičnih nivojskih križišč, so:

- krožna križišča so križišča s kombinacijo prekinjenega in neprekinjenega prometnega toka,
- prednost imajo vozila v krožnem toku pred vozili na uvozi v križišče (v krožnih križiščih torej ne velja "pravilo desnega"),
- vozilo na uvozu v krožno križišče se, v primeru prostega krožnega vozišča, ne ustavlja temveč z zmanjšano hitrostjo uvozi v krožni tok,
- krožna križišča, ne glede na tip in način izvedbe, omogočajo le vožnjo z majhnimi hitrostmi in velikim zasučnim kotom prednjih koles,
- za pešce in kolesarje v krožnih križiščih veljajo enaka pravila kot v klasičnih križiščih,

- v krožnih križiščih je prepovedana (pa tudi nepotrebna) vzvratna vožnja,
- dolгим vozilom je dovoljeno tekom vožnje po krožnem vozišču uporabljati tudi neasfaltirani (tlakovani) del krožnega vozišča (povozni del sredinskega otoka); za majhna vozila za to ni potrebe.

4.2 Prednosti in pomanjkljivosti

Prednosti krožnih križišč pred klasičnimi nivojskimi križišči so predvsem v njihovih naslednjih lastnostih:

- visoka raven prometne varnosti (manjše število konfliktnih točk kot pri klasičnih nivojskih križiščih, eliminacija konfliktnih točk križanja in prepletanja, manjše hitrosti trkov z nemotoriziranimi udeleženci v prometu, nemogoča vožnja skozi križišče brez zmanjšanja hitrosti ...),
- možnost prepuščanja prometnih tokov velikih jakosti,
- manjši čakalni časi (kontinuiranost vožnje),
- manjši hrup in emisija škodljivih plinov,

- manjša poraba prostora (kot pri nivojskih s pasovi za zavijalce pri enaki kapaciteti),
- dobra rešitev pri križanjih s približno enako jakostjo prometnega toka na glavni in stranski prometni smeri,
- dobra rešitev pri večkrakih križiščih (pet ali več),
- manjše posledice prometnih nesreč (ni čelnih trkov in trkov pod pravim kotom),
- manjši stroški vzdrževanja (kot pri semaforiziranih križiščih),
- dobra rešitev kot ukrep za umirjanje prometa v urbanih območjih,
- estetski videz.

Pomanjkljivosti krožnih križišč pa so:

- s povečanjem števila pasov v krožnem vozišču se raven prometne varnosti zmanjšuje (nasprotno od klasičnih nivojskih križišč),
- večje število krožnih križišč v vrsti ne omogoča sinhronizacije ("zelenega vala"),
- težave s pomanjkanjem prostora za izvedbo sredinskega otoka v pozidanem območju,
- prometa v krožnem križišču ni možno voditi s prometno policijo,
- krožna križišča niso priporočljiva pred inštitucijami za slepe in slabovidne ter slušno motene, pred domovi za ostarele, bolnišnicami in zdravstvenimi domovi in na vseh drugih mestih, kjer nemotorizirani udeleženci v prometu zaradi svojih začasnih ali trajnih fizičnih prizadetosti ne morejo varno prečkati ceste brez svetlobnih signalnih naprav,
- krožna križišča velikih dimenzij niso priporočljiva pred otroškimi vrtci in šolami ter na drugih mestih z velikim številom otrok,
- možni problem s prepustno sposobnostjo pri močnem prometnem toku nemotoriziranih udeležencev, seka enega ali več krakov enopasovnega krožnega križišča,
- naknadna semaforizacija ne vpliva bistveno na povečanje kapacitete.

Vsled tega je potrebno za vsak primer posebej presoditi primernost uvedbe krožnega križišča. Primernost uvedbe krožnega križišča se določi na osnovi presoje izpolnjevanja splošnih kriterijev za upravičenost izvedbe krožnega križišča.

4.3 Delitev krožnih križišč

4.3.1 Delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost

V splošnem lahko razdelimo krožna križišča glede na lokacijo in velikost v naslednje skupine.

Tabela 4.1: Delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost

Tip krožnega križišča	Zunanji premer [m]	Okvirna kapaciteta [voz./dan]
Mini urbano	14 - 25	10.000
Majhno urbano	22 - 35	15.000
Srednje veliko urbano	30 - 40	20.000
Srednje veliko izvenurbano	35 - 45	22.000
Krožno križišče s spiralnim potekom krožnega vozišča (srednje veliko, urbano in izvenurbano)	40 - 70	40.000
Veliko izvenurbano	> 70	-

Opomba: Okvirne kapacitete so le aproksimativne vrednosti za štirikraka krožna križišča z enakomerno porazdelitvijo prometnih tokov. V tabeli podane vrednosti so torej le informativne, pri reševanju konkretnih primerov pa je potrebno vsako krožno križišče prometno preveriti glede na dejanske prometne tokove in uporabljene projektne – tehnične elemente.

Mini krožno križišče

Uporaba v strnjenih urbanih okoljih z namenom umirjanja prometa. Pričakovana hitrost vozil je do 25 km/h. Pri vodenju kolesarjev se uporablja vzporedno vodenje (ob zunanjem robu krožnega vozišča). Zaradi majhnih dimenzij mini krožnih križišč so ločilni otoki montažni in velikosti, ki so manjše od minimalnih dovoljenih za majhna in srednje velika krožna križišča. V primerjavi s klasičnim nesemaforiziranim križiščem ima mini krožno križišče praviloma večjo kapaciteto z neprimerno večjo varnostjo udeležencev v prometu, hkrati pa nizke stroške za izvedbo.

Projektiranje le-teh zahteva poseben pristop.

Majhno krožno križišče

Izvajajo se načeloma le v urbanih okoljih. Pričakovana hitrost vožnje skozi majhna krožna križišča je pod 30 km/h. Pri bolj obremenjenih majhnih krožnih križiščih se priporoča uporaba deniveliranih kolesarskih stez. Zelo pogosta uporaba tovrstnih krožnih križišč je na vhodih v manjša naselja, kjer poleg opozorila voznikom,

da se spreminjajo pogoji vožnje, nudijo tudi neomejene možnosti krajinskega in arhitektonskega oblikovanja.

Srednje veliko krožno križišče

Načeloma se uporabljajo na bolj obremenjenih vozliščih v urbanih okoljih. Projektno – tehnični elementi morajo biti izbrani tako, da zagotavljajo maksimalne hitrosti vozil do 40 km/h. Velik poudarek je na vodenju pešcev in kolesarjev, ki so višinsko ločeni od vozišča. Ločilni otoki omogočajo zadosten prostor za varovanje kolesarja med voznimi pasovi na uvozu/izvozu.

Krožno križišče s spiralnim potekom krožnega vozišča

Krožno križišče s spiralnim potekom krožnega vozišča se lahko izvede kot urbano in izvenurbano.

Načeloma jih predvidimo na mestih, kjer ni za pričakovati velikega števila pešcev in kolesarjev. Izvenurbano krožno križišče s spiralnim potekom krožnega vozišča je večjega zunanega premera od urbanega krožnega križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča.

Projektno – tehnični elementi krožnega križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča v urbanem okolju morajo biti izbrani tako, da zagotavljajo maksimalne hitrosti vozil do 40 km/h.

Projektno – tehnični elementi krožnega križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča izven urbanega okolja morajo biti izbrani tako, da zagotavljajo maksimalne hitrosti vozil do 50 km/h.

Potekanje nemotoriziranega prometa na območju krožnega križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča v urbanem okolju mora biti praviloma izvedeno v drugi ravnini.

Krožna križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča niso predmet obdelave pričujoče specifikacije

Veliko krožno križišče

Izvaja se izjemoma, navadno na avtocestnih pristopih k mestu. Projektiranje le-teh zahteva poseben pristop. Kolesarski in peš promet se vodita ločeno in nista sestavni del takih krožnih križišč. Velika krožna križišča niso predmet obdelave pričujoče specifikacije.

4.3.2 Delitev krožnih križišč glede na namembnost

Po namembnosti ločimo tri osnovne tipe krožnih križišč:

- krožna križišča za umirjanje prometa: izvedba v urbanih in prehodnih območjih,
- krožna križišča za omejevanje prometa: izvedba v urbanih območjih, kjer hočemo omejiti in z ustreznimi geometrijskimi elementi zagotoviti maksimalno dopustno ali v naprej predpisano kapaciteto
- krožna križišča za zagotavljanje čim večje kapacitete pri zadostni varnosti: samo izven urbanih območij.

4.3.3 Delitev krožnih križišč glede na število krakov

Glede na število krakov ločimo krožna križišča:

- s tremi kraki,
- s štirimi kraki,
- s petimi in več kraki...

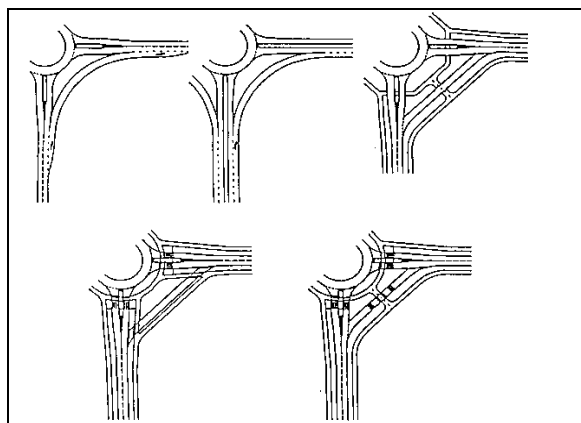
4.3.4 Delitev krožnih križišč glede na način vodenja posameznih smeri

Glede na način vodenja posamezne smeri ločimo:

- nivojsko vodenje,
- izvennivojsko vodenje.

Pri nivojskem vodenju krakov krožnega križišča poznamo dve izvedbi vodenja pasov priključkov:

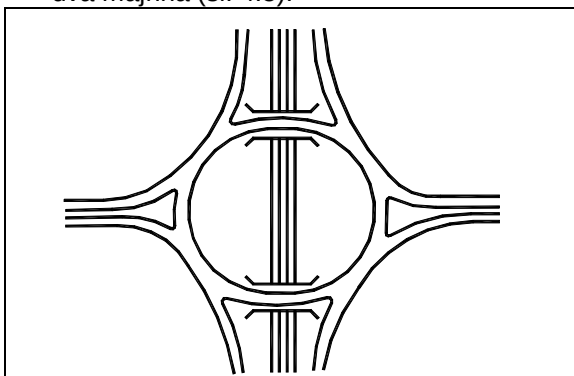
- vodenje pasov v krožno križišče in
- vodenje pasov mimo krožnega križišča (direktno) (sl. 4.3)



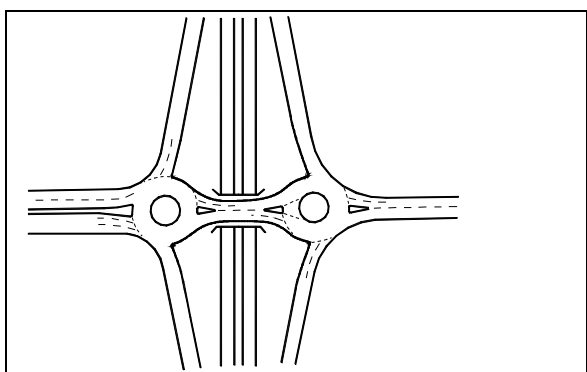
Slika 4.3 Vodenje pasov mimo krožnega križišča (direktno vodenje)

Pri izvennivojskem vodenju krakov krožnega križišča (n.pr. namesto diamanta) poznamo dve izvedbi:

- eno veliko (sl. 4.4),
- dva majhna (sl. 4.5).



Slika 4.4 Eno veliko



Slika 4.5 Dva majhna

4.3.5 Delitev krožnih križišč glede na način izvedbe

Glede na način izvedbe krožnega križišča ločimo:

- montažno izvedbo,
- fiksno izvedbo.

4.3.6 Delitev krožnih križišč glede na potek krožnega vozišča

Glede na potek krožnega vozišča ločimo krožna križišča s krožnim voziščem:

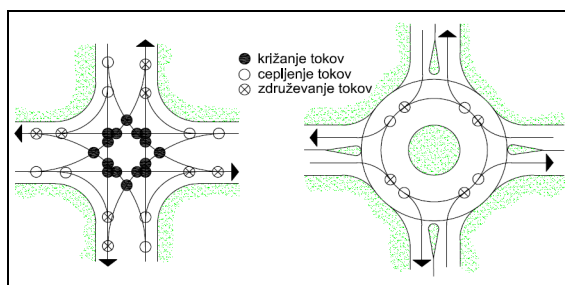
- v obliki koncentričnih krogov,
- s spiralnim vodenjem.

4.4 Prometna varnost v krožnih križiščih

4.4.1 Motorni promet

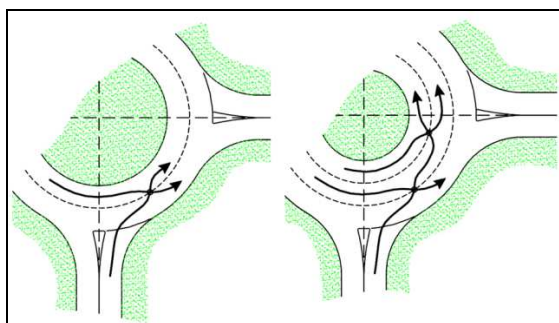
S stališča zagotavljanja prometne varnosti je (v primerjavi s klasičnimi tri - in štirirakimi križišči) glavna prednost enopasovnih krožnih križišč v eliminaciji konfliktne površine in konfliktnih točk prvega (križanje) in drugega (prepletanje) reda ter zmanjšanje števila konfliktnih točk tretjega (priključevanje, odcepljanje) reda (sl.3.1).

Teoretično ima klasično štirirako križišče 32 konfliktnih točk (16 križanja, 8 cepljenja in 8 združevanja), enopasovno štirirako krožno križišče pa le 8 točk nižjega reda (4 cepljenja in 4 združevanja).



Slika 3.1 Konfliktne točke v štirirakem klasičnem in štirirakem krožnem križišču

V primeru, da krožno vozišče tvorita dva vozna pasova, se število konfliktnih točk poveča za konfliktne točke prepletanja, katerih število je teoretično enako številu priključnih cest, vendar je to število še vedno manjše od 32. Raven prometne varnosti pa se hitro poslabša z uvedbo dodatnih vozniških pasov (tri ali več).



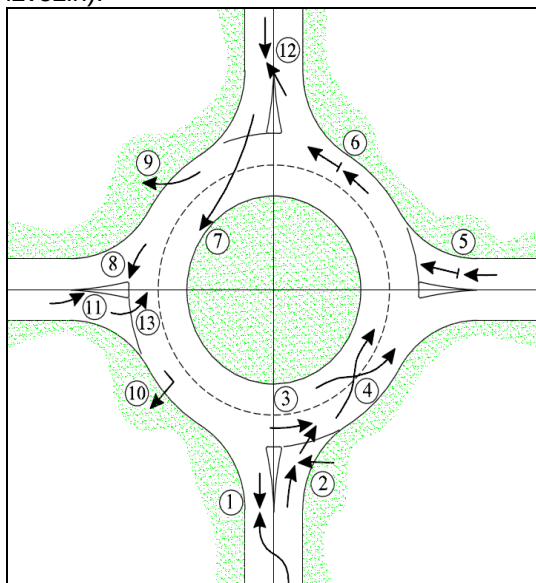
Slika 3.2. Konfliktna točka prepletanja in konfliktni odsek

Praktično gledano pa pri krožnih križiščih z dvema ali več vozniškimi pasovi v krožnem toku ne govorimo le o konfliktnih točkah temveč tudi o konfliktnih odsekih, saj vozniku z ničemer ni določeno mesto, na katerem naj bi zamenjal vozni pas v krožnem vozišču (sl. 3.2). To je (poleg - običajno - večje dovoljene hitrosti vožnje) tudi eden od glavnih tehničnih vzrokov, da so velika krožna križišča manj varna od

majhnih. Vzrok je torej v osnovni lastnosti velikih krožnih križišč.

Pri krožnih križiščih je možnih nekaj tipov prometnih nesreč, ki jih pri klasičnih križiščih ni (sl. 3.3). Tudi posledice prometnih nesreč v krožnih križiščih so bistveno drugačne kot pri klasičnih. Predvsem so manjše in načeloma brez smrtnih žrtev in težkih telesnih poškodb. Vzrok za to je v tem, da v krožnih križiščih ni čelnih trkov, kjer so posledice prometnih nesreč največje. Pri krožnih križiščih so trki med vozili večinoma stranski, pod ostrim kotom ali, vsled naletov, od zadaj.

Trki med motornimi vozili in kolesarji (pešci), ki prečkajo krak krožišča, so enaki kot pri klasičnih križiščih, le posledice trkov so nekoliko manjše (vsled zmanjšane hitrosti na uvozi in izvozi).



Slika 3.3. Tipi prometnih nesreč v dvopasovnem krožnem križišču

kjer je:

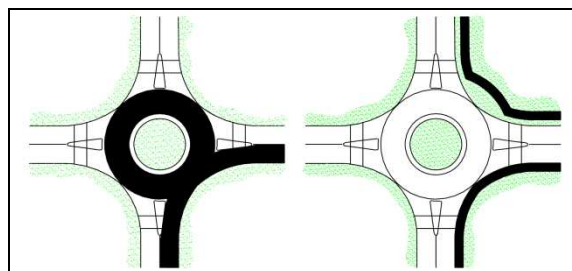
1. prehitivanje pred križiščem
2. trk s pešcem/kolesarjem
3. trk pri uvozu
4. trk pri menjavi voznega pasu
5. nalet od zadaj pri uvozu
6. nalet od zadaj pri izvozu
7. trk v sredinski otok
8. trk v ločilni otok pri izvozu
9. zdrs s krožnega križišča
10. prevrnitev
11. trk v ločilni otok pri uvozu
12. zanašanje (zdrs) pri izvozu
13. vožnja v nasprotno smer

4.4.2 Pešci in kolesarji

Prometna varnost pešcev in kolesarjev je odvisna predvsem od pravilne izvedbe vertikalne in horizontalne signalizacije in ločilnih otokov ter uporabljenega načina vodenja kolesarskega prometa v območju krožnega križišča.

Načeloma poznamo tri načine vodenja kolesarjev v območju krožnega križišča, vendar sta za slovenske razmere primerna dva načina (sl. 3.4):

- mešano vodenje kolesarskega in motornega prometa in
- samostojno vodenje (vzporedno z robniki ali v obliki koncentričnega kroga).



Slika 3.4. Možna načina vodenja kolesarjev v območju krožnega križišča

Samostojno vodenje kolesarjev v območju krožnega križišča je varnejši način. Vsa križanja motornega prometa s pešci in kolesarji se izvajajo pod pravim kotom, s čimer je pregledno polje udeležencev, ki se križajo, najprilnejše oblike. S tem je doseženo tudi, da so edine konfliktné točke na mestih prehodov preko krakov krožnega križišča, pa še na teh mestih so pešci in kolesarji (delno) zavarovani z otoki.

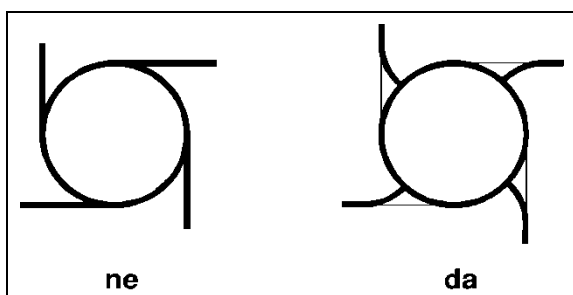
Mešano vodenje kolesarskega in motornega prometa je manj varno, zato tak način vodenja kolesarskega prometa uporabljamo le v krožnih križiščih v naseljih z majhno prometno obremenitvijo motornega prometa.

Oprelitev za enega od dveh načinov vodenja kolesarjev v območju krožnega križišča v naselju se izvede na osnovi jakosti in strukture motornega prometa, jakosti toka kolesarjev in položaja krožnega križišča v cestni mreži naselja.

4.5 Ukrepi za zagotavljanje prometno varnega krožnega križišča

Po preveritvi ustreznosti lokacije in položaja v cestni mreži, je potrebno pri oblikovanju krožnega križišča v največji možni meri upoštevati naslednje:

Vodenje krakov cest v krožno križišče naj bo čimbolj pravokotno (zmanjšanje hitrosti, pregledno polje pravilne oblike ...). Primerno vključevanje vozila v krožni tok dosežemo z izbiro uvoznega radija primerne velikosti (velikost hitrosti na uvozu v krožno vozišče je v direktni povezavi z velikostjo uvoznega radija). Tangencialno vodenje uvoznega pasu v križišče povzroča nerazumljivost pravila prednosti vozil v krožnem toku pred vozili na uvozu, velike hitrosti vozil na uvozu, nepreglednost pri vključevanju vozil v križišče in nalete vozil. Tangencialno vodenje izvozov iz krožnega križišča hkrati zahteva veliko sukanje volana in povzroči veliko pokrito površino (sl. 3.5). Vodenje krakov v krožno križišče naj bo torej čimbolj pravokotno. Če je le možno, naj se podaljški osi krakov krožnega križišča sekajo v eni točki - centru krožnega križišča.

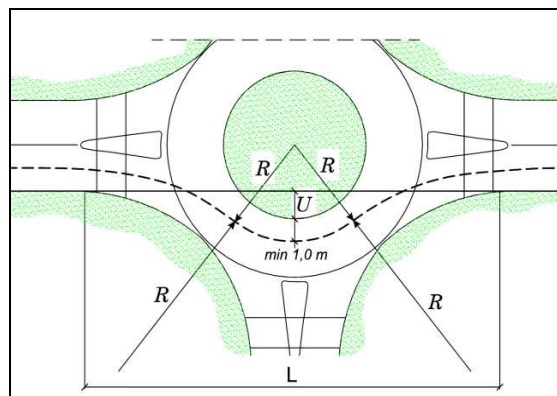


Slika 3.5 Vodenje krakov v krožno križišče

Širina uvoza v križišče in dolžina razširitve; najnevarnejši manever v krožnem križišču je uvažanje v krožno križišče, ki se opravi na relativno majhnem prostoru. Zato je zelo pomembna njegova oblika, tako zaradi prometne varnosti (vožnja z minimalno hitrostjo in čakanje na prazen prostor za vključevanje v krožni tok) kot zaradi kapacitete (čakalni časi);

Ukrivljenost poti vozila skozi krožno križišče (sl. 3.6) ima enega od največjih vplivov na prometno varnost pri vožnji skozi krožno križišče. Krivulja sledi mora imeti obliko dvojne S krivine, ki jo sestavljajo trije radiji, katerih velikosti morajo biti medsebojno usklajene. Večja, ko je ukrivljenost krivulje, manjša je hitrost vožnje na uvozu in večja je raven prometne varnosti krožnega križišča. Na ukrivljenost krivulje lahko vplivamo na dva načina:

- s spreminjanjem velikosti sredinskega otoka (bolj ugodno vendar v praksi večkrat neizvedljivo),
- z obliko ločilnih otokov (manj ugodno vendar večkrat izvedljivo).



Slika 3.6 Ukrivljenost poti vozila skozi krožno križišče

Za formiranje zunanjega roba voznega pasu na uvozu in izvozu iz krožnega križišča je potrebno upoštevati splošna pravila za projektiranje cestne osi in robov.

Uvozni in izvozni radiji; velikosti izvoznih radijev so odvisne od velikosti krožnega križišča, števila voznih pasov v krožnem toku in oblike sredinskega ločilnega otoka (stožec ali lijak).

Velikosti izvoznih radijev morajo vedno biti večje od velikosti uvoznih radijev, le izjemoma pa so lahko enake.

Pri majhnih enopasovnih krožnih križiščih ($8\text{ m} \leq R_n \leq 14,5\text{ m}$) in srednje velikih krožnih križiščih ($14,5\text{ m} \leq R_n \leq 21\text{ m}$) s sredinskimi ločilnimi otoki stožčaste oblike, je primerna uporaba izvoznega radija velikosti 12 m oz. 15 m .

Pri velikih enopasovnih krožnih križiščih ($21\text{ m} \leq R_n \leq 31\text{ m}$) s sredinskimi ločilnimi otoki stožčaste oblike, je primerna uporaba izvoznega radija velikosti 15 m .

Pri velikih enopasovnih krožnih križiščih ($21\text{ m} \leq R_n \leq 31\text{ m}$) s sredinskimi ločilnimi otoki lijakaste oblike, se lahko uporabljajo izvozni radiji velikosti od 15 m do 18 m .

Velikosti uvoznih in izvoznih radijev v montažnih krožnih križiščih so identične velikostim teh radijev pri krožnih križiščih v fiksni izvedbi. Kriterij za izbiro velikosti radija je torej velikost krožnega križišča in ne način izvedbe.

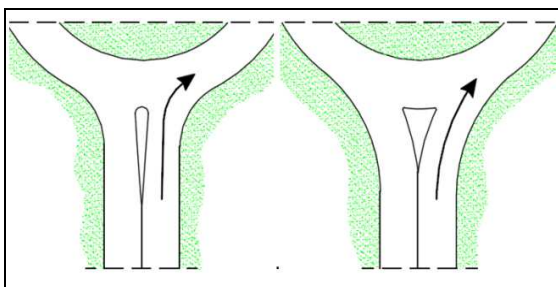
Velikosti uvoznih in izvoznih radijev pri turbo krožnih križiščih so obdelane v posebnem poglavju.

Prehodi za pešce in kolesarje naj bodo postavljeni navzven iz krožnega križišča za dolžino enega do dveh vozil (niša za čakanje). Dolžina niše za čakanje je odvisna od velikosti krožnega križišča oz. velikosti (dolžine) sredinskih ločilnih otokov.

Minimalna dolžina niše za čakanje naj bo 4.5 m, največja pa 10 m. Navedene dolžine ustrezajo enemu oz. dvema osebnima voziloma oz. enemu dolgemu vozilu.

Z izvedbo niše za čakanje se izboljšata prometna varnost nemotoriziranih udeležencev v prometu, hkrati pa se poveča tudi prepustnost krožnega križišča, saj kolesarji in pešci v manjši meri ovirajo vključevanje vozil v krožni tok.

Ločilni otoki naj bodo prilagojeni velikosti krožnega križišča: pri velikih krožnih križiščih naj se uporabljajo ločilni otoki trikotne, pri majhnih pa kapljaste oblike (sl. 3.7).



Slika 3.7 Oblika ločilnega otoka v odvisnosti od velikosti krožnega križišča (majhno krožno križišče = kaplja, veliko krožno križišče = trikotnik)

Odvodnjavanje krožnega križišča; prečni nagib krožnega pasu navzven je pogostejši, saj je lažje izvedljiv prehod med priključki in krožnim pasom, enostavnejše pa je tudi odvodnjavanje. Slabosti prečnega nagiba navzven (negativnega), pa se pokažejo v primerih zmanjšane koeficienta oprijemljivosti med pnevmatikami in voziščem (dež, poledica...), saj le-ta ne zadošča za prevzem centrifugalne sile, ki deluje na vozilo v krožnem toku.

Vsled tega je pri velikih krožnih križiščih (ki omogočajo večje hitrosti vožnje po krožnem toku) potrebno preveriti stabilnost vozila v takih primerih. Prečni nagib krožnega pasu navznoter je (tehnično gledano) pravilnejši, vendar je pravilna izvedba odvodnjavanja in vijačenja priključkov precej zahtevnejša.

Povozni del sredinskega otoka mora biti izveden tako, da bo vozila odvrčal od vožnje (grobozrnati materiali, tlakovano), hkrati pa tako, da bo omogočal vožnjo dolgim vozilom. Izvaja se le pri majhnih in srednje velikih krožnih križiščih, v širini 1 - 2 m (odvisno od velikosti notranjega radija).

Stik povoznega dela sredinskega otoka in krožnega vozišča je smiselno denivelirati (2-3 cm).

Razsvetljava krožnega križišča pogojuje prometno varnost krožnega križišča ponoči.

Kontrola hitrosti vožnje skozi krožno križišče je eden od pomembnejših podatkov za oceno ravni prometne varnosti. Manjša hitrost motornega prometa vodi k mirnejšem potekanju prometa, pri čemer je možno posvetiti več pozornosti ostalim udeležencem v prometu, zmanjša pa se tudi možnost nastanka prometnih nesreč z težkimi posledicami.

Kriterij, ki bi ga naj zagotovili je, da hitrost pri ravnem prehodu (polovica kroga) ne preseže vrednosti 30 km/h oz. 35 km/h. Kontrola se izvede s pomočjo elementov, navedenih v sliki 3.6 in dveh enačb, navedenih v nadaljevanju poglavja.

Pred kontrolo je potrebno določiti velikost dveh elementov.

Prvi element je dolžina L med začetkom zaokrožitve na vходу in koncem zaokrožitve na izhodu. L je odvisna od velikosti radijev zaokrožitve in zunanjega radija krožnega križišča.

Drugi element je U (ukrivljenost, defleksija), ki predstavlja oddaljenost med robom sredinskega otoka in desnim robom vozišča na izhodu (merjeno na začetku zaokrožitve).

Vpliv večje U (večji radij sredinskega otoka) na zmanjšanje hitrosti je večji od vpliva dolžine L (pri zmanjšanju zaokrožitve). Za enak vpliv je potrebno mnogo večje zmanjšanje L kot povečanje U (približen faktor je 8).

Hkrati velja tudi, da se prevoznost dolgih vozil izboljšuje z uporabo večjih radijev zaokrožitev bolj, kot z zmanjšanjem polmera sredinskega otoka, pri čemer se ne zmanjša vpliv zmanjšanja hitrosti v krožnem toku za osebna vozila. Večji radiji zaokrožitev imajo za posledico večjo pretočnost na izhodu in s tem možnost hitrejšega izvoza.

Polmer krivulje vozne linije je:

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

Dobre rešitve so tiste, pri katerih je vrednost R med 22 in 23 m.

Pri majhnih polmerih krivulje vozne linije je povezava med hitrostjo prehoda skozi krožno križišče in polmerom vozne linije naslednja:

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

kjer je V [km/h] in R [m].

Pri dobrih rešitvah je vrednost hitrosti prevoza okoli 30 km/h. V kolikor je pri majhnih krožnih križiščih dobljena vrednost večja od 35 km/h, je potrebno korigirati projektne elemente. Po vsaki spremembi projektnega elementa je potrebno ponovno preveriti vpliv spremembe.

Če kateremu od zgoraj naštetih ukrepov za zagotavljanje prometno varnega krožnega križišča ni zadoščeno, je odstopanje od teh opredelitev potrebno posebej utemeljiti.

Podhodi in nadhodi kot ukrep za izboljšanje prometne varnosti pešcev in kolesarjev: v krožnih križiščih, ki omogočajo velike hitrosti vožnje (velika enopasovna in turbo krožna križišča), ni priporočljiva izvedba nivojskega prehoda za pešce in kolesarje.

V takih primerih je potrebno preveriti in utemeljiti smiselnost izvedbe podhoda ali nadhoda, v odvisnosti od jakosti in strukture motornega prometa, števila in strukture pešcev in položaja krožnega križišča v cestni mreži.

Druga možnost je uvedba svetlobnih opozorilnih znakov.

Semaforizacija peš prehodov pri novih krožnih križiščih ni smiselna.

5. Enopasovna krožna križišča

5.1 Kriteriji za upravičenost izvedbe enopasovnega krožnega križišča

Pri sprejemanju odločitve o izvedbi krožnega križišča si je potrebno postaviti dve vprašanji:

Kdaj izvesti krožno križišče? in Zakaj izvesti krožno križišče?

Odločitev o izvedbi krožnega križišča naj bo strokovno utemeljena in podkrepljena z argumenti, ki izhajajo iz dokazil o upravičenosti in smiselnosti izvedbe krožnega križišča.

Pri argumentaciji smiselnosti in upravičenosti izvedbe krožnega križišča se poslužujemo preveritve izpolnjevanja kriterijev za izvedbo krožnega križišča.

V nadaljevanju so predstavljeni le globalni kriteriji, ki jih uporabljamo pri presoji smiselnosti in upravičenosti izvedbe krožnih križišč. Nabor kriterijev predstavlja dobro strokovno podlago za sprejetje odločitev o izvedbi krožnega križišča.

Kriteriji so navedeni po vrstnem redu, kakor je pri obravnavanju rešitve s krožnim križiščem potrebno pristopiti v konkretnem primeru:

- funkcionalni kriterij,
- kriterij prepustnosti,
- prostorski kriterij,
- projektno-tehnični kriterij,
- kriterij prometne varnosti,
- ekonomski kriterij.

Funkcionalni kriterij

Pri presoji smiselnosti (upravičenosti) izvedbe krožnega križišča s stališča funkcionalnega kriterija gre za preveritev funkcije (notranji promet ali tranzitni), vloge (pretočnost ali prevoznost) in položaja (v ali izven urbanega območja) obravnavanega križišča v globalni cestni mreži nekega naselja ali širšega območja in za preveritev ali je krožno križišče ustrezna rešitev za pričakovano funkcijo, ki jo bo imela izbrana oblika (tip) križišča. Gre torej za pridobitev odgovora na vprašanje: **Kakšna je primarna vloga križišča?**

Kriterij prepustnosti

S kriterijem prepustnosti preverimo ustreznost rešitve s stališča kapacitete križišča glede na pričakovane jakosti prometnih tokov tudi na koncu planske dobe.

Odgovoriti je potrebno na vprašanje: **Ali bo rešitev ustrezala pričakovanim prometnim obremenitvam na koncu planske dobe?**

Prostorski kriterij

Pri preveritvi prostorskega kriterija ugotavljamo razpoložljivost prostora za izvedbo rešitve. Pri načrtovanju krožnega križišča predvsem za izvedbo sredinskega otoka oz. zunanega polmera krožnega križišča. Razpoložljivost prostora je v urbanem območju (okoliska pozidava) namreč lahko vprašljiva.

Gre torej za pridobitev odgovora na vprašanje: **Ali imamo na voljo dovolj razpoložljivega prostora?**

Projektno-tehnični kriterij

Opredelitev za izvedbo krožnega križišča je, s stališča prometno – tehničnega kriterija, primerna in priporočljiva predvsem pri križanjih:

- v obliki X, Y, A in K (oster kot sekanja),
- v obliki F in H (dve zaporedni T križišči na kratki medsebojni oddaljenosti),
- v primeru približno enake prometne obremenitve na glavni in stranski prometni smeri,
- v primeru majhnega števila levih zavijalcev,
- večjega števila krakov (pet ali več),

- kjer semaforizacija ni upravičena, je pa presežena kapaciteta nesemaforiziranega križišča.

Pri presoji tega kriterija gre za pridobitev odgovora na vprašanje: **Kakšne so okoliščine na obravnavanem mestu?**

Kriterij prometne varnosti

Presoja tega kriterija se izvaja v vseh primerih, ne glede na to ali gre za rekonstrukcijo ali novogradnjo, saj sta si prepustnost in prometna varnost lahko premo sorazmerna.

Še posebej je presoja tega kriterija pomembna pri opredelitvi za tip križišča ("klasično" ali krožno). Povedano konkretno: če je prevladujoči tip prometne nesreče v obstoječem klasičnem štirikrakem križišču čelni trk (med vozilom, ki v križišču zavija v levo in nasproti vozečim vozilom, ki nadaljuje z vožnjo skozi križišče naravnost) je izvedba krožnega križišča smiselna in upravičena. Če pa je prevladujoči tip prometne nesreče nalet vozila na vozilo, ki v križišču zavija v desno, pa je izvedba krožnega križišča nepotrebna in nesmiselna, saj zadošča že ločen pas za desne zavijalce.

Pri odločitvi je potrebno upoštevati vse vrste, število in lastnosti udeležencev v prometu, ki jih lahko pričakujemo v krožnem križišču.

Analizirati je potrebno: **Ali bo krožno križišče v obstoječih razmerah prometno varna rešitev za vse udeležence v prometu?**

Ekonomski kriterij

Ekonomski kriterij **predstavlja** ekonomsko upravičenost predlagane rešitve oz.: **Kolikšni bodo stroški (izvedbe in vzdrževanja) krožnega križišča?**

Pri presoji tega kriterija je smiselna izvedba primerjave z drugimi možnimi rešitvami (semaforiziranim križiščem, podhodom ...).

5.2 Kapacitetni izračun enopasovnega krožnega križišča

5.2.1 Splošno

Za vsako novo ali rekonstruirano krožno križišče je potrebno preveriti prepustnost.

Izračun je možno izvesti na dva načina.

Prvi način je iterativen (preverja se neka priporočena oblika - dimenzije - krožnega križišča, ki je bila izbrana na osnovi prostorskih, urbanističnih in/ali drugih meril). Na osnovi

kapacitetnega izračuna se lahko spreminjajo dimenzije projektnih elementov, vse dokler rezultati izračuna ne dajejo zadostno prepustnost na koncu planske dobe.

Drugi način izračuna je, da na osnovi znanih prometnih obremenitev iščemo optimalne projektne elemente, ki zagotavljajo zadostno prepustnost. V tem primeru sledi prostorska, urbanistična in/ali kakšna druga preveritev. Kapacitetni izračuni se lahko nanašajo na analizo obstoječega krožnega križišča, kjer z njimi preverjamo morebitne kapacitetne probleme, ki se pojavljajo v koničnih urah dneva. Običajno pa se izračuni nanašajo na rekonstrukcijo obstoječih križišč oziroma gradnjo novih krožnih križišč.

V primeru rekonstrukcije obstoječega križišča, ki je običajno tro ali štiri krako klasično nesemaforizirano ali semaforizirano križišče, je mogoče prometne obremenitve pridobiti s pomočjo štetja prometa na tipični dan v tednu. Izgibati se je potrebno obdobjem, ki niso tipična za obravnavano območje, kjer se analizirano križišče nahaja. Štetje običajno poteka 16 ur. Določiti je mogoče jutranjo in popoldansko konično urno obremenitev, lahko pa se določi tudi druge konične urne prometne obremenitve, v kolikor se te pojavljajo preko dneva. Kapacitetne izračune in/ali dimenzioniranje se izvede za vse ugotovljene konične obremenitve. Štetje se izvede po 15 minutnih intervalih, kar omogoča določitev faktorjev urnih konic (PHF). Pri določitvi merodajnih urnih obremenitev je potrebno upoštevati običajne ekvivalentne faktorje, ki pretvorijo vozila v eov (enote osebnih vozil) glede na strukturo vozil in PHF.

$$q_{mer} = \frac{q_{dej}}{PHF}, \quad PHF = \frac{q_{dej}}{4 * q_{15}^{max}},$$

$$q_{dej} = \sum q_i * E_i$$

kjer je:

q_{mer} merodajne prometne obremenitve, ki jih uporabimo v izračunu kapacitete, (eov/uro)

q_{dej} preštete konične urne obremenitve, upoštevana struktura prometnega toka, (eov/uro)

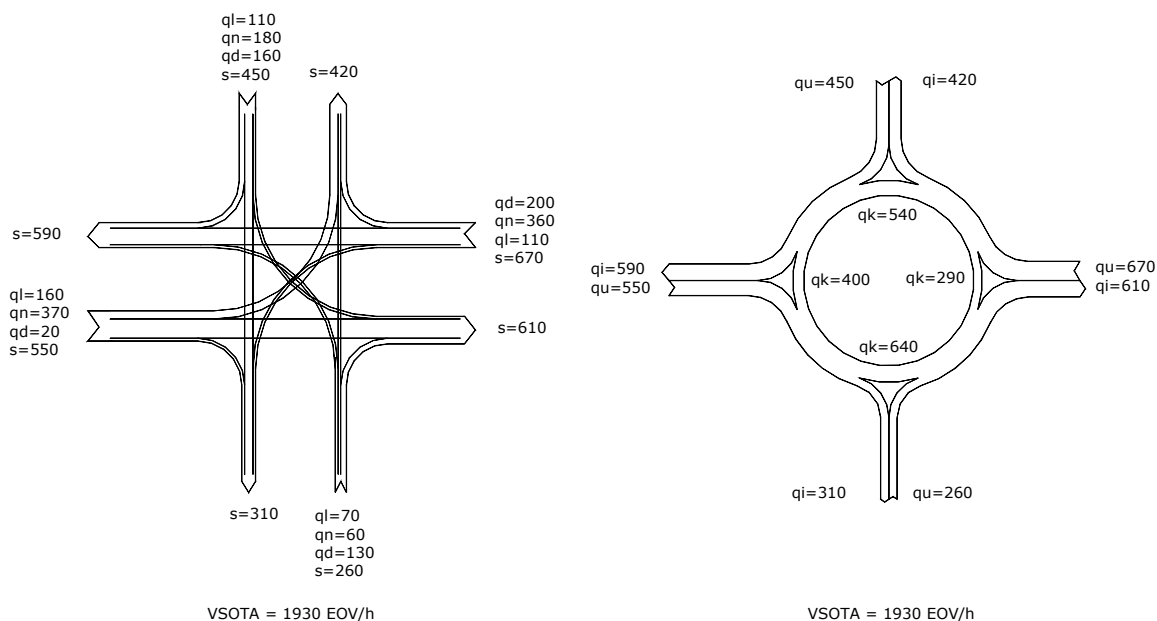
q_{15}^{max} preštete 15 maksimalne minutne obremenitve znotraj konične ure, upoštevana struktura prometnega toka (eov/15 minut)

q_i Preštete prometne obremenitve posameznih razredov (osebna vozila, tovorna vozila, bus..)

E ekvivalentni faktor za pretvorbo v eov

Pri določanju prepustnosti novega krožnega križišča je potrebno upoštevati predvidene prometne obremenitve na koncu planske dobe. Za analizo in/ali dimenzioniranje krožnega križišča za primer novogradnje je potrebno praviloma upoštevati povprečno letno stopnjo rasti (PLSR) v 20 letni planski dobi, v kolikor pa se analiza in/ali dimenzioniranje nanaša na

rekonstrukcijo obstoječega krožnega križišča, pa lahko pri določitvi planskih prometnih obremenitev izjemoma upoštevamo tudi 10 letno plansko dobo. Izračune je potrebno izvesti za konične obremenitve.



Slika 5.1 Primer pretvorbe prometnih obremenitev iz klasičnega štirirakega križišča v štirirako krožno križišče

V primeru rekonstrukcije obstoječega križišča v krožno križišče je izračun prepustnosti potrebno izvesti za dve ali več koničnih obremenitev (vsaj za jutranjo in popoldansko prometno obremenitev). Tudi v tem primeru je potrebno upoštevati predvideno stopnjo rasti prometa do konca planske dobe.

Za razliko od novih krožnih križišč je, v primeru rekonstrukcije običajnega (klasičnega) križišča v krožno križišče, potrebno izvesti tudi pretvorbo prometnih obremenitev s klasičnega na krožno križišče (sl. 5.1).

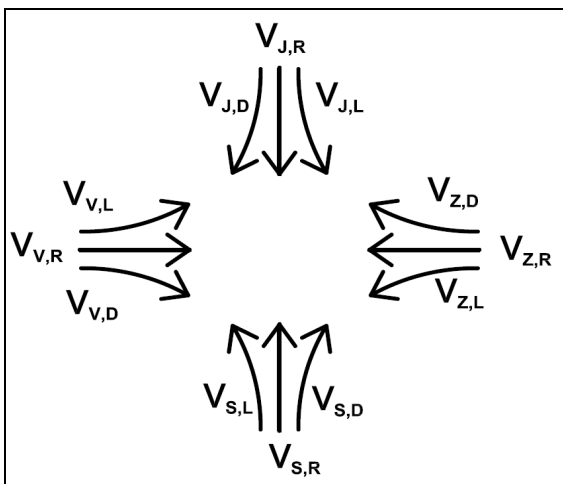
ne zavijajo (tj. vozijo naravnost). Štetje prometa na običajnih štiri in tro krakih križiščih ne predstavlja večjega problema.

Štetje prometa v krožnih križiščih je mnogo težje kot štetje prometa v klasičnih križiščih predvsem zaradi dejstva, da je problematično hitro ugotoviti v katerem izvozu bo določeno vozilo, ki se približuje po določenem priključku, zapustilo krožno križišče. V klasičnih križiščih namreč štejemo na preseku priključka pred vstopom v križišče, zato lahko enostavno in zelo hitro ugotovimo v katero smer bo zavilo vozilo (levo, naravnost, desno).

5.2.2 Štetje prometa v krožnih križiščih

Za kapacitetno analizo križišč potrebujemo podatke o obstoječih prometnih obremenitvah posameznega križišča (konične urne obremenitve). Oblika in vrsta podatkov je odvisna od programske opreme oziroma metode, ki jo za kapacitetno analizo uporabimo. Običajna programska oprema zahteva podatke o prometnih obremenitvah na vsakem od priključkov, za vsako smer posebej: število levih in desnih zavijalcev ter število vozil, ki v križišču

Iz slike 5.2 je razvidno kakšne podatke pridobimo pri takem štetju prometa v križišču. V splošnem vsak krak križišča poimenujemo z ustrezno oznako, ali pa glede na to v katero smer teče promet proti križišču. Promet s kraka v zgornjem delu slike, ki teče proti jugu, tako lahko označimo z indeksom J in črko L, R ali D glede na to v katero smer prometni tok zavija (levo, ravno ali desno). Podobno označimo prometne tokove, ki tečejo proti zahodu, severi in vzhodu.



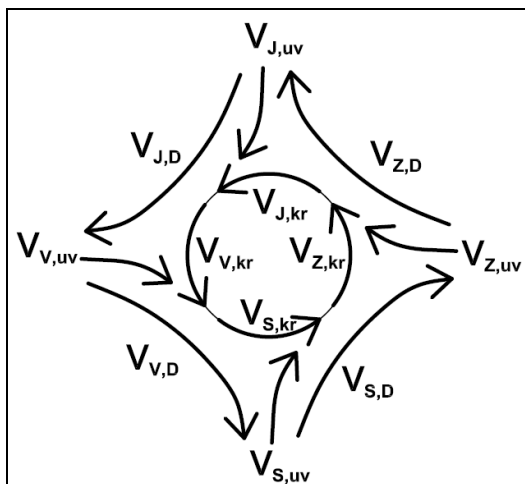
Slika 5.2 Podatki pri direktnem štetju

Štetje prometa v krožnih križiščih je precej bolj težavno od štetja prometa v klasičnem križišču. V krožnem križišču žal ne obstajajo posebni pasovi, po katerih bi vozili samo določeni zavijalci. Če pogledamo presek na uvozu v krožno križišče vidimo, da je prometni tok sestavljen iz vozil, ki bodo potem, ko bodo prevozila krožno križišče, zavila desno, vozila naravnost ali pa zavila levo. Prometni tok v preseku krožnega vozišča je sestavljen še celo iz več različnih prometnih tokov. Če je krožno vozišče več pasovno, pride v njem poleg tega še do prepletanja med različnimi prometnimi tokovi.

Štetje prometnih tokov v krožnem križišču pa je težavno tudi in predvsem zaradi načina vožnje skozi krožno križišče. Najbolj problematični so levi zavijalci. Vsako vozilo bi bilo namreč potrebno opazovati od uvoza do izvoza, da ugotovimo v kateri smeri je. Ker je razdalja med tema dvema točkama v krožnem križišču lahko zelo velika (še posebej pri levih zavijalcih) je za vsako vozilo potrebnega več časa in/ali več števecov.

V kolikor ni na razpolago elektronske in/ali video opreme za izvedbo štetja v obstoječih krožnih križiščih, je mogoče štetje izvesti tudi t.i. ročno. Ena izmed možnosti, ki ne zahteva velikega števila števecov je "indirektno štetje" (sl. 5.3). Na vsakem kraku posebej je potrebno šteti tri tipe uporabnikov krožnega križišča iz česar potem izračunamo število vozil, ki vozijo naravnost ali zavijajo desno ali levo. Šteje se torej:

- vozila v krožnem prometnem toku (Q_c)
- vozila v uvoznem prometnem toku, ki vozijo »ravno« ali zavijejo »levo«
- vozila v uvoznem prometnem toku, ki zavijejo desno.



Slika 5.3 Podatki pri štetju krožnega križišča

Tako je mogoče običajno krožno križišče prešteti s samo štirimi števci namesto z najmanj osem.

Iz rezultatov teh štetji je mogoče prometne obremenitve v obliki izvorno-ciljne matrike izračunali z uporabo naslednjih preprostih enačb:

$$\text{Uvoz proti zahodu: } V_{Z,L} = V_{V,kr} - V_{J,uv}$$

$$V_{Z,R} = V_{Z,uv} - V_{Z,L}$$

$$\text{Uvoz proti jugu: } V_{J,L} = V_{S,kr} - V_{V,uv}$$

$$V_{J,R} = V_{J,uv} - V_{J,L}$$

$$\text{Uvoz proti vzhodu: } V_{V,L} = V_{Z,kr} - V_{S,uv}$$

$$V_{V,R} = V_{V,uv} - V_{V,L}$$

$$\text{Uvoz proti severu: } V_{S,L} = V_{J,kr} - V_{Z,uv}$$

$$V_{S,R} = V_{S,uv} - V_{S,L}$$

Pri obdelavi podatkov se lahko pojavijo napake, ki pa so posledica napak pri štetju. Pri štetju namreč nikoli ne moremo zagotoviti absolutne natančnosti. Če štetje ni izvedeno brezhibno, se tudi v rezultatih pojavijo napake, ki pa so največ dvakrat tolikšne kot so napake v podatkih. Ker je napaka relativno majhna in ker so podatki štetja že zaradi stohastične narave prometnega toka le približna informacija o stanju na križišču, je natančnost za nadaljnje analize zadostna. Če bi hoteli, da so rezultati štetja absolutno natančni, bi morali opraviti vsaj tedensko ali celo dvotedensko štetje iz katerega bi dobili povprečno prometno obremenitev križišča.

5.2.3 Pojem kapacitete krožnega križišča

Kapaciteta krožnega križišča C nam pove, koliko vozil lahko prevozi krožno križišče v enoti

časa na vseh uvozih. Dobimo jo tako, da seštejemo prepustnosti vseh uvozov L_{Ei} v krožno križišče. Nedvomno ima pravilno oblikovanje projektnih elementov krožnega križišča (sl. 5.4) vpliv na zmogljivost uvozov.

$$C = \sum_{i=1}^n L_{Ei},$$

n - število uvozov v krožno križišče

Prepustnost uvoza L_E določa, koliko vozil uvozi v krožno križišče skozi en uvoz v časovni enoti.

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

kjer je Q_C - krožeči prometni tok v območju posameznega uvoza.

Kapaciteto posameznih uvozov po angleški metodi izračunamo s pomočjo naslednjih enačb:

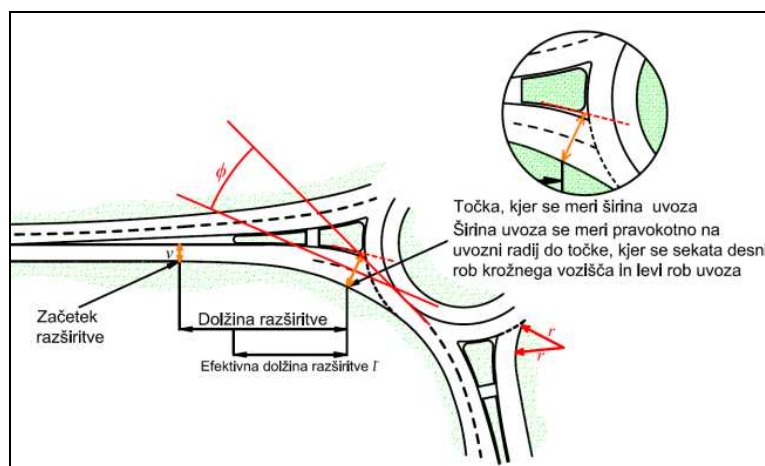
$$L_e = k(F - f_c Q_c) \quad \text{če je} \quad f_c Q_c \leq F,$$

oziroma

$$Q_e = 0 \quad \text{če je} \quad f_c Q_c > F$$

kjer je: Q_e - kapaciteta uvoza

Q_c - krožni prometni tok.



Slika 5.4 Projektni elementi, ki so upoštevani v angleški metodi in so pomembni za pravilno oblikovanje krožnega križišča

Posamezni parametri iz teh enačb se računajo s pomočjo naslednjih enačb:

$$k = 1 - 0.00347(\phi - 30) - 0.978\left(\frac{1}{r} - 0.05\right)$$

$$F = 303x_2$$

$$f_c = 0.210t_D(1 + 0.2x_2)$$

$$t_D = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{\left(\frac{D-60}{10}\right)}}$$

$$x_2 = v + \frac{e - v}{1 + 2S}$$

$$S = \frac{1.6(e - v)}{l'}$$

kjer je:

e - uvozna širina pred vstopom v krožno križišče,

v - širina voznega pasu (širina tistega dela vozišča po katerem vozila vozijo proti krožnemu križišču),

l' - efektivna dolžina razširitve,

S - ostrost (stopnja) razširitve,

D - zunanji premer,

ϕ - uvozni kot,

r - uvozni radij.

Za dobro delovanje krožnih križišč je pomembna vrednost razmerja med izračunano zmogljivostjo uvoza in med napovedanimi prometnimi obremenitvami ob koncu planske dobe (stopnja nasičenja A). Priporočljivo je, da je A med 0.80 in 0.90.

Rezultati, dobljeni z angleško metodo so med švicarsko, avstralsko in nemško metodo, zato je glede na parametre, ki jih uporablja za izračun kapacitete primerna za določevanje optimalnih geometrijskih elementov krožnih križišč. V primeru uporabe angleške metode je potrebno izdelati primerjalni izračun z avstrijsko ali avstralsko metodo.

Za zahtevnejša krožna križišča, kjer se poleg izračuna kapacitete zahtevajo tudi izračuni zamud, število ustavljanj in dolžine kolon, oziroma se preverja ustrezne nivoje uslug, je za izračun priporočljiva uporaba računalniških

programov, ki uporabljajo eno od priznanih metodologij, ki so upoštevane v tehničnih standardih posameznih držav:

- ZR Nemčija (HBS 2001+, Merkblatt 2006+, Brilon Wu 2008); programsko orodje Wu Kreisel +,
- Švica (SN 640 024a 2006+) (metodologija ETH Lausanne),
- Avstrija (RVS 03.05.14 verzija 7.1.9 +)
- Velika Britanija (Kimber/Rodel),
- Avstralija, programsko orodje Akcelik, aaSidra 2.0+,
- ZDA (HCM Lower, FHWA modificirana metodologija VB).

Za majhna in manj obremenjena krožna križišča zadošča avstrijska metoda izračuna.

V nadaljevanju je prikazan detajlnejši opis nekaterih metod.

5.2.4 Avstrijska metoda

Pred odločitvijo o primernosti lociranja krožnega križišča v prostor je potrebno izdelati oceno primernosti izvedbe krožnega križišča, kjer uporabimo diagram, prikazan na sliki 5.5.

Ugotavljanje zmogljivosti po kalibrirani avstrijski metodi

Ker je zmogljivost krožnega križišča odvisna od zmogljivosti uvozov v krožno vozišče, je potrebno ugotoviti zmogljivosti vsakega posameznega uvoza. Za ugotavljanje zmogljivosti uvoza uporabimo:

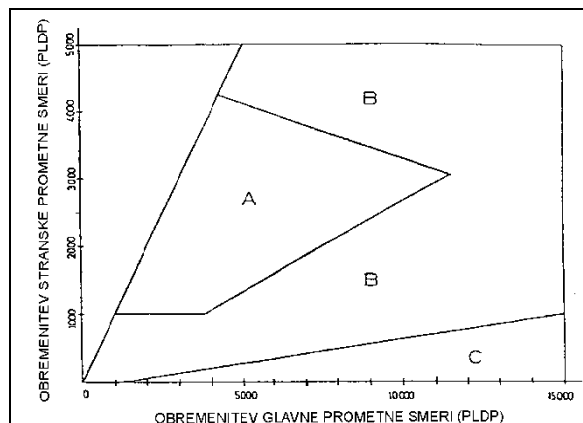
$$L = 1500 - 8/9 * (b * M_K + a * M_A) \text{ [EOV/h]}$$

Cona A: priporočljiva izvedba krožnega križišča,

Cona B: primernost izvedbe krožnega križišča je treba preveriti:

- v primerjavi z klasičnim nivojskim križiščem (spodnje območje),
- v primerjavi z izven nivojskim križiščem (zgornje območje),

Cona C: priporočljiva izvedba klasičnega ali krožnega nivojskega križišča.



Slika 5.5 Področje primernosti izvedbe krožnega križišča

kjer je:

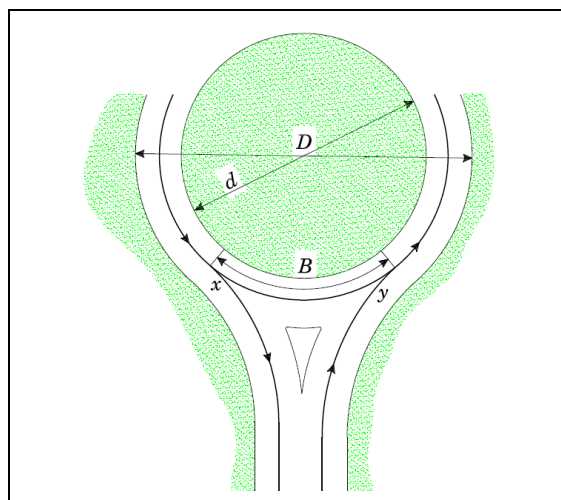
- L zmogljivost uvoza [EOV/h]
- M_K obremenitev v krožnem vozišču (v področju konfliktne točke y) [EOV/h]
- M_A prometna obremenitev izvoza [EOV/h]
- a faktor geometrije uvoza
- b faktor števila voznih pasov v krogu

Faktor geometrije a določamo v odvisnosti od razdalje B med konfliktnima točkama x in y (sl. 5.6). Za primer enopasovnega uvoza v krožno križišče velja za izračun razdalje B naslednja zveza:

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

kjer je:

- D zunanji premer krožnega križišča [m]
- FB širina krožnega vozišča [m]
- φ polovični središčni kot med konfliktnima točkama [°]



Slika 5.6 Merodajna razdalja B med konfliktnima točkama x in y

Središčni kot med konfliktnima točkama je odvisen od geometrijske izvedbe krožnega križišča (sl.5.7):

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

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

kjer je:

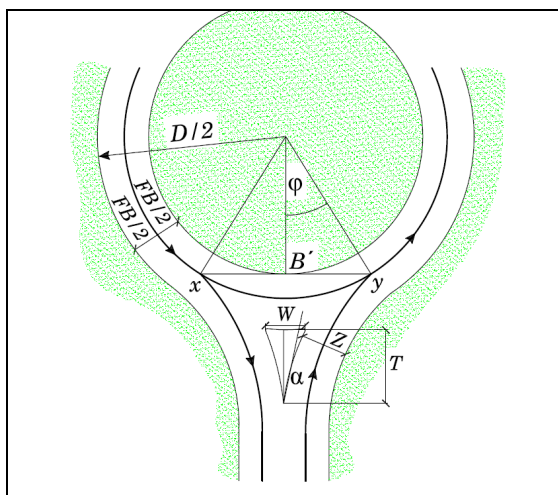
T dolžina ločilnega otoka [m]

W širina ločilnega otoka [m]

Z širina uvoza [m]

α polovični ostri kot ločilnega otoka [°]

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



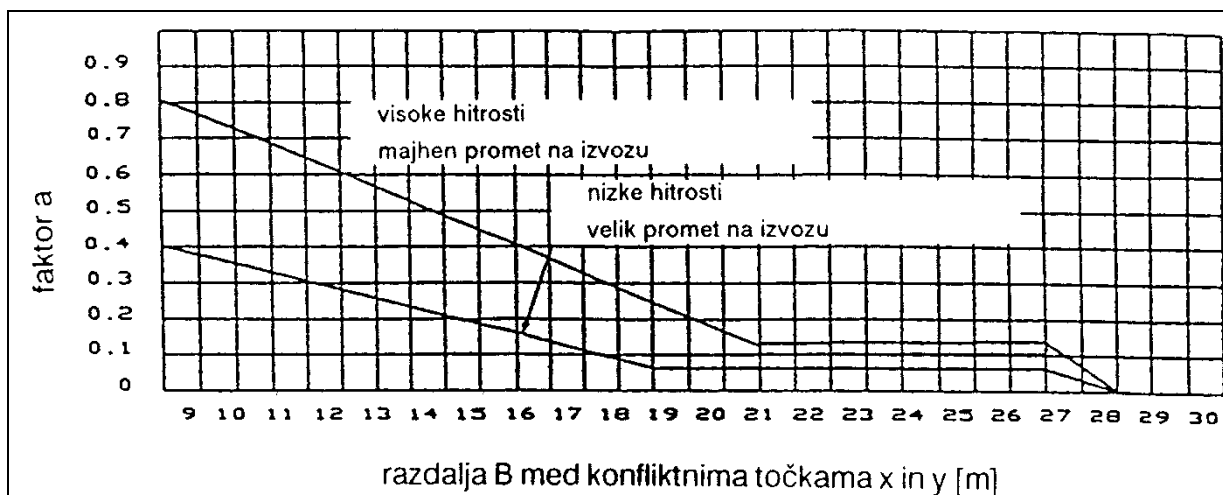
Slika 5.7 Geometrijska izvedba krožnega križišča

V primeru večpasovnih uvozov ali večjega števila vozniških pasov v krožnem toku je postopek izračuna identičen, pri čemer je merodajna najmanjša razdalja B med konfliktnima točkama (sl. 5.8).

Na osnovi raziskav slovenskih krožnih križišč in načina vožnje v njih menimo, da parametra a ni potrebno kalibrirati na slovenske razmere.

Faktor b odraža vpliv števila pasov na uvozu. Navajamo na slovenske razmere kalibrirane vrednosti koeficientov b (v oklepajih so navedeni koeficienti, ki se uporabljajo v Švici in Avstriji):

enopasovno	b = 0.90 - 1.0 (0.9 – 1.0)
dvopasovno	b = 0.80 - 0.84 (0.6 – 0.8)



Slika 5.8 Določitev faktorja a v odvisnosti od razdalje B in merodajnih prometnih razmer

Ugotavljanje stopnje obremenjenosti uvoza

S stopnjo obremenjenosti uvoza ugotavljamo do katere mere je dosežena računska kapaciteta uvozov glede na dejanske oziroma predvidene prometne obremenitve. Izračunamo jo po naslednjem obrazcu:

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

kjer je:

A	stopnja obremenjenosti uvozov [%]
M_E	prometna obremenitev uvoza [voz/h]
L	zmogljivost uvoza [voz/h]
c	faktor števila voznih pasov uvoza [-]

Kot je razvidno iz kalibriranih vrednosti koeficientov b in c, za različne tipe krožnih križišč parametra nimata konstantnih vrednosti, temveč le neko zgornjo in spodnjo vrednost.

Za krožna križišča z enim pasom je v majhnih krožnih križiščih priporočljiva uporaba vrednosti parametra $b = 1.0$, pri srednjih $b = 0.95$, pri večjih križiščih z enim pasom pa se faktor b približuje vrednosti 0.90.

Stopnje obremenjenosti uvozov naj (tudi pri upoštevanju maksimalnih urnih obremenitev) ne presegajo 90% maksimalne urne prometne obremenitve.

5.2.5 Avstralska metoda

Avstralska metoda, oziroma, izračun po Jacobsu, obravnava prepustnost uvoza v krožno križišče v odvisnosti od krožečega toka z eksponentno funkcijo. Tako dobimo pri majhnem in krožečem toku nekoliko večje vrednosti, kot pri linearnih odvisnostih.

Splošna enačba za določanje prometne prepustnosti uvoza je:

$$L = \frac{(1 - p * t_0) * e^{-p * (t_a - t_0)}}{1 - e^{-p * t_f}}$$

kjer je:

L	prometna prepustnost uvoza [EOV/h]
q_p	moč prometa na krožnem voznom pasu [EOV/h],
t_0	najmanjši časovni razmik v krožečem prometnem toku [s],
t_f	najmanjši časovni razmik (časovni bruto razmik med vozili v stranskem prometnem toku (na uvozu)) [s],
t_a	mejni časovni razmik v krožečem toku, ki še dopušča vključitev enega vozila v krožeči tok [s],
p	$p = q_p / 3600$.

Avstralska metoda izračuna prepustnosti uvozov bazira na teoriji časovnih razmikov. Zmogljivost uvoza je odvisna od časovnih razmikov v glavnem krožnem prometnem toku, kamor se lahko vključujejo vozila iz neprednostnega vhodnega prometnega toka.

Kalibrirani slovenski faktorji za mala krožna križišča:

- $t_0 = 4$ sek
- $t_a = 2.5 - 2.6$ sek
- $t_f = 2$ sek (en krožni pas)
- $t_f = 0$ sek (dva krožna pasova)

Kalibrirani faktorji za srednja krožna križišča:

- $t_0 = 3 - 4$ sek
- $t_a = 2.3 - 2.5$ sek
- $t_f = 0$ sek (dva krožna pasova)

Kalibrirani faktorji za velika krožna križišča:

- $t_0 = 2$ sek
- $t_a = 1.2$ sek
- $t_f = 0$ sek (dva krožna pasova)

Metoda je primerna za izračun kapacitete zahtevnejših, bolj obremenjenih krožnih križišč, še posebej če je vključena v kakšnem računalniškem modelu.

Priporočeno je da stopnja zasičenosti v celem planskem obdobju krožnega križišča ne presega 0.8 do 0.9.

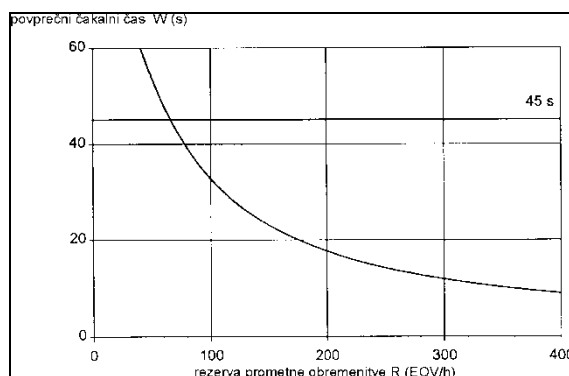
5.2.6 Zamude v krožnem križišču

Zamude v krožnem križišču delimo na zamudo zaradi geometrije in zamudo zaradi vrste.

Prva nam pove zamudo vozila zaradi daljše poti in zmanjšane hitrosti prevoza krožnega križišča, druga pa zamudo zaradi čakanja na vključitev v krožni promet.

Ocena srednjega čakalnega časa motornih vozil na uvozu v krožno križišče se lahko izvede s pomočjo grafikona, prikazanega na sliki 5.9, ki je izdelan na osnovi nemških raziskav.

Srednje vrednosti čakalnega časa, ki so večje od 45 sekund se ne obravnavajo. Rezerva prometne obremenitve se dobi kot razlika med kapaciteto in dejansko jakostjo prometnega toka na uvozu.



Slika 5.9 Grafikon za določanje srednjega čakalnega časa

Za zahtevnejša krožna križišča, kjer se poleg izračuna kapacitete zahtevajo še tudi izračuni zamud, število ustavljanj in dolžine kolon, oziroma se preverja ustrezne nivoje uslug, je za izračun priporočljiva uporaba računalniških programov, ki uporabljajo eno od priznanih metodologij, ki so upoštevane v tehničnih standardih posameznih držav navedenih v poglavju 5.2.3.

Za majhna in manj obremenjena krožna križišča zadošča avstrijska metoda izračuna.

5.2.7 Mikrosimulacijska orodja

Krožna križišča je mogoče analizirati tudi z uporabo mikrosimulacijskih modelov in metod, ki so integrirana v posamezna programska orodja. Vsekakor je potrebno zahtevna krožna križišča najprej kapacitetno preveriti z enim od naštetih analitičnih metodologij in/ali z enim od priznanih programskih orodij, ki uporabljajo eno od naštetih metodologij, saj modeliranje krožnih križišč v mikrosimulacijskih programskih orodjih predpostavlja v naprej, da so tehnični in projektni elementi krožnih križišč ustrezni. Mikrosimulacija je torej primerno orodje za preveritev odvijanja prometnih tokov po tem, ko je bilo krožno križišče ustrezno dimenzionirano.

Vsa mikrosimulacijska orodja niso enako primerna za analizo krožnih križišč, saj modeliranje krožnih križišč praviloma ni posebej obravnavano. Običajno je modeliranje za namen analize z mikroskopsko simulacijo tudi zelo zahtevno. Napačno modeliranje lahko privede do zavajajočih rezultatov. Rezultati simulacijskih modelov niso strukturirani posebej za namen dimenzioniranja krožnih križišč. Vsa orodja tudi niso posebej in/ali dovolj prirejena za analizo krožnih križišč, saj ne upoštevajo dovolj geometrijskih oziroma projektnih elementov.

V slovenskem prostoru je prisotnih nekaj sicer zelo dobrih programskih orodij, ki pa so primerna analizi odvijanja prometnih tokov na v naprej optimalno dimenzioniranih krožnih križiščih:

- CORSIM (Corridor Simulation, FHWA, 5.1+, ZDA). Pomanjkljivost tega orodja je, da pri modeliranju ne upošteva dovolj karakteristik krožnih križišč. Primerno orodje za analizo odvijanja prometnih tokov v krožnih križiščih
- SIMTRAFFIC v kombinaciji z analitičnim orodjem SYNCHRO (Trafficware, ZDA). Pomanjkljivost tega orodja je, da že Synchro, od katerega Simtraffic povzema

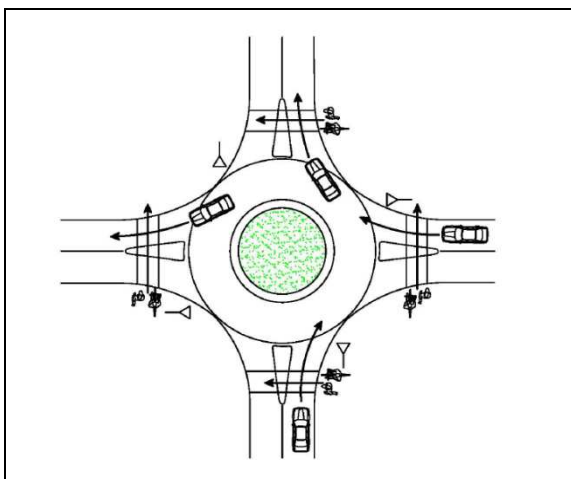
določene rezultate izračunov kot vhodne podatke za simulacijo, v izračunih prometnih parametrov ne upošteva dovolj karakteristik krožnih križišč. Rezultati izračunov za krožna križišča niso verificirani. Prednost orodja pa je sorazmerna enostavna uporaba in/ali dobra razširjenost v Sloveniji

- VISSIM (PTV, ZRN, 4.2.1+). Prednosti orodja so zelo dober matematični model in grafični vmesnik. Omogoča zelo dober grafični dinamični prikaz odvijanja prometnih tokov. Pomanjkljivost tega orodja je, da ne upošteva dovolj geometrijskih karakteristik oziroma projektnih elementov krožnih križišč. Prednost tega orodja je sorazmerno dobra prisotnost v Sloveniji in zelo dobro parametriran opis odvijanja prometnih tokov tudi v krožnih križiščih
- PARAMICS (Quadstone Ltd., VB). Prednosti tega programskega orodja je, da omogoča dobro modeliranje krožnih križišč. Orodje vsebuje dober grafični vmesnik in omogoča dober grafični in dinamični prikaz odvijanja prometnih tokov. Pomanjkljivost je slaba razširjenost v slovenskem prostoru.

5.2.8 Vpliv nemotoriziranega prometa na zmanjšanje kapacitete krožnega križišča

Kolesarski in peš promet zmanjšujeta kapaciteto krožnega križišča. V primeru, če je jakost kolesarskega in/ali peš prometa velika (stanovanjske cone, šole, športni centri, nakupovalni centri ...), je potrebno preveriti njegov vpliv na kapaciteto krožnega križišča.

V krožnih križiščih z enim voznim pasom v krožnem toku lahko, zaradi močnega toka pešcev in/ali kolesarjev, nastopajo problemi polnjenja in praznjenja krožnega križišča. Vozila na vhodih/izhodih v krožno križišče morajo pešcem/kolesarjem odstopiti prednost. Zaradi tega prihaja do oviranih (motenih) prometnih tokov in zastojev (sl. 5.10).

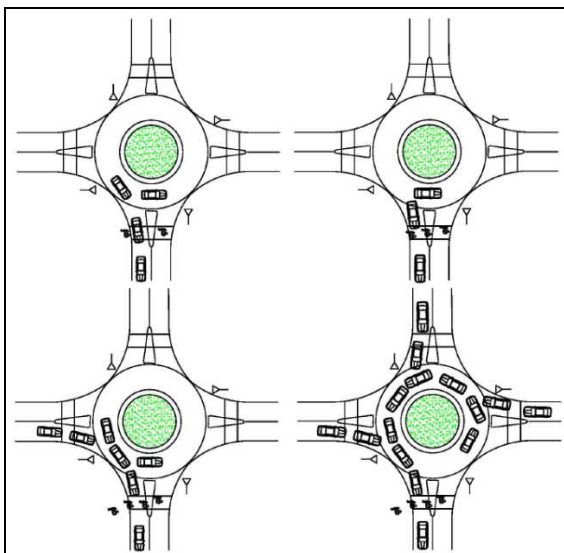


Slika 5.10 Ovirani tokovi v krožnem križišču

V primeru, da je tok motornih vozil usmerjen proti vhodu, postane vprašljivo doseganje minimalne kapacitete. V primeru, da je tok vozil usmerjen proti izhodu, prihaja do prekoračitve maksimalne kapacitete.

Če je dolžina vozil v koloni na izhodu iz krožnega križišča tako velika, da doseže predhodni vhod, prihaja do problemov s polnjenjem krožnega križišča (in postane vprašljivo doseganje minimalne kapacitete).

Trenutek nastanka popolne blokade (sl. 5.11) krožnega križišča je odvisen od porazdelitve tokov na preostalih vhidih.



Slika 5.11 Nastanek blokade krožnega križišča

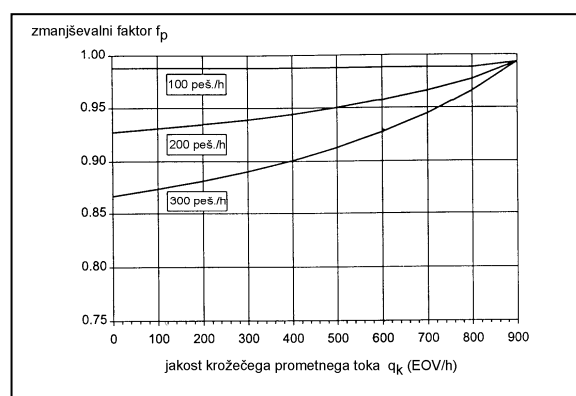
V krožnem križišču z enim voznim pasom v krožnem toku in prostorom za čakanje enega vozila v niši za čakanje lahko torej nastopijo tri situacije:

- časovni presledki med posameznimi enotami prečnega toka so zadostne za prehod vozil, zato ni čakajočih vozil v niši,
- časovni presledki med posameznimi enotami prečnega toka so še vedno zadostni za prehod vozil čeprav prihaja do zastojev vozil v niši,
- časovni presledki med posameznimi enotami prečnega toka so premajhni, niša je ves čas zasedena in vsako naslednje prispelo vozilo čaka na krožnem voznem pasu.

V nadaljevanju sta podana načina izračuna zmanjšanja kapacitete uvoza v krožno križišče zaradi toka pešcev/kolesarjev.

5.2.9 Določanje vpliva pešcev in kolesarjev po nemški metodi

S pomočjo grafikona na sliki 5.13 določimo zmanjševalni faktor f_p , ki je odvisen od pričakovanega števila pešcev oz. kolesarjev. Vpliv na kapaciteto se določa za vsak krak krožnega križišča posebej.

Slika 5.11 Zmanjševalni faktor f_p

Če jakost prometnega toka na krožnem vozišču presega 900 EOV/h, prečni tok pešcev ne povzroča nikakršnih dodatnih negativnih vplivov na kapaciteto.

Ker se pogoji vožnje v Sloveniji razlikujejo od tistih v tujini, je potrebno zmanjšanje prepustnosti zaradi vpliva pešcev in kolesarjev preveriti tudi po metodologiji, ki je prikazana v naslednjem poglavju.

5.2.10 Določanje vpliva kolesarjev po nizozemski metodi

V primeru, da se kolesarski promet vodi po krožnem vozišču (mešano vodenje kolesarskega in motornega prometa), se vpliv toka kolesarjev lahko določi po nizozemski metodi na naslednji način:

$$C_{\text{uvoza}} = (1440 - I_{\text{krožni}} - 0.5 * I_{\text{izvoz}}) * (1 - I_{\text{koles}} / 800)$$

kjer je:

C_{uvoza}	kapaciteta uvoza [EOV/h]
$I_{\text{krožni}}$	jakost prometnega toka v krožnem toku [EOV/h]
I_{izvoz}	jakost prometnega toka na izvozu iz krožnega križišča [EOV/h]
I_{koles}	jakost prometnega toka kolesarjev [kolesarjev/h]

5.3 Določitev projektno – tehničnih elementov

Vsako križišče je specifično, zato lahko projektno-tehnične elemente podajamo samo v priporočenih mejah, ki izhajajo iz prometnotehničnih ali varnostnih vidikov. Naloga projektanta je, da v priporočenih mejah izbere optimalne vrednosti elementov za specifične prometne in prostorske razmere.

Tabela 5.1 Mejne in priporočene vrednosti posameznih geometrijskih elementov

element	simbol	enota	mejne dimenzije	priporočene dimenzije
širina uvoza	e	m	3.6 - 16.5	4.0 - 15.0
širina voznega pasu	v	m	2.75 - 12.5	3.0 - 7.3
dolžina razširitve	l'	m	12 - 100	30.0 - 50.0
premer	D	m	27 - 172.0	27 - 100.0
vpadni kot	Φ	$^{\circ}$	0.0 - 77.0	10 - 60
uvozni radij	R	m	6.0 - 100	8.0 - 45.0
širina krož. pasu	u	m	4.5 - 25	5.4 - 16.2
ostrina razširitve	S	/	0 - 2.9	0 - 2.9

Vrednosti v tabeli 5.1 so dobljene izkustveno, zato je treba vsako odstopanje od teh okvirov dobro pretehtati, saj bi lahko imelo neugodne posledice predvsem na varnosti križišča.

Tabela 5.1 velja samo za enopasovna krožna križišča, ne glede na način izvedbe (montažno ali fiksno). Tabela 5.1 torej ne vsebuje vrednosti za mini krožna križišča in turbo krožna križišča, ki se oblikujejo po posebnih načelih.

Pri geometrijskem optimiranju krožnega križišča je potrebno opazovati vpliv posameznih sprememb na prepustnost uvozov in varnost.

Za opazovanje sprememb prepustnosti uvozov je zelo primerna angleška metoda izračuna. Metoda bazira na opazovanju voznikovega obnašanja v krožnem prometu. Zaradi specifičnega angleškega načina vožnje, kvantitativni rezultati njihove metode niso prenosljivi v naše okolje, zato pa je zelo primerna za kvalitativno primerjavo izbranih variant. Priporoča se le pri geometrijskem optimiranju izbranih variant.

5.3.1 Izbira zunanega premera D in širine krožnega pasu u

Na izbiro zunanega premera vpliva predvsem lokacija bodočega krožnega križišča. V stanovanjskih naseljih ima krožno križišče predvsem nalogo umirjati promet pri zadostni prepustnosti, medtem ko je na magistralnih cestah njegova glavna naloga zagotavljanje prepustnosti pri zadostni varnosti udeležencev v prometu (tabela 5.2).

Tabela 5.2 velja samo za enopasovna krožna križišča, ne glede na način izvedbe (montažno ali fiksno). Tabela 5.2 torej ne vsebuje vrednosti za mini krožna križišča in turbo krožna križišča, ki se oblikujejo po posebnih načelih.

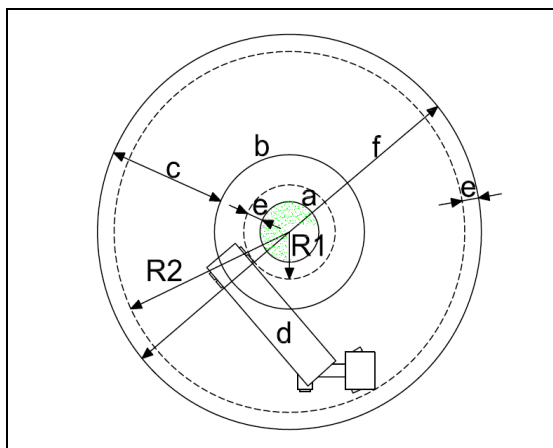
Tabela 5.2 Delitev po velikosti glede na lokacijo

tip krožnega križišča	zunani premer [m]	okvirna kapaciteta [voz./dan]
majhno urbano	22 - 35	15.000
srednje veliko urbano	30 - 40	20.000
srednje veliko (enopasovno) izvenurbano	35 - 45	22.000

Opomba: Okvirne kapacitete so le aproksimativne vrednosti za štirikraka krožna križišča z enakomerno porazdelitvijo prometnih tokov. V tabeli podane vrednosti so torej le informativne, pri reševanju konkretnih primerov pa je potrebno vsako krožno križišče prometno preveriti glede na dejanske prometne tokove in uporabljene projektno – tehnične elemente.

Zunani premer D in širina krožnega voznega pasu u sta v medsebojni povezavi. Za prevoznost merodajnega vozila sedlastega vlačilca skozi majhno in srednje veliko krožno križišče ($R_z=14-18m$) morajo biti glavni oblikovni

elementi v določenem razmerju in določenih minimalnih velikosti (sl. 5.15).



Slika 5.15 Elementi prevoznosti za merodajno vozilo sedlasti vlačilec

kjer je:

- a sredinski otok
- b sredinski otok+povozni del sredinskega otoka
- d merodajno vozilo
- e varovalna razdalja (znotraj katere ne sme biti fizičnih ovir) 1.0 m
- f zunanji premer krožnega križišča

Tabele 5.3 Elementi prevoznosti za merodajno vozilo sedlasti vlačilec

Premer sredinskega otoka [m]	R1 [m]	R2 [m]	Minimalni zunanji premer krožnega križišča [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

V primeru, da je merodajno vozilo tovornjak s prikolico je, v odvisnosti od velikosti krožnega križišča, zahtevana uporaba naslednjih vrednosti ob določenih pogojih (tabela 5.4).

Tabela 5.4 Elementi prevoznosti za merodajno vozilo tovornjak s prikolico

zunanji premer [m]	27 - 35	35 - 45
širina krožnega voznega pasu [m]	6.5 - 8.0	5.75 - 6.5
širina voznega pasu na uvozu [m]	3.25 - 3.5	3.5 - 4.0

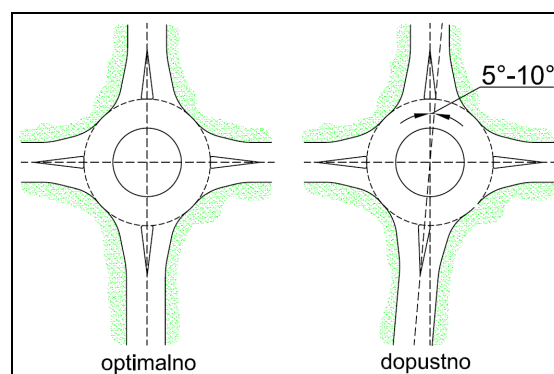
zahtevani pogoji	širina voznega pasu na izvozu [m]	3.5 - 3.75	3.5 - 4.25
	velikost uvoznega radija [m]	10 - 12	12 - 14
	velikost izvoznega radija [m]	12 - 14	14 - 16

Posebno pozornost je potrebno posvetiti manjšim krožnim križiščem skozi katera potekajo linije javnega potniškega prometa. V takih primerih je smiselna uvedba posebnega pasu za vozila javnega potniškega prometa, namenjena izključno tem vozilom.

5.3.2 Vodenje cest v krožno križišče

Iz prometno - varnostnih razlogov vodimo ceste v križišče čim bolj pravokotno križišče (sl. 5.16), saj tangencialno vodenje povzroča prevelike hitrosti vozil pri vstopu, težko vključevanje vozil v križišče in nalete od zadaj pri vstopu.

Pogoje za dobro vključevanje vozila v križišče ustvarimo s pravilno izbiro vhodnega radija R , širine uvoza e in dolžine razširitve uvoza l' .



Slika 5.16 Idealno in dopustno vodenje cest v krožno križišče

5.3.3 Širina voznega pasu pred krožnim križiščem (v)

Širina voznega pasu pred krožnim križiščem je pomemben element, s katerim bistveno vplivamo na prepustnost uvoza.

Pri rekonstrukcijah je širina voznega pasu pogojena z obstoječo širino pasu pred rekonstrukcijo.

Slovenski predpisi določajo najmanjšo širino pasu 2.75 m, mejne in priporočene vrednosti pa so podane v tabeli 5.1.

5.3.4 Širina uvoza v križišče e in dolžina razširitve uvoza (l')

Najbolj kritičen vozni manever v krožnem križišču je ravno vstop vanj, zato je zelo pomembno, da je ta majhen prostor optimalno oblikovan.

Opisujemo ga z dvema elementoma:

- širino uvoza e ,
- dolžino razširitve uvoza l' .

Dolžina razširitve uvoza l' je definirana kot dolžina srednice med krivuljo normalno širokega uvoza in krivuljo razširitve.

5.3.5 Uvozni radij (R) in vpadni kot (Φ)

Elementa na prepustnost sicer nimata večjega vpliva, sta pa pomembna za zagotavljanje prometne varnosti na uvozu v krožno križišče in v krožnem toku.

Velikost uvoznega radija je odvisna od velikosti krožnega križišča.

Tuje izkušnje kažejo, da optimalen vpadni kot znaša 30° .

5.3.6 Širina izvoza iz krožnega križišča

Ena glavnih predpostavk pri izračunu prepustnosti uvozov je ta, da se promet nemoteno izliva iz križišča.

Da bi to dosegli, mora biti izvoz dovolj širok. Priporočene in mejne vrednosti so navedene v tabeli 5.1.

5.3.7 Izvozni radij

Za izvozni radij velja podobno kot za širino izvoza. Izvozni radij naj zagotavlja primerno prepustnost in varnost izvozov pri izvozni hitrosti vozil. Izvozni radij naj bo večji ali enak uvoznemu, nikakor pa ne manjši od uvoznega.

5.3.8 Dimenzije ločilnih otokov

Pri velikih krožnih križiščih se priporoča uporaba ločilnih otokov trikotne, pri majhnih pa kapljaste oblike.

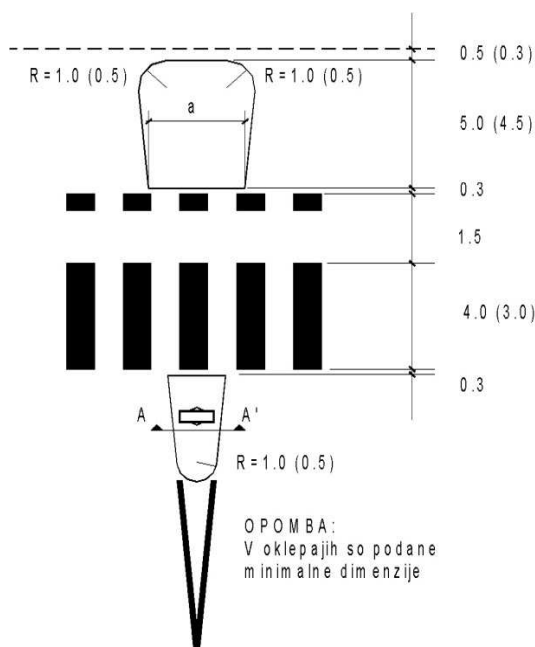
Minimalne dimenzije ločilnega otoka trikotne oblike izhajajo iz velikosti krožnega križišča in velikosti uvoznega radija, ki jim (zaradi velikosti krožnega križišča) ni težko zadostiti.

Minimalne dimenzije ločilnega otoka kapljaste oblike pa izhajajo iz vrste udeležencev v

krožnem križišču, ki prečkajo ločilni otok (pešci in kolesarji ali samo pešci).

Priporoča se, da je širina ločilnega otoka na širšem mestu, kjer ga seka kolesarska steza širine vsaj 2 m (dolžina moškega kolesa + varnostna razdalja), minimalna širina na mestu postavitve prometnih znakov obvezna vožnja mimo po desni strani (II-47) in znaka za označitev prometnega otoka (VI-8) pa vsaj 1.0 m (sl. 5.17).

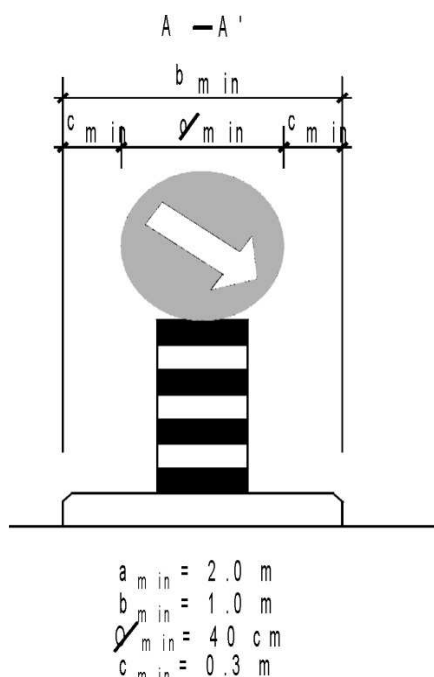
Priporoča se, da je širina ločilnega otoka na širšem mestu, kjer ga seka prehod za pešce širine vsaj 2 m (dolžina otroškega vozička in osebe, ki ga vozi + varnostna razdalja), minimalna širina na mestu postavitve prometnih znakov obvezna vožnja mimo po desni strani (II-47) in znaka za označitev prometnega otoka (VI-8) pa vsaj 1.0 m (sl. 5.18).



Slika 5.17 Minimalne dimenzije ločilnega otoka

Vsa presečišča linij se zaokrožijo vsaj z radijem 0.5 m.

V krožnih križiščih, v katerih so kolesarji vodeni po krožnem voznem pasu (mešano vodenje kolesarskega in motornega prometa), je lahko širina ločilnega otoka, na širšem delu, tudi ožja od 2.0 m.



Slika 5.18 Minimalne dimenzije ločilnega otoka na mestu postavitve prometnih znakov

Enako velja tudi za krožna križišča brez kolesarjev. V takih primerih se ločilni otok izvede iz drugih materialov in segmentne oblike.

5.4 Horizontalno in višinsko vodenje

5.4.1 Horizontalno vodenje

Pod horizontalno vodenje je mišljeno vodenje ceste v širšem in ožjem pomenu.

Vodenje v širšem pomenu predstavljajo elementi horizontalnega poteka ceste na daljšem odseku pred in po krožnem križišču.

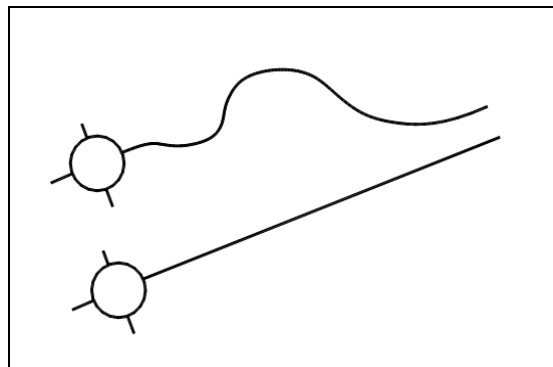
Vodenje v ožjem pomenu predstavljata zadnji element horizontalnega poteka ceste pred in prvi element horizontalnega poteka ceste po krožnem križišču.

5.4.1.1 Potek osi ceste na daljšem odseku

Z zmanjšanjem radijev zaporednih krožnih lokov pred krožnim križiščem dosežemo postopno zmanjšanje hitrosti pred krožnim križiščem, in s tem preprečimo možnosti prepozna zaznavanja krožnega križišča s strani voznikov in nalete vozil.

Prema, kot element na daljšem odseku pred krožnim križiščem sicer ni prepovedana, jo pa odsvetujemo oz. naj se jo načeloma uporabi le pri rekonstrukcijah obstoječih klasičnih križišč ali v naseljih, kjer je potek osi ceste, zaradi okoliške pozidave, vnaprej določen (sl. 5.19).

V takih primerih moramo osvetlitvi krožnega križišča posvetiti posebno pozornost.



Slika 5.19 Potek osi na daljšem odseku pred krožnim križiščem (zgoraj boljša in spodaj slabša rešitev)

5.4.1.2 Potek osi ceste v območju krožnega križišča

Za zadnji element pred in prvi element neposredno po krožnem križišču velja, da je dobro, če je prema, ni pa to nujno. S premo je praviloma dosežena pravokotnost pri priključevanju kraka na krožno križišče, kar pa je ugodno s stališča prometne varnosti.

Prav tako je zaželeno, da se podaljški osi krakov krožnega križišča sekajo le v enem presečišču. Najugodnejše je, če je to presečišče v centru krožnega križišča. Nekoliko manj ugodno je, če je to presečišče levo od centra krožnega loka (gledano v smeri uvažanja). V takih primerih je dovoljena razlika manj kot 15° . Najslabši primer nastopi, če je presečišče desno od centra krožnega križišča, saj se s tem povečuje največja možna hitrost na uvozu, zato se taka rešitev odsvetuje.

Velikosti predhodnih in naslednjih krožnih lokov so odvisne od predvidene omejitve hitrosti.

5.4.2 Višinsko vodenje

Pri oblikovanju krožnih križišč je posebno pozornost potrebno posvetiti tudi višinskemu oblikovanju oz. vzdolžnim nagibom križajočih se cest, elementom vertikalnih zaokrožitev in prečnim nagibom krožnega voznega pasu.

Mejne vrednosti naštetih elementov določamo na osnovi upoštevanja pravil vozne dinamike, psihofizičnih in prometno-psiholoških zakonitosti in predvsem konstrukcijskih možnosti in zahtev. Med slednje sodita

predvsem zahteve vozne dinamike in učinkovito odvodnjavanje območja krožnega križišča.

Splošna načela vodenja tras križajočih se cest v narisu so:

Ceste, ki se priključujejo v krožno križišče ne smemo skozi krožno križišče voditi tako, da bi tvorili greben, ki bi zmanjševal preglednost na uvozu v krožno križišče. Lom priključnih nivelet naj bo $\leq 4\%$, v nasprotnem primeru je potrebno izvesti zaokrožitev vsaj R500.

Radij vertikalne zaokrožitve ne sme segati v krožni vozni pas.

Celotno območje, ki ga omejuje zunanji radij krožnega križišča (v primeru, da so v krožnem križišču tudi kolesarji in pešci, pa zunanji rob hodnika za pešce) mora ležati v eni ravnini. Nedopustno je, da je ta ravnina prelomljena preko sredinskega otoka.

Maksimalni nagib omenjene ravnine je izjemoma lahko 2.5%, pri čemer je posebno pozornost potrebno posvetiti odvodnjavanju (minimalen nagib vozišča v takem primeru znaša 0.5 %).

5.4.2.1 Pogoji nivelet priključkov

Maksimalni vzdolžni nagib nivelet priključkov v krožno križišče naj neposredno pred vertikalno zaokrožitvijo ne presega $s_{\max} = 3\%$. V primeru, če je niveleta priključka neposredno pred vertikalno zaokrožitvijo v nagibu, ki je večji od $s_{\max}$, ga je potrebno zmanjšati na vrednost $s = 3\%$.

Polmer vertikalne zaokrožitve, s katerim zaokrožimo navonastali lom izberemo tako, da je le-ta večji ali vsaj enak $r_{\min}$ in da ta ne pade v območje vertikalne zaokrožitve priključka v krožno križišče.

Minimalni vzdolžni nagib nivelet priključkov v krožno križišče določajo naprave za odvodnjavanje. Tudi v območju krožnega križišča naj nivelete priključnih cest ne bi imele vzdolžnega nagiba robu ceste manjšega od 0.5%, čeprav so možne tudi horizontalne nivelete. Le-te pa zahtevajo obrobjanje vozišča s perforiranimi (vtočnimi) robniki.

5.4.2.2 Pogoj vertikalnih zaokrožitev priključka v krožno križišče

V kolikor so priključni kraki krožnega križišča v vzponu ali padcu, je potrebno zagotoviti plato neposredno pred uvozom z vzdolžnim naklonom maksimalno $\pm 3.5\%$.

Dolžina platoja je minimalno 6 m, v primeru močnih prometnih tokov in tokov velikega števila tovornih vozil pa ustrezno več. V takih primerih je zaželeno, da se vertikalna zaokrožitev prične šele po 12 m, merjeno od talne signalizacije, ki določa odvzem prednosti.

Vzdolžni nagib na platoju na oddaljenosti 6 m (oz. 12 m) ne sme presegati $\pm 3.5\%$. V kolikor je na tem mestu vertikalna zaokrožitev, se meri nagib tangente.

V ostalih segmentih vodenja nivelet priključkov v krožno križišče veljajo enaki pogoji kot pri klasičnih nivojskih križiščih.

5.4.2.3 Prečni nagib krožnega vozišča

Glavne naloge prečnega nagiba krožnega vozišča so:

- ustrezno odvodnjavanje in
- omogočanje zveznih sprememb naklonov na prehodih med priključnimi pasovi in krožnim pasom.

Obstajata dva prečna nagiba krožnega vozišča:

- prečni nagib navzven (negativen) in
- prečni nagib navznoter (pozitiven).

Prečni nagib krožnega vozišča navzven

To je najpogostejši način višinskega vodenja krožnega križišča (sl. 5.20). S tem načinom najlažje dosežemo ustrezno odvodnjavanje, neproblematičen pa je tudi prehod med priključnimi pasovi in krožnim pasom. Prečni nagib naj ne bi presegal -2.5%.

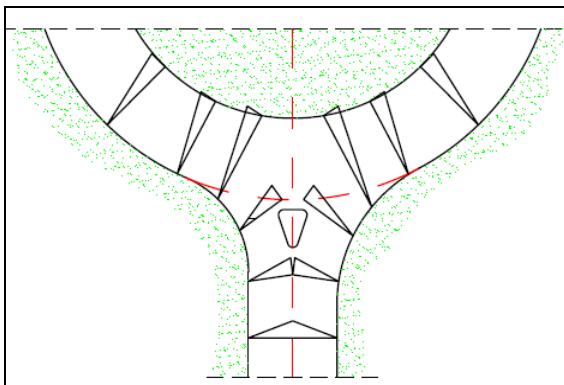
Kombinacija prečnega nagiba navzven in geometrijskih elementov, ki omogočajo prevelike hitrosti, pa lahko privede do nevarnega krožnega križišča.

Slabosti navzven nagnjenega krožnega vozišča se pokažejo predvsem v slabih vremenskih razmerah, ko zaradi kombinacije negativnega prečnega nagiba in zmanjšanega tornega koeficienta med pnevmatikami in podlago, vozilo prižne drseti navzven že pri majhni hitrosti.

Poleg tega pa vožnja skozi krivino pri negativnem prečnem nagibu neugodno vpliva na počutje voznika in potnikov v vozilu

(delovanje prečne sile v nasprotni smeri od pričakovane).

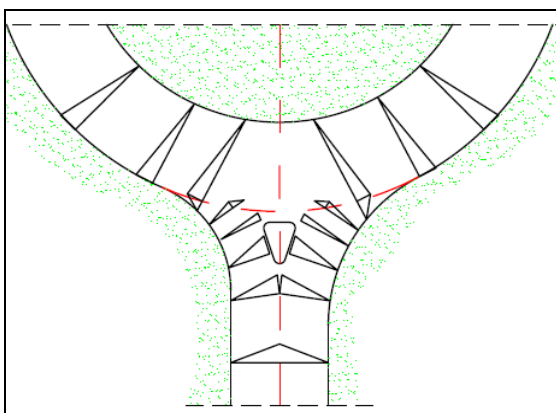
Pri rekonstrukcijah klasičnih križišč v majhna in srednje velika krožna križišča je tak način višinskega vodenja navadno cenejši za izvedbo, saj načeloma lahko obdržimo način odvodnjavanja prejšnjega križišča.



Slika 5.20 Prečni nagib navzven

Prečni nagib krožnega vozišča navznoter

Prečni nagib navznoter (sl. 5.21) je prometno tehnično pravilen prečni nagib v krožni krivini. Ne glede na to pa je redkeje v uporabi, saj je pravilna izvedba odvodnjavanja in priklopa priključkov precej zahtevnejša.



Slika 5.21 Prečni nagib navznoter

Pri menjavi smeri nagnjenja prečnega nagiba na uvozi in izvozi moramo paziti, da sprememba naklona ne preseže 5%. Menjava naklonov se izvede z vertikalnim radijem.

Precej pozornosti je potrebno posvetiti tudi lokaciji cestnih odtokov. Kritična mesta za zastajanje vode (t.i. vodni žepi) so uvozi in izvozi ter notranji vozni pas v krožnem vozišču.

Pri nagnjenju krožnega vozišča proti središču krožnega križišča lahko nastopijo naslednje napake:

- nezveznost vijačenja priključkov,
- vodni žepi na uvozi in izvozi v križišče,

- zastajanje vode na notranjem krožnem voznem pasu.

Za formiranje zunanjega roba voznega pasu na uvozu in izvozu iz krožnega križišča je potrebno upoštevati splošna pravila za projektiranje cestne osi in robov.

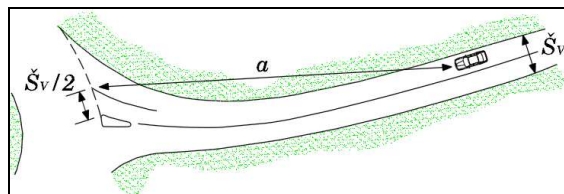
5.5 Preglednost

Glavni pravili, ki jima je s stališča preglednosti v krožnih križiščih potrebno zadostiti sta:

- v krožnih križiščih v urbanem okolju je vozniku lahko omogočena preglednost na nasprotni izhod iz krožnega križišča, ni pa to nujno,
- v krožnih križiščih izven urbanega okolja mora biti vozniku onemogočena preglednost na nasprotni izhod iz krožnega križišča, kar pa dosežemo z deniveliranjem sredinskega otoka.

Omenjeni pravili se smiselno uporabljata ne glede na število krakov krožnega križišča in število voznih pasov v krožnem vozišču.

Pregledne razdalje, ki jih uporabljamo pri krožnih križiščih, so podane v tabeli 5.5. Čelna preglednost na uvozu v krožno križišče se meri do ločilne črte, kot je prikazano na sliki 5.22



Slika 5.22 Čelna pregledna razdalja

kjer je:

- položaj vozila (sredina voznega pasu)
- a priporočena pregledna razdalja, potrebna za zaustavljanje, glede na načrtovano hitrost na uvozu

Če ni zadoščeno pogoju zadostne pregledne razdalje, je potrebno voznike na to opozoriti z dodatnimi prometnimi znaki.

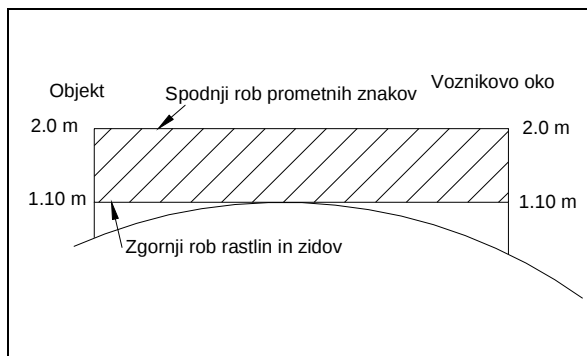
Tabela 5.5 Zaustavitvena pregledna razdalja

Zaustavitvena pregledna razdalja [m]		
V_R [km/h]	40	50*
priporočena	50	70
minimalna	40	50

* le pri velikih krožnih križiščih izven urbanega okolja ali na avtocestah

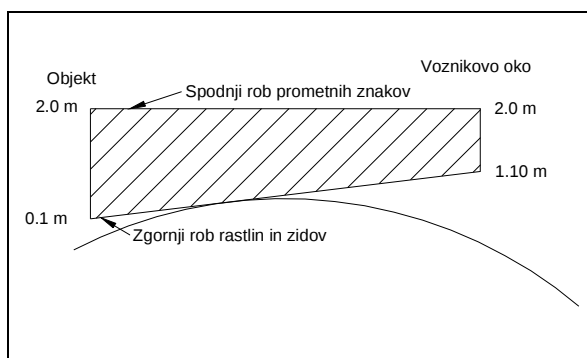
5.5.1 Višina očišča in ovire

Pregledno polje na uvozu v levo in čez središnji otok naj bo zagotovljeno kot na sliki 5.23. Preglednost naj bo zagotovljena od višine voznikovega očesa 1.1 m do višine ovire 1.1 m, pregledno polje pa naj sega do višine 2.0 m nad površino vozišča.



Slika 5.23 Preglednost na uvozu v levo

Preostala preglednost naj bo zagotovljena kot je prikazano na sliki 5.24. Preglednost naj bo od višine voznikovega očesa (med 1.1 m in 2.0 m) do višine ovire med 0.1 m in 2.0 m, merjeno od površine vozišča.



Slika 5.24 Preostala preglednost

Prometni znaki v tem območju naj ne bodo nameščeni nižje od 2.0 m, merjeno od površine vozišča do spodnjega roba znaka.

5.5.2 Preglednost v levo

Voznikom vseh vozil, ki se približujejo talni označbi, ki označuje rob krožnega vozišča, mora biti omogočen pregled nad celotno širino krožnega vozišča, od ločilne črte na njihovo levo stran in sicer na razdalji, ki je potrebna za ustavljanje, izmerjeni vzdolž osi krožnega vozišča (tabela 5.6).

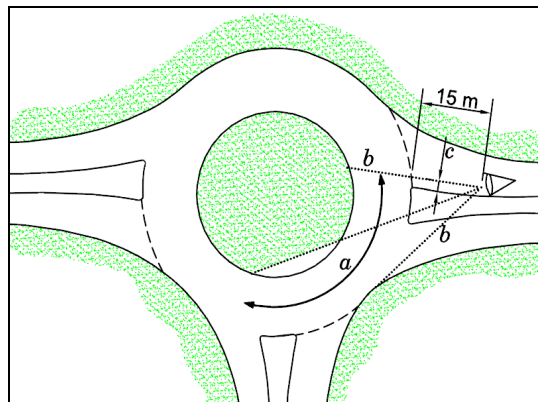
Tabela 5.6 Preglednost v levo

Premer krožnega križišča [m]	Pregledna razdalja [m]
------------------------------	------------------------

< 40	-
40-60	40
60-100	50

Preglednost v levo se preverja iz sredine voznega pasu, na razdalji 15 metrov pred ločilno črto, kot je prikazano na sliki 5.25.

Vedno je potrebno preveriti, ali obcestne konstrukcije in naprave, prometni znaki ali drugi trajni ali začasni objekti omejujejo preglednost.



Slika 5.25 Preglednost v levo, potrebna pri uvozu v krožno križišče

kjer je:

- a pregledna razdalja v funkciji hitrosti v krožnem križišču, podana v tabeli 5.5
- b meja preglednega polja
- c polovična širina nerazširjenega voznega pasu

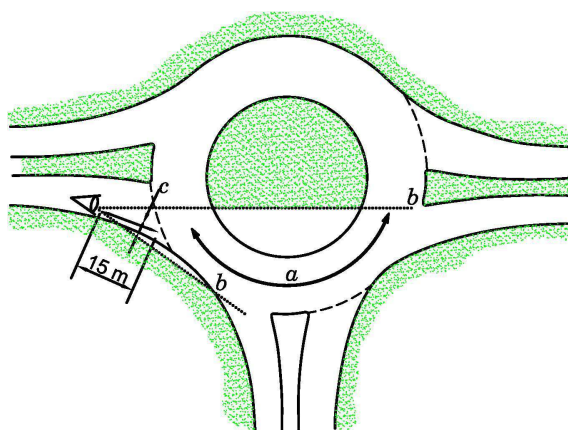
V nekaterih primerih (majhna krožna križišča brez vsebine v sredinskem otoku) lahko prevelika čelna preglednost na uvozu ali preglednost med sosednjima uvozoma povzroči prevelike hitrosti vozil na uvozu v krožno križišče.

V takih primerih je smiselno omejiti prekomerno preglednost s selektivnim dodajanjem rastlinja v sredinskem otoku.

5.5.3 Čelna preglednost na uvozu

Voznikom vseh vozil, ki se približujejo ločilni črti, mora biti omogočen pregled nad celotno širino krožnega vozišča pred njimi, in sicer v dolžini, izmerjeni vzdolž središnice krožnega vozišča, ki je primerna velikosti krožnega križišča, kot je prikazano v tabeli 5.5.

Preglednost naj bo preverjena s sredine desnega voznega pasu na razdalji 15 m pred ločilno črto, kot je prikazano na sliki 5.26.



Slika 5.26 Čelna preglednost na uvozu v krožno križišče

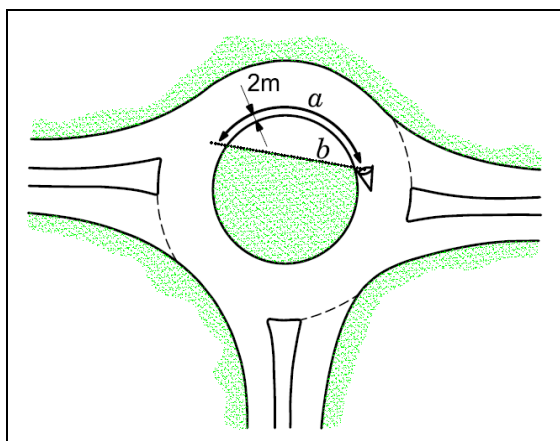
kjer je:

- a pregledna razdalja v funkciji hitrosti krožnega križišča, podana v tabeli 5.5
- b meja preglednega polja
- c polovična širina nerazširjenega voznega pasu

5.5.4 Preglednost v krožnem vozišču

Voznikom v krožnem vozišču mora biti omogočena preglednost nad celotno širino krožnega vozišča pred njimi, na razdalji, ki je primerna velikosti krožnega križišča (tabela 5.5).

To preglednost je treba preveriti 2 metra navzven od roba središčnega otoka, kot je prikazano na sliki 5.27.



Slika 5.27 Preglednost v krožnem vozišču

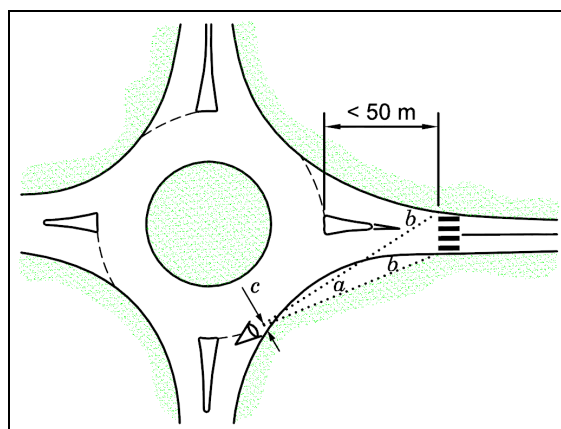
kjer je:

- a pregledna razdalja v funkciji hitrosti krožnega križišča, podana v tabeli 5.5
- b meja preglednega polja

5.5.5 Preglednost do prehodov za pešce

Vozniki, ki se približujejo prehodu za pešce morajo, pri približevanju krožnemu križišču, imeti na voljo tolikšno preglednost do prehoda za pešce, da je omogočeno varna zaustavitev pri hitrosti, ki je dovoljena na uvozu v krožno križišče (tabela 5.5).

V majhnih in srednje velikih krožnih križiščih naj bo voznikom, ki so neposredno za ločilno črto, omogočen pogled na celotno širino prehoda za pešce na naslednjem izvozu (če je prehod za pešce od krožnega križišča oddaljen do 50 metrov) (sl. 5.28).



Slika 5.28 Preglednost od uvoza do prehoda za pešce na naslednjem izvozu

kjer je:

- a minimalno območje, preko katerega naj bo omogočena neovirana preglednost v primeru, da je prehod za pešce od krožnega križišča oddaljen do 50 metrov, gledano iz opazovalne točke
- b meja preglednega polja
- c polovična širina voznega pasu

5.5.6 Motnje preglednosti

Prometni znaki, gosta in visoka zasaditev, drevesa in drugi denivelirani elementi in objekti smejo biti znotraj preglednega polja le v primeru, da ne motijo preglednosti.

Drevesa, stebri javne razsvetljave, nadvozov ... so lahko v preglednem polju le v primeru, če v širino merijo maksimalno 55 cm.

Kjer je le možno, naj bodo hodniki za pešce izvedeni izven preglednih polj. Kjer to ni mogoče, naj bo poskrbljeno, da promet pešcev

kar se da malo vpliva na poslabšanje pogojev preglednosti.

5.5.7 Preglednost pri deniveliranih krakih krožnega križišča

V primerih, ko je krožno križišče nad glavno prometno smerjo (v drugi ravnini), je potrebno zadostiti pogoju preglednosti pri uvozu s klančine. Že v začetni fazi načrtovanja je potrebno preveriti preglednost na način, da se preveri ali bodo predvidene ograje nadvoza, zidovi ali prometni znaki in usmerjevalne table ovirale preglednost pri uvozu v krožno križišče.

Nezadostne pregledne razdalje na uvozih lahko povzročajo zastoje (zaviranja voznikov na uvozih) in zmanjšajo raven prometne varnosti. Pomembno je, da je ločilna črta voznikom v bližajočih se vozilih jasno vidna in da jo ne zakriva konveksna zaokrožitev.

5.6 Prometna signalizacija

Določila, ki sledijo v nadaljevanju veljajo za enopasovna krožna križišča (ne glede na način izvedbe) in mini krožna križišča. Prometna signalizacija za turbo krožna križišča je specifična, zato je prikazana v posebnem poglavju.

5.6.1 Vertikalna signalizacija

Vsako krožno križišče naj bo načeloma opremljeno najmanj z naslednjimi prometnimi znaki:

- obvezna smer desno (II-45.1) na nepovoznem delu sredinskega otoka, v podaljšku središnice voznega pasu na uvozu,
- križišče s prednostno cesto (II-1) in krožni promet (II-48) na skupnem drogu v ustju vhoda v krožno križišče, neposredno pred prekinjeno široko prečno črto (V-10) ali (V-10.1),
- obvezna vožnja mimo po desni strani (II-47), in znak za označitev prometnega otoka (VI-8) na skupnem drogu na zunanjem delu ločilnega otoka (na vrhu otoka v smeri vožnje),
- znak za označitev prometnega otoka (VI-8.1) na notranjem delu ločilnega otoka (v srednje velikih in velikih krožnih križiščih).

V odvisnosti od namembnosti krožnega križišča (križišče ulic, lokalnih cest, državnih cest) mora

biti krožno križišče opremljeno s prometnimi znaki in sicer:

1. na notranjem delu ločilnega otoka:
 - tabla za označevanje imena ulice,
 - kažipot (III-86) ali kažipotna tabla (III-87),
2. na območju približevanja krožnem križišču:
 - križišče s krožnim prometom (I-30) izjemoma na cestah v naselju, kjer krožno križišče ni opremljeno z znakom predkrižiščna tabla (III-84), kjer krožno križišče ni zaznavno,
 - predkrižiščna tabla (III-84) na primerni oddaljenosti pred krožnim križiščem (izven naselja).

5.6.2 Talna signalizacija

Vsako krožno križišče naj bo načeloma opremljeno z naslednjimi označbami na vozišču:

- prekinjeno široko prečno črto (V-10 ali V-10.1), ki je praviloma označena pred preходом za pešce ali kolesarje, in ki lahko za preходом ponovljena, kateri je dodan opozorilni trikotnik (V-39),
- kratko prekinjeno črto (V-4) za označitev zunanjega roba krožnega križišča,
- ločilno prekinjeno črto (V-2) za razmejevanje prometnih pasov v krožnem toku;
- polje pred otokom za ločitev prometnih tokov (V-33),
- opozorilni trikotnik (V-39) označen na vozišču pred prekinjeno široko prečno črto,
- prehod za pešce (V-16) in prehod za kolesarje (V-17 in V-17.1), kadar so v krožnem križišču prisotni kolesarji in pešci,
- ločilno črto (V-1) pred ločilnim otokom na območju približevanja križišču predpisane debeline.

V posameznih primerih, ko to zahtevajo prometno varnostni razlogi, morajo biti krožna križišča opremljena še tudi z varnostnimi ograjami in cestnimi smerniki.

5.7 Prometna oprema

5.7.1 Ločilni otoki – otoki za pešce

Uporaba deniveliranega ločilnega otoka na uvozu v krožno križišče je obvezna, razen pri mini krožnih križiščih, saj je izjemnega pomena za varno vodenje tako motornih vozil, kot pešcev in kolesarjev.

Linije ločilnega otoka naj bodo prilagojene linijam uvoznega, izvoznega in krožnega pasu v krožnem križišču. Presečišča teh linij naj bodo zaokrožena z radijem velikosti vsaj 0.5 m.

5.7.2 Prehodi za pešce in kolesarje

Izvedba prehodov za pešce in kolesarje zagotavlja prometno varnost in udobnost pešcev in kolesarjev pri prečkanju krakov krožnega križišča.

Prehodi morajo biti izvedeni tako, da na sebe pritegnejo največje možno število pešcev (ki bi v nasprotnem primeru prečkali cesto naključno). Pešcem mora biti omogočeno, da tekom prečkanja prehoda vidijo bližajoča se vozila.

Posebno pozornost pri preglednosti pešcev je treba posvetiti v krožnih križiščih, v bližini katerih so locirana avtobusna postajališča. Avtobusi, ustavljeni na avtobusnih postajališčih, ne smejo ovirati preglednosti pešcev ali voznikov.

Prehodi za pešce naj bodo nameščeni nekoliko stran od izvozov iz krožnega križišča (za dolžino enega do dveh osebnih vozil), kar pa rezultira s konfliktom med zahtevami pešcev in voznikov. Če je prehod za pešce predaleč od izvoza iz krožnega križišča, ga pešci ne bodo uporabljali. V takih primerih je potrebno fizično (grmičevje, ograje ...) preprečevati nepravilna prečkanja krakov krožnega križišča s strain pešcev. Če je prehod za pešce preblizu krožnega križišča, obstaja možnost nastanka kolon vozil na uvozu, ki utegne segati na krožno vozišče, kar pa ovira potekanje prometa v krožnem vozišču.

Vsak primer zahteva ločeno in temeljito obravnavo. Pri tem je potrebno upoštevati hitrost vozil, jakosti tokov pešcev/kolesarjev in vozil, velikost krožnega križišča in dolžino prehoda za pešce.

5.7.3 Povožni del sredinskega otoka

Povožni del sredinskega otoka je tisti del sredinskega otoka, ki skupaj z krožnim voziščem omogoča vožnjo skozi krožno križišče dolgim vozilom v primerih, ko le-ta, zaradi majhne velikosti krožnega križišča ali širine krožnega vozišča, brez povoznega dela sredinskega otoka ne bi bila možna.

Povožni del sredinskega otoka se torej izvaja le pri majhnih in srednje velikih krožnih križiščih.

Pri mini krožnih križiščih izvedba povoznega dela sredinskega otoka ni možna, pri velikih (večpasovnih) krožnih križiščih pa je nepotrebna.

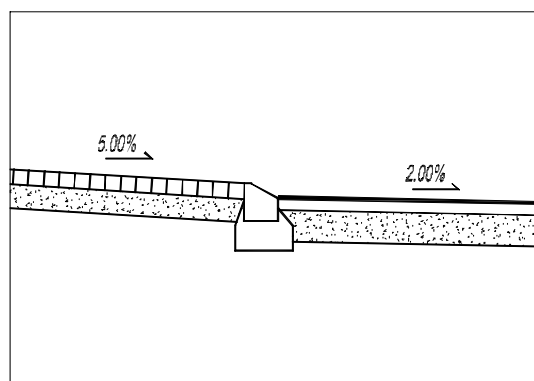
Širina povoznega dela sredinskega otoka običajno znaša od 1.0 do 2.0 m, odvisno od pokrite površine merodajnega vozila pri vožnji skozi krožno križišče (polni krog).

Povožni del sredinskega otoka mora biti izveden na tak način in s takimi materiali, da voznike kratkih vozil odvrča od uporabe oz. da se ga poslužujejo le tista vozila, ki brez uporabe le-tega ne morejo prevoziti krožnega križišča. To dosežemo z dovolj velikim naklonom ploskve povoznega dela sredinskega otoka navzven (cca 5%) in hrapavo površino, npr. tlakovanje.

5.7.4 Barva in oblika robnikov

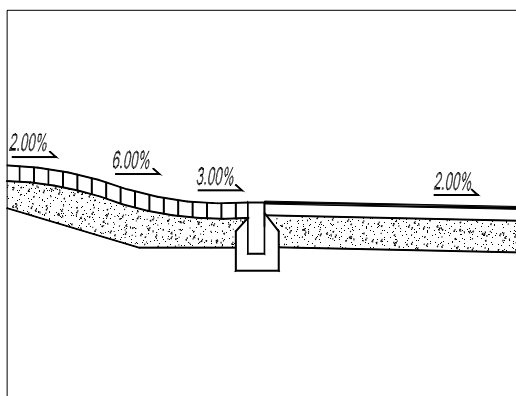
Robniki ločilnih otokov morajo biti dobro vidni, zato je priporočljivo, da so belo - črno barvani. Enako velja tudi za robnike zunanega roba krožnega križišča.

Na notranji strani krožnega vozišča je obvezna uporaba robnikov z blažjim naklonom v primeru, ko po notranjem krožnem pasu sledi povozni del sredinskega otoka (sl. 5.29). Naklon tega robnika naj bo manjši ali enak 1.25:1, s čimer je preprečeno nastajanje poškodb pnevmatik dolgih vozil pri prevozu robnika. Priporočljiva denivelacija robnika je 2.0-3.0 cm



Slika 5.29 Robnik med krožnim voznim pasom in povoznim delom sredinskega otoka

Pri zelo majhnih krožnih križiščih je, zaradi manjše obrabe pnevmatik priporočljiva izvedba zveznega prehoda med notranjim krožnim voznim pasom in povoznim (tlakovanim) delom sredinskega otoka (sl. 5.30).



Slika 5.30 Zvezni prehod med notranjim krožnim voznim pasom in povoznim (tlakovanim) delom sredinskega otoka

5.7.5 Razsvetljava krožnega križišča

Zaradi zadoščanja pogojem prometne varnosti ponoči mora biti krožno križišče primerno razsvetljeno.

5.8 Druga oprema

Urejanje krajine v območju krožnega križišča lahko ima s stališča prometnega inženirstva praktične prednosti. S prilagajanjem zemljišča (n.pr. zasaditev v sredinskem otoku) je mogoče bolj jasno opozoriti bližajoča se vozila na približevanje krožnem križišču. Z zakrivanjem prometa na nasprotni strani krožnega križišča glede na mesto priključevanja, se lahko (brez omejevanja potrebne preglednosti) izognemo zmedbi in zbeganosti, ki jo pri voznikih povzroča pregled nad odvijanjem prometa v celotnem krožnem križišču.

V splošnem je zasaditev sredinskega otoka krožnih križišč, katerega premer je manj kot 10 m (vključno s povoznim delom sredinskega otoka) z visokim rastlinjem neprimerna, saj zaradi potrebe po zagotovitvi preglednosti ostane na sredini otoka zelo majhna razpoložljiva površina za zasaditev.

Ozelenitev ločilnih otokov naj se izvaja le pri velikih ločilnih otokih in to na način, da se prvo zadosti pogojem izvedbe vertikalne signalizacije in preglednosti. Šele nato se izvaja ozelenitev in zasaditev (na preostalem razpoložljivem prostoru).

Sredinski otoki so lahko zasajeni z vegetacijo, lahko pa se v njem postavijo tudi fontane, spomeniki, skulpture in drugi objekti, a le pod pogojem, da ne vplivajo na zmanjšanje

preglednosti ali prometne varnosti.

Postavljanje tabel, napisov in drugih objektov ali naprav za slikovno ali zvočno obveščanje in oglaševanje v sredinskem otoku krožnega križišča ni dovoljeno.

6. Mini krožna križišča

6.1 Kriteriji za izvedbo mini krožnih križišč

6.1.1 Lastnosti mini krožnih križišč

Mini krožno križišče je praviloma trajna projektna rešitev, pogosto postavljena v gabarite obstoječega klasičnega križišča. Izvedena je z elementi, prometno signalizacijo in opremo, ki je v skladu s prometno - varnostnimi zahtevami. Namen mini krožnih križišč je izboljšati pretočnost prometa ali/in prometne varnosti.

Mini krožna križišča je dovoljeno izvesti le na cestah znotraj naselij. Pričakovana hitrost vozil skozi mini krožno križišče je do 25 km/h. V primerjavi s klasičnim nesemaforiziranim križiščem ima mini krožno križišče praviloma večjo kapaciteto z neprimerno večjo varnostjo udeležencev v prometu, hkrati pa nizke stroške za izvedbo.

Pravila uporabe - način vožnje - je v mini krožnih križiščih enak kot pri ostalih tipih krožnih križišč.

Mini krožna križišča so lahko izvedena kot 3 ali 4-kraka, izjemoma 5-kraka. Priključni kraki v mini krožno križišče predstavljajo eno ali dvopasovne ceste. Izvedba mini krožnih križišč na štiri (ali več) pasovnih cestah ni dovoljena.

Največji zunanji polmer mini krožnega križišča lahko znaša 12,5 m (zunanji premer torej 25 m). V primeru večjih dimenzij se namesto mini krožnega križišča izvede "klasično" enopasovno majhno krožno križišče.

6.1.2 Ustreznost / smiselnost izvedbe mini krožnega križišča

Preveritev ustreznosti izvedbe mini krožnega križišča je enaka kot pri izvedbi "klasičnega" krožnega križišča. V prvi fazi se izvede preveritev izpolnjevanja splošnih kriterijev za smiselnost izvedbe mini krožnega križišča. Preverjajo se naslednji kriteriji:

- funkcionalni kriterij,
- kriterij prepustnosti,
- prostorski kriterij,
- projektno – tehnični kriterij,
- kriterij prometne varnosti,
- ekonomski kriterij.

Pri odločanju o izvedbi mini krožnega križišča je potrebno upoštevati značilnosti obstoječega cestnega omrežja tistega okolja (npr. obstoječi tipi / izvedbe križišč ipd.), obstoječe načine vodenja prometa ter "pričakovanja uporabnikov" oz. udeležencev v prometu.

Mini krožna križišča se lahko izvedejo namesto obstoječih "klasičnih" 3 in 4 krakih križišč, s čemer je možno doseči zmanjšanje števila prometnih nesreč, zmanjšanje zamud in kolon v križišču ter zmanjšanje hitrosti motornih vozil (kot samostojen ukrep za umirjanje prometa ali v kombinaciji z drugimi ukrepi za umirjanje prometa).

Mini krožna križišča se lahko izvedejo le na tistih cestah znotraj naselij, kjer je največja dovoljena hitrost 50 km/h (ali manj). Prav tako mora biti izmerjena hitrost V_{85} na priključnih krakih v mini krožno križišče (znotraj oddaljenosti 70 m od mini krožnega križišča) manjša od 50 km/h. V primeru, da izmerjena hitrost V_{85} na priključnih krakih presega 50 km/h je potrebno izvesti mini krožno križišče skupaj z drugimi napravami in ukrepi za umirjanje prometa.

Mini krožno križišče predstavlja dobro rešitev v primeru rekonstrukcij obstoječih križišč (ali kot "sanacijski ukrep") v različnih okoljih - tako znotraj zazidanih, stanovanjskih, poslovnih ali nakupovalnih območjih. Prav tako so mini krožna križišča primerna v primerih rekonstrukcij obstoječih križišč:

- križišč "nepravilnih oblik", kot so npr. "Y", "K", "A" in "X" križišča;
- križišč oblike "F" in "H" (dve zaporedni T križišči na kratki medsebojni oddaljenosti);
- v primeru približno enake prometne obremenitve na glavni in stranski prometni smeri;
- kjer semaforizacija ni upravičena, je pa presežena kapaciteta nesemaforiziranega križišča.
- ter v primerih, ko je potek glavne prometne smeri neustrezen glede na obstoječo geometrijo križišča.

Mini krožna križišča niso najprimernejša rešitev v primerih, ko je na GPS velik delež večjih motornih vozil (tovorna vozila in/ali avtobusi).

Prav tako se izvedba mini krožnih križišč odsvetuje na pomembnejših linijah JPP ter v industrijskih/obratnih conah.

6.2 Kapacitetni izračun mini krožnih križišč

Za mini krožna križišča je značilno, da so sposobna prevzemati prometne obremenitve do 17.000 voz./dan.

Podrobnejši kapacitetni izračun za mini krožna križišča se izvede smiselno - glede na zahteve za enopasovna (majhna) krožna križišča.

6.3 Določitev projektno tehničnih elementov

6.3.1 Koraki pri načrtovanju mini krožnih križišč

Projektiranje mini krožnega križišča poteka v podobnih korakih kot projektiranje klasičnega krožnega križišča. Načrtovanje se izvede v naslednjih korakih:

- zunanji premer,
- širina krožnega vozišča,
- širina vozišča pred krožnim križiščem,
- širina uvoza v krožno križišče,
- razširitev uvoza,
- uvozni radij,
- uvozni kot,
- širina izvoza iz krožnega križišča,
- izvozni radij,
- horizontalno in višinsko vodenje,
- prečni nagibi in odvodnjavanje,
- ostali elementi,
- preglednost,
- oprema,
- ureditev.

Pri načrtovanju je potrebno upoštevati tudi naslednje:

- preglednost in prepoznavnost mini krožnega križišča: Za mini krožna križišča je pomembno, da vozniki križišče dovolj zgodaj prepoznajo in ga pravilno prevozijo. Načrtovano mora biti tako, da vozila lahko pravočasno upočasnijo, po potrebi tudi ustavijo, ter potem varno nadaljujejo z vožnjo. Voznike moramo s pomočjo pravih dimenzij odvrčati od nepravilne vožnje,
- hitrost vozil: Mini krožna križišča niso projektirana za visoke hitrosti, saj - glede na svoje elemente - posledično tudi "umirijo"

- promet. Pričakovana hitrost vozil je do 25 km/h,
- karakteristike ceste,
 - PLDP,
 - število krakov,
 - struktura prometa,
 - drugi udeleženci v prometu,
 - cestne povezave ter hrup in vibracije.

6.3.2 Zahtevane značilnosti ceste

Značilnosti ceste, na kateri so locirana mini krožna križišča, so naslednje:

- naklon terena: mini krožna križišča morajo biti locirana le na ravninskih terenih in na terenih z majhnimi nagibi - nagibi nivelet priključnih cest do največ 4 % (pri večjih nagibih lahko imajo večja in težja vozila težave pri speljevanju v krožišče),
- kategorija ceste: potrebno je upoštevati, v katero kategorijo spada cesta na kateri predvidimo mini krožno križišče. Glede na veljavno kategorizacijo je izvedba mini krožnih križišč smiselna na občinskih cestah ter regionalnih cestah,
- število voznih pasov: v mini krožnih križiščih so dovoljeni zgolj enopasovni uvozi in enopasovni izvozi,
- vodenje pešcev: ureditev površin za pešce (pločniki, prehodi za pešce) je identična kot pri enopasovnih krožnih križiščih (npr. izvedba niše za čakanje vozil pred uvozom v krožno križišče ipd.),
- vodenje kolesarjev: v mini krožnih križiščih vodimo kolesarje na dva načina (a) z ostalimi motornimi vozili v kržnem vozišču (brez posebne označbe kolesarskih površin) in (b) ob zunanjem robu krožnega križišča (kolesarske steze ob pločniku za pešce),
- javni potniški promet: mini krožna križišča lahko predstavljajo težavo za javni potniški promet (še posebej v primerih, ko linija JPP v krožnem križišču menja smer - zavoj), zato morajo biti projektanti pozorni na krivuljo sledi merodajnega vozila - v tem primeru avtobusa,
- cestna razsvetljava: zelo pomembno je, da so mini krožna križišča primerno osvetljena, da lahko voznik tudi ponoči in ob slabih vremenskih pogojih varno predvidi nastalo situacijo,
- zazidana / nepozidana območja: mini krožna križišča se izvajajo v naseljih, večinoma v zazidanih območjih, redkeje v nepozidanih območjih.

Dodatne zahteve / značilnosti cestnega omrežja, na kateri so locirana mini krožna križišča, so naslednje:

- obstoječe prometne povezave: mini krožna križišča ne smejo biti v povezavi / navezavi s križišči, ki predstavljajo mestne vpadnice in so urejene po principu »zelenega vala«,
- lokalne kolesarske in pešpoti: mini krožna križišča ne smemo načrtovati tam, kjer poteka v navezavi z motornimi vozili močan tok lokalnih kolesarskih in pešpoti, ne smemo pa jih uporabiti tudi na t.i. varnih poteh v šolo,
- linije javnega potniškega prometa: mini krožna križišča praviloma ne projektiramo na tistih lokacijah, kjer je velika obremenjenost z linijami javnega potniškega prometa, ker lahko vožnja skozi takšno krožišče pripomore k zamudam vozil in neudobni vožnji,
- območje umirjanja prometa: mini krožno križišče je pogosto v navezavi z območjem, na katerem želimo umiriti promet in zato morajo biti v skladu s tem tudi projektirana.

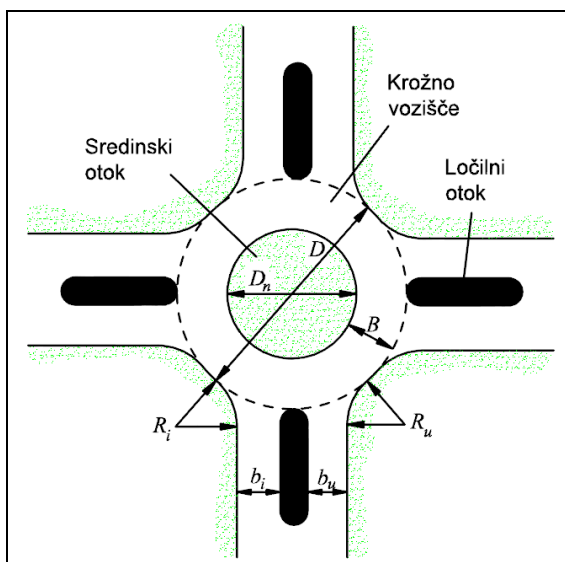
6.4 Horizontalno in višinsko vodenje

6.4.1 Elementi v situaciji

Pri projektiranju situacijskih elementov mini krožnega križišča (sl. 6.1) načeloma upoštevamo enake zahteve, kot veljajo za enopasovna (majhna) krožna križišča. Dodatno pozornost (izjeme) so naslednje:

- osi posameznih krakov v mini krožnem križišču morajo biti vodene (izbrane) tako, da je (za vsak manever vožnje) dosežena defleksija (sprememba smeri vožnje) vsaj v velikosti $R = 60$ m,
- velikost sredinskih ločilnih otokov ter velikost (in lokacija) sredinskega otoka se definira na osnovi izrisanih poti merodajnega vozila / največjega vozila za vse možne manevre vožnje,
- zunanji premer (D) mini krožnega križišča naj znaša vsaj 13.5 m in največ 25 m (v primeru večjega premera govorimo že o majhnem krožnem križišču, pri katerem sredinski otok ne sme biti povezan),
- širina krožnega vozišča (B) običajno znaša od 4,5 do 5,0 m,
- sredinski otok (Dn) naj bo premera od 7.0 m do 9.0 m,
- sredinski ločilni otok (Dn) se izvede v obliki kupole, pri čemer je zunanji rob otoka dvignjen za 3 cm glede na ravnino krožnega vozišča, na sredini je kupola dvignjena za 10 cm, pri večjih premerih sredinskih otokov pa za 12 cm,

- zaradi izboljšanja vidnosti mini krožnega križišča je priporočljivo, da je celoten sredinski otok izveden v tlakovanih izvedbi (kamnite / granitne kocke ali material podobnih lastnosti),
- v kolikor je sredinski otok izveden iz asfalta mora biti vsaj deniveliran rob otoka izveden iz betonskih / kamnitih kock oz. robnikov;
- ločilni otoki so lahko izvedeni:
 - o v denivelirani obliki (obrobničeni ločilni otoki, pri čemer mora biti ločilni otok na najožjem mestu širine vsaj 1,2m - postavitev prometnega znaka II-47 in VI-8),
 - o ločilni otok je izveden enako kot sredinski otok - kot povozni otok v tlakovani izvedbi (rob deniveliran za 3 cm),
 - o ločilni otok izveden zgolj s talnimi označbami (zaporna ploskev).
- uvozni (bu) in izvozni pas (bi) naj bosta široka vsaj 2.75 m.



Slika 6.1 Glavni projektno – tehnični elementi mini krožnega križišča

6.4.2 Višinsko vodenje, prečni nagibi

Kot je že bilo omenjeno je pogoj za izvedbo mini krožnega križišča ravninski teren - nagib nivelet priključnih cest do največ 4 %.

Prečni nagibi vozišč priključnih cest in krožnega vozišča se izvedejo enako kot v primeru enopasovnih (majhnih) krožnih križišč - torej z velikostjo prečnega nagiba 2,5 % nazven.

6.5 Preglednost

V mini krožnih križiščih se zahtevana preglednost zagotovi na enak način kot v enopasovnih (majhnih) krožnih križiščih.

Zaradi dejstva, da sredinski otok pri mini krožnih križiščih ni deniveliran oz. ne predstavlja "vidne ovire" za voznike je potrebno poskrbeti tudi za "vidnost / opaznost" mini krožnega križišča. To se doseže z vodenjem priključnih krakov (defleksija), s prometno signalizacijo (označbe na uvozih, barva sredinskega otoka) ter izvedeno javno razsvetljavo (zagotovljena vidnost v nočnem času).

6.6 Prometna signalizacija

Načeloma se smiselno uporablja prometna signalizacija kot v enopasovnih (majhnih) krožnih križiščih. Dodatno je potrebno:

- na vsakem kraku pred uvozom označiti opozorilni trikotnik na vozišču,
- označiti sredinski otok (bela označba oz. izmenično bela označba),
- označiti smer vožnje v krožnem križišču (pred vsakim uvozom) s puščico na sredini krožnega vozišča (puščica podobna kot V-23.1, prilagojena velikosti krožnega križišča),
- zaradi prevoznega sredinskega otoka se v sredinskem otoku ne postavlja prometnih znakov,
- postavitev prometne signalizacije na sredinskih ločilnih otokih na posameznih krakih v mini krožno križišče je odvisna od dimenzij / izvedbe sredinskih ločilnih otokov.

6.7 Prometna oprema

Načeloma se uporablja enaka prometna oprema kot v enopasovnih (majhnih) krožnih križiščih.

7. Montažna krožna križišča

7.1 Kriteriji za upravičenost izvedbe montažnega krožnega križišča

Montažno krožno križišče se *poskuša izvesti* znotraj meja obstoječega križišča oz. "med obstoječimi robniki". Pri izvedbi montažnega krožnega križišča se torej ne predvideva velikih prestavitev robnikov obstoječega križišča,

dviganje asfalta, niti kakršnega koli drugega podobnega, finančno ali gradbeno zahtevnega posega.

Montažno krožno križišče mora biti izvedeno z elementi, prometno signalizacijo in opremo, ki je v skladu z veljavno zakonodajo ter prometno – varnostnimi zahtevami. To pomeni, da montažna rešitev vsebuje enake elemente kot fiksna rešitev (polmeri ustreznih velikosti, sredinski otok, ločilni otoki, prehodi za pešce, prometna signalizacija ...) le, da so ti elementi montažni.

Montažno krožno križišče se lahko, kot projektna rešitev, izvede v primeru:

- spremenjenih prometnih razmer (npr. začasne spremembe poteka glavne in stranske prometne smeri (v času poletne turistične sezone, sejmov, daljših prireditev, ...),
- začasno oviranega poteka prometa (npr. gradbišče v samem križišču, izvedba četrtega kraka v obstoječem trikrakem križišču, ...),
- v procesu dokazovanja primernosti izvedbe krožnega križišča kot trajne rešitve,
- v času izvedbe fiksne krožne rešitve (za nemoteno delovanje križišča v času izgradnje oz. za zaščito gradbenih delavcev pri izvedbi sredinskega otoka in uvoznih ter izvoznih radijev),
- kot ukrep za umirjanje prometa v obstoječih nesemaforiziranih križiščih (v primeru, da so hitrosti na glavni prometni smeri prevelike ali v primeru, da imajo vozila na stranski prometni smeri težave pri vključevanju na glavno prometno smer),
- z namenom takojšnje omilitve slabih prometno-varnostnih razmer (v primeru pomanjkanja finančnih sredstev za takojšnjo izvedbo fiksne rešitve).

Do izvedbe fiksne rešitve, se vsaki dve leti preverja, ali so še vedno izpolnjeni vsi kriteriji za upravičenost obstoja montažnega krožnega križišča.

Vse faze oz. procesi pred izvedbo montažnega krožnega križišča so identični postopku izvedbe krožnega križišča kot fiksne rešitve. Postopek sestoji iz treh faz:

- preveritev upravičenosti (smiselnosti) izvedbe montažnega krožnega križišča,
- projektiranje montažnega krožnega križišča,
- izvedba montažnega krožnega križišča.

Preveritev upravičenosti (smiselnosti) izvedbe montažnega krožnega križišča je popolnoma

enaka kot pri izvedbi fiksne rešitve s krožnim križiščem. V tej fazi preverimo izpolnjevanje splošnih kriterijev za smiselnost izvedbe montažnega krožnega. V primeru, da je taka presoja že narejena za fiksno rešitev s krožnim križiščem, preveritve ustreznosti ni potrebno delati.

Postopek projektiranja montažnega krožnega križišča je identičen postopku projektiranja fiksne rešitve oz. je celo nekoliko zahtevnejši, saj je potrebno upoštevati tudi tki. "človeški faktor" (navajenost uporabnikov na prejšnjo rešitev (vožnja "na pamet"), zmedenost uporabnikov zaradi dvojne talne signalizacije (v primeru, da upravljavec ne zahteva odprave prejšnjih talnih označb), nujno potrebno izvedbo kanaliziranja pešcev (zaradi preprečitve prečkanja krakov krožnega križišča izven območij prehodov za pešce), ...) ter zahtevo po nespremenjenem poteku robnikov (preveritev krivulje sledi merodajnega vozila za najbolj kritičen manever).

Sama izvedba montažnega krožnega križišča je odvisna od izbire montažnih elementov. Najenostavnejša je v primeru opredelitve za ločilne ograje iz umetnih snovi, saj ni nobenega posega v voziščno konstrukcijo. Po zakoličbi glavnih elementov krožnega križišča sledi postavitve praznih elementov ločilnih ograj (ki se kasneje napolnijo z vodo) in izrisovanje talne ter postavitve vertikalne signalizacije.

7.2 Kapacitetni izračun montažnega krožnega križišča

Kapacitetni izračun montažnega krožnega križišča je identičen kot pri enopasovnem krožnem križišču v fiksni izvedbi.

Za kapacitetni izračun montažnega krožnega križišča je prav tako potrebno pridobiti podatke o jakostih in strukturi prometnih tokov (štetje prometa), le da se – za razliko od fiksne izvedbe – privzame krajša planska doba.

7.3 Določitev projektno – tehničnih elementov montažnega krožnega križišča

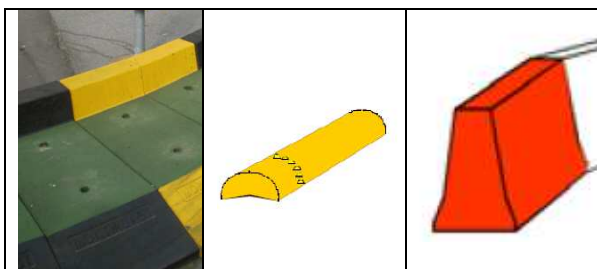
Določitev projektno – tehničnih elementov montažnega krožnega križišča poteka na identičen način kot pri krožnem križišču v fiksni izvedbi.

Praviloma pa so – zaradi že obstoječega križišča, praviloma klasičnega – projektno –

tehnični elementi že določeni, zato je v takem primeru le potrebno preveriti, če so njihove dimenzije ustrezne.

Montažno krožno križišče se lahko izvede iz (sl. 7.1):

- betonskih prefabriciranih elementov segmentne oblike in različnih ukrivljenosti (iz katerih se izvede sredinski otok),
- montažnih vodilnih robnikov,
- montažnih (plastičnih) varnostnih ograj.



Slika 7.1 Montažni elementi za izvedbo montažnih krožnih križišč

7.4 Horizontalno in višinsko vodenje

Pogoji horizontalnega in višinskega vodenja so, v primeru izvedbe montažne rešitve, praviloma že določeni (zaradi obstoječega križišča), zato je v takem primeru le potrebno preveriti, če so njihove dimenzije ustrezne.

Pri montažnem krožnem križišču, ki se izvaja na mestu obstoječega klasičnega (tri ali štirikrakega) križišča, je potrebno preveriti ustreznost prečnih nagibov.

7.5 Prometna signalizacija

Prometna signalizacija montažnega krožnega križišča je identična prometni signalizaciji pri krožnem križišču v fiksni izvedbi. Gre za enake prometne znake in za enake talne.

V primeru, da se montažno krožno križišče izvaja na mestu obstoječega klasičnega (tri ali štirikrakega) križišča, je zaželeno, da se na ustrezni oddaljenosti postavi prometni znak I-25 z dopolnilno tablo SPREMEMBA PROMETNEGA REŽIMA!

Montažno krožno križišče je možno izvesti v trikrakih in štirikrakah, semaforiziranih in nesemaforiziranih križiščih. V primeru, da se bo montažno krožno križišče izvedlo na mestu obstoječega semaforiziranega križišča, je smiselno semaforje za pešce izklopiti, semaforje za motorizirane udeležence pa postaviti v režim "rumeno – utripajoče".

Prav tako je smiselno razmisliti o izvedbi zvočnih hitrostnih ovir iz debeloslojnih premazov.

7.6 Prometna oprema

Pri montažnem krožnem križišču se ločilni otoki izvedejo iz enakih elementov kot sredinski otok.

Pri montažnem krožnem križišču se povozni del sredinskega otoka ne izvede v fiksni izvedbi temveč le označi s horizontalno neprekinjeno črto na zunanjem robu povoznega dela sredinskega otoka.

7.7 Druga oprema

V sredinskem otoku montažnega krožnega križišča se praviloma ne izvaja nobenih ozelenitev, skulptur ali drugih podobnih objektov.

Postavljanje tabel, napisov in drugih objektov ali naprav za slikovno ali zvočno obveščanje in oglaševanje v sredinskem otoku krožnega križišča ni dovoljeno.

Če so glavni element montažnega krožnega križišča montažne plastične varnostne ograje, se zaradi stabilnosti samih elementov in prometne varnosti, morajo napolniti z vodo. V primeru, da taka montažna rešitev ostane izvedena čez zimo, je vodi v montažnih elementih potrebno dodati okolju prijazno protizmrlinsko sredstvo.