

1. ПОВРШИНСКЕ РАСКРСНИЦЕ ВАНГРАДСКИХ ПУТЕВА

Техничка упутства за пројектовање површинских раскрсница ванградских путева су конципирана као основни документ техничке регулативе из области пројектовања ванградских путева, заснован на ставовима и вредностима дефинисаним у прилогу 2, Траса ванградских путева. Та техничка упутства служе за пројектовање објеката (површинских раскрсница) новоградње, реконструкције и рехабилитације.

Упутства су дата у следећим поглављима:

1. Основе за пројектовање;
2. Раскрснице с пресецањем саобраћајних струја;
3. Кружне раскрснице;
4. Саобраћајна и путна опрема;
5. Прилог (криве трагова за меродавна возила и карактеристични пример површинских раскрсница).

Вредности пројектних елемената и предлози пројектних решења дефинисаних овим упутствима формирани су на основу провера возно динамичких, конструктивних и саобраћајно-психолошких (естетских) критеријума и уз истовремено уважавање захтева за минимумом инвестиционих улагања, максимумом безбедности и проточности саобраћаја и минимумом еколошких последица. Пошто су то сложени и у извесном смислу контардикторни захтеви, оптимално решење је у њиховом компромису уз максималну креативност пројектанта и уважавање специфичних услова контекста при чему треба водити рачуна о правовременој и адекватној информисаности најшире јавности с обзиром на то да је пут јавно добро које се финансира из заједничких средстава.

Овим упутствима обухваћена су решења за површинске раскрснице изван континуално изграђеног градског подручја. То значи да раскрснице у прелазној зони између ванградског подручја и подручја континуалне изграђености урбаних целина подлежу техничким упутствима за пројектовање саобраћајница у градовима - површинске раскрснице и уз уважавање специфичних услова локације и саобраћајних захтева (моторни, јавни градски, бициклистички и пешачки саобраћај).

Од утврђених вредности појединачних елемената може се одступити само ако се техничким и економским анализама докаже оправданост другачијег решења и ако се гарантује захтеван ниво безбедности, проточности и заштите животне средине, као и ако је утрошак инвестиционих средстава сагласан пројектном захвату.

Овај документ се ослања на прилог 1 - Функционална класификација ванградских путева, прилог 2 - Траса ванградских путева, као и на Закон о јавним путевима Републике Србије.

2. ОСНОВЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ

Површинске раскрснице представљају чворне тачке ванградске путне мреже на којима се повезују путеви различитих функционалних нивоа и различитог саобраћајног оптерећења. Оне у исто време представљају и места с повећаним ризиком у погледу безбедности саобраћаја, имајући у виду чињеницу да се највећи број саобраћајних незгода, по учесталости и по тежини незгода догађа управо на површинским раскрсницама. Све површинске раскрснице могу се генерално поделити у две групе:

а) раскрснице са пресецањем саобраћајних струја уз јасно дефинисан главни (ГП) и споредни (СП) правац као основне претпоставке за пројектовање и обликовање;

б) кружне раскрснице у којима је основни принцип првенство пролаза возила која су у раскрсници, док сви остали чекају да се улију у кружни ток, чиме се знатно унапређује безбедност на самој раскрсници.

Избор одговарајуће раскрснице мора заснивати на ставовима проистеклим из детаљне анализе саобраћајних захтева (оптерећења, структуре тока, врсте и режима токова), као и на основу анализе организације и намене површина у широј и ужој зони захвата. Посебно је значајно усагласити концептуална решења везана за саобраћајну основу ширег подручја, како у погледу континуитета саобраћајних токова, тако и у погледу задовољења функционалних потреба корисника пута и становника у утицајним зонама.

2.1. Програмски услови

Програмски услови за пројектовање површинских раскрсница на ванградским путевима обухватају: функционалне захтеве пресечних (укрских) праваца у погледу континуитета саобраћајног тока и брзине кретања возила, полазне ставове о врстама и типовима површинских раскрсница, просторној организацији подручја, као и меродавне показатеље за пројектовање и контролу пројектних решења са становишта инвестиционих улагања, пропусне моћи, безбедности саобраћаја и еколошких последица.

Програмски услови се формирају на основу важеће законске и техничке регулативе, а у студији концепције пројекта за новопроектване деонице, реконструкцију или рехабилитацију постојећих траса, односно раскрсница. Резултат тих активности обједињује се у документу који се назива Пројектни задатак и који је саставни део уговорних обавеза између инвеститора и пројектанта.

2.1.1. Функција у мрежи

Раскрснице морају бити у складу са карактеристикама пресечних (укрских) праваца, тј. с функционалном класификацијом ванградских путева. На слици 2-01 овог прилога дат је општи приказ поделе раскрсница у складу са наведеном класификацијом.



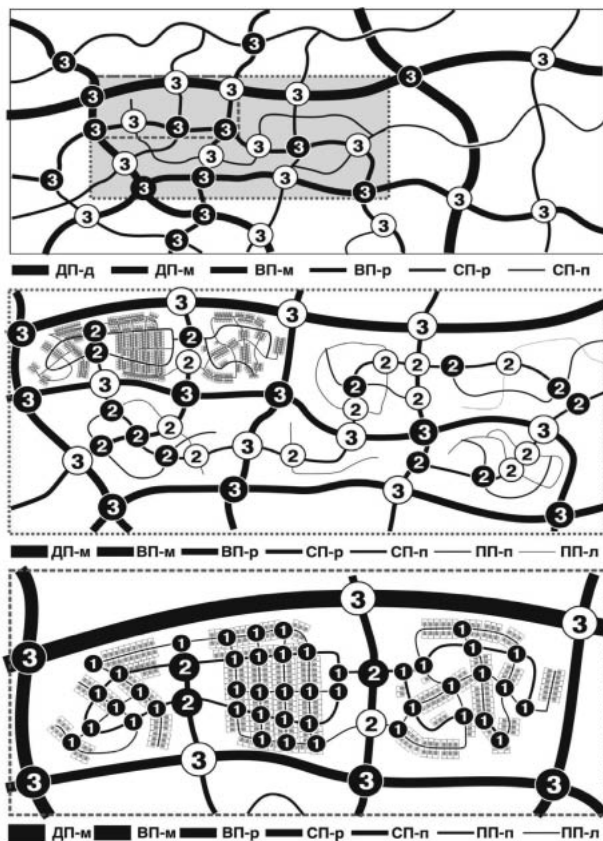
Слика 2-01: Општи приказ поделе раскрсница према функционалним типовима пресечних (укрсних) праваца ванградске путне мреже:
 а) раскрснице са пресецањем саобраћајних струја;
 б) кружне раскрснице.

У циљу унификације и рационализације пројектних решења предложена су три типа површинских раскрсница када су у питању пресецања саобраћајних струја, као и три типа кружних раскрсница (детаљније у поглављима 3 и 4 овог прилога).

На слици 2-02 овог прилога дат је шематски приказ макро расподеле површинских раскрсница у складу с функционалним захтевима путне мреже и успостављеним принципима њеног хијерахијског уређења.

Основни принцип усклађености пројектних решења и оптималне дистрибуције саобраћајних токова јесте да су нивои раскрсница у директној корелацији са значајем путног правца и саобраћајним оптерећењем на њему.

За раскрснице са пресецањем саобраћајних струја неопходно је програмским условима дефинисати главни (ГП) и споредни (СП) правац, док је за кружне раскрснице доминантан број уливних трака пресечних, односно укрсних праваца.

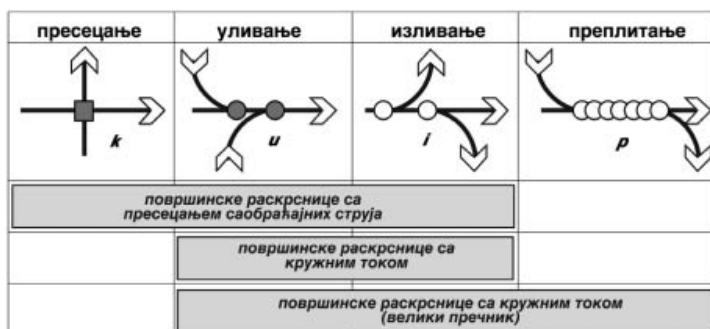


Слика 2-02: Шематски приказ макро локације различитих типова површинских раскрсница са становишта функционалних захтева путне мреже.

2.1.2. Просторна организација површинских раскрсница

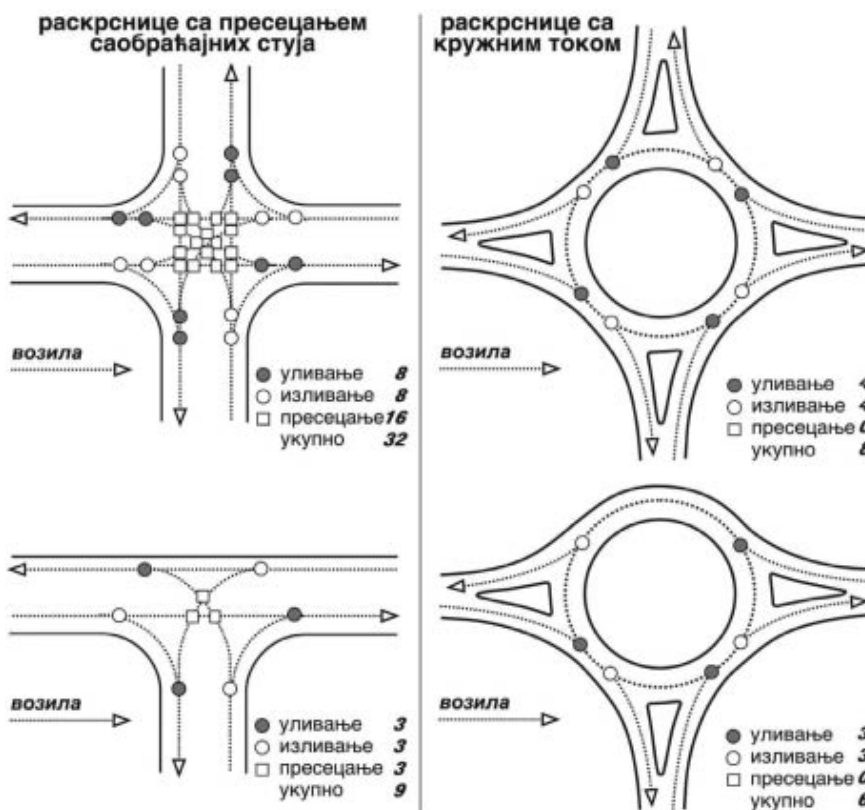
Површинска раскрсница обухвата поред коловозних површина и шире подручје на коме се јављају различити утицаји од топографских и морфолошких до специфичне намене простора која може утицати и на само решење. Свака површинска раскрсница има стога своје специфичности које произлазе из програмских услова и просторних ограничења, уз неопходност унификације у најширем смислу да би на путној мрежи, што је више могуће, обезбедили проточност и безбедност саобраћаја. И поред тога на површинској раскрсници формирају се зоне смањене проточности и угрожене безбедности - то су места пресецања супротно усмерених саобраћајних струја, тзв. **конфликтне тачке**, док се на местима изливања или уливања саобраћајне струје истог смера, тзв. **колизионе тачке**.

На слици 2-03 овог прилога приказани су карактеристични типови конфликтних и колизионих тачака за раскрснице са пресецањем саобраћајних струја и за кружне раскрснице. Карактеристика кружних раскрсница је то да су избегнуте конфликтне тачке и тиме битно смањен ризик са становишта безбедности возње. Конфликтне тачке на површинским раскрсницама настају када се пресеца ток возила са бициклистима и/или пешацима.



Слика 2-03: Карактеристични типови конфликтних и колизионих тачака на површинским раскрсницама.

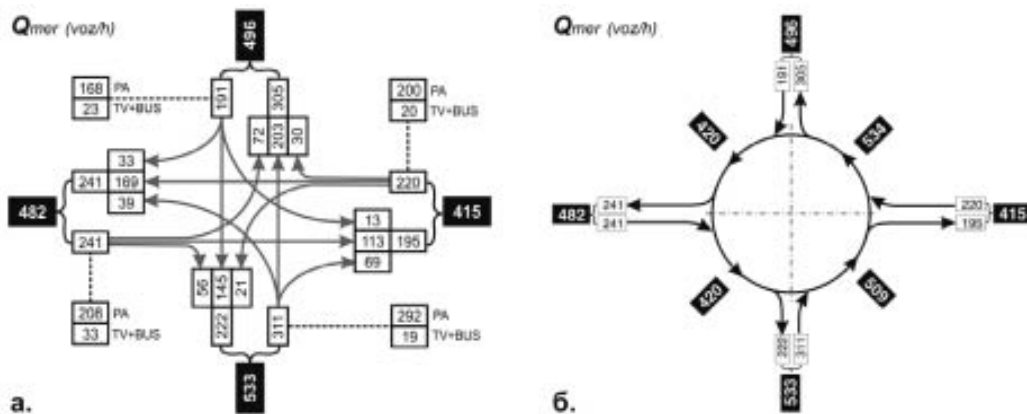
Просторни распоред конфликтних и колизионих тачака који проистиче из врсте и типа површинске раскрснице утврђује се њеним грађевинским решењем. На слици 2-04 приказан је распоред тих тачака за четворокраке (укрштаји) и трокраке (прикључци) раскрснице. Основни принцип у пројектовању раскрсница, због проточности и безбедности саобраћаја, јесте ограничавање броја укрсних праваца на четири, а прикључних праваца на три, па ако постоји већи број укрсних праваца нужна је декомпозиција чвора на већи број раскрсница (тачка 2.2. овог прилога).



Слика 2-04: Распоред и број пресечних (конфликтних), уливних и изливних (колизионих) тачака на ванградској четворокракој и трокракој површинској раскрсници.

2.1.3. Саобраћајно оптерећење

За пројектовање површинских раскрсница меродавна саобраћајна оптерећења у складу су са саобраћајним оптерећењима дефинисаним у тачки 6, односно 6.2. прилога 1 - Функционална класификација ванградских путева, протоку меродавног часа, утврђена верификованим методама за анализу и прогнозу саобраћајног оптерећења. Меродавна саобраћајна оптерећења за пројектовање површинских раскрсница рашчлањују се по саобраћајним струјама с детаљном структуром по врстама возила (слика 2-05). Меродавни параметар за пројектовање површинских раскрсница дефинише се програмским условима и **нивоу услуге раскрснице (НУР)**, који мора бити истог нивоа као и за деонице између раскрсница. Изузетно, у реконструкцији или рехабилитацији може се прихватити и за један степен нижи ниво услуге.



Слика 2-05: Саобраћајна слика токова на површинској раскрсници:
а) са пресецањем саобраћајних струја;
б) с кружним током саобраћаја.

2.1.4. Меродавне брзине у пројектовању

У пројектовању површинских раскрсница полази се од меродавне пројектне брзине (средње пројектне брзине), $V_{p_{sr}}$ (резултујући профил пројектне брзине, подручја макро локације раскрснице).

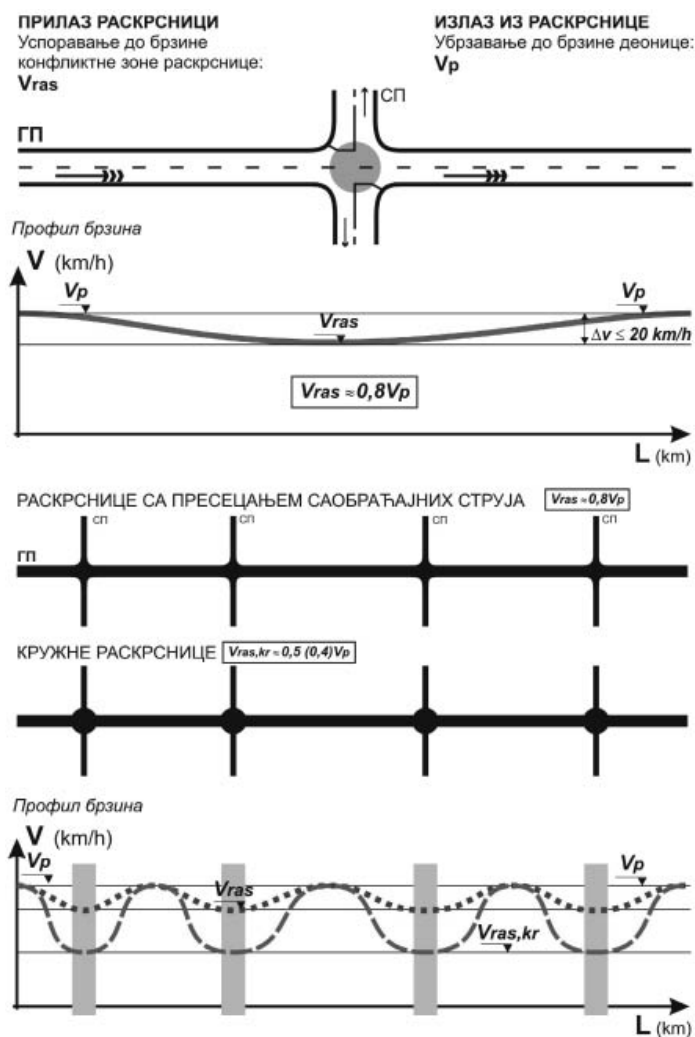
За површинске раскрснице с пресецањем саобраћајних струја меродавна је пројектна брзина раскрснице - $V_{ras} \approx 0,8 V_{p_{sr}}$, која износи:

$$V_{p_{sr}} - V_{ras} \leq 20 \text{ km/h.}$$

Меродавна брзина за димензионисање и проверу примењених елемената површинске раскрснице треба да се налази у напред наведеним границама, првенствено ради безбедности вожње и треба је заокружити на целих 10 km/h. Тако се обезбеђује усклађеност и хомогеност брзина на деоници трасе пута с површинском раскрсницом и пројектни елементи раскрснице се димензионишу с високим нивоом сигурности.

За кружне површинске раскрснице, на макро нивоу, важе слични принципи у погледу дефинисања меродавне брзине раскрснице - $V_{ras.kruga} \approx 0,5(0,4) V_{p_{sr}}$, као и за раскрснице са пресецањем саобраћајних струја, али се ту као доминантан параметар хомогености брзина јавља **разлика брзина** уливања/изливања у односу на брзину у кругу која не треба да је већа од 10, односно 15 km/h (максимална разлика 20 km/h), тачка 4.1.3.1. овог прилога.

Сви елементи површинских раскрсница димензионишу се према V_{ras} , изузев захтеване прегледности (P_{zp}) која се одређује према V_p . Општи приказ тока меродавних брзина у подручју површинских раскрсница дат је на слици 2-06 овог прилога.



Слика 2-06: Општи приказ меродавних брзина у пројектовању површинских раскрсница.

2.1.5. Меродавна возила

Површинске раскрснице морају обезбедити пролаз свим врстама меродавних возила, која се као меродавна дефинишу за пројектовање појединих путних потеза (деоница) у складу с прилогом 1 - Функционална класификација ванградских путева и прилогу 2 - Траса ванградских путева. За саобраћајне струје лево и десно дефинише се меродавно возило коме се гарантују нормални услови за скретање, док се за возила већих димензија проверавају услови за минималну проходност. Према наведеној техничкој регулативи, дефинисана су одговарајућа - меродавна возила за конкретну категорију пута (даљински, везни, сабирни и приступни пут) за која се морају обезбедити услови проходности у складу с тачком 3.5.3. овог прилога.

Меродавно возило за пројектовање и обликовање елемената површинских раскрсница дефинише се зависно од функционалног типа пута и од учесталости возила у меродавном часу за димензионисање.

На слици 2-07 овог прилога дата су меродавна возила зависно од категорије пута.

	ДАЉИНСКИ ПУТ ДП	ВЕЗНИ ПУТ ВП	САБИРНИ ПУТ СП	ПРИСТУПНИ ПУТ ПП
ДАЉИНСКИ ПУТ ДП	АВ, ВВ	АВ, ВВ	АВ, ВВ (ТВ1)	-
ВЕЗНИ ПУТ ВП		АВ, ВВ	ТВ1 (АВ,ВВ)	ТВ1 (БУСл, ТВ2)
САБИРНИ ПУТ СП	АВ, ВВ		ТВ1 (БУСл, ТВ2)	ТВ1 (БУСл, ТВ2)
ПРИСТУПНИ ПУТ ПП	БУСл, БУСлзг ТВ1, ТВ2, ТВ3			ТВ2 (БУСл,ТВ1,ТВ3)

напомена:

- велика разлика функционалних рангова, изузетан случај
- карактеристике меродавних возила чл.3.4.2 ПП-Т08
- вредности у () могу се применити код оштрих просторних ограничења
- код јавног приградског превоза меродавно возило ЈП (БУСл или БУСлзг)

Слика 2-07: Меродавна возила за пројектовање и обликовање елемената на површинским раскрсницама.

2.2. Критеријуми за пројектовање

Пројектовање површинских раскрсница обухвата низ веома сложених метода, поступака и процедура у циљу формирања оптималног решења за природна и створена ограничења уз минимум инвестиционих улагања (грађење и одржавање), максимум проточност и безбедност саобраћаја и минимум еколошких последица. Стога, веома је важно да се дефинисани критеријуми, појединачно и скупно, у процесу пројектовања и обликовања доследно поштују и да се, кад год је то могуће изразе на основу појединачних показатеља који могу послужити као релевантни параметри за вредновање варијантних решења. Одступање од наведених критеријума мора бити темељно образложено техничким, економским и обликовним анализама, уважавајући ниво пројекта и значај укрсних (прикључних) праваца.

2.2.1. Услови локације

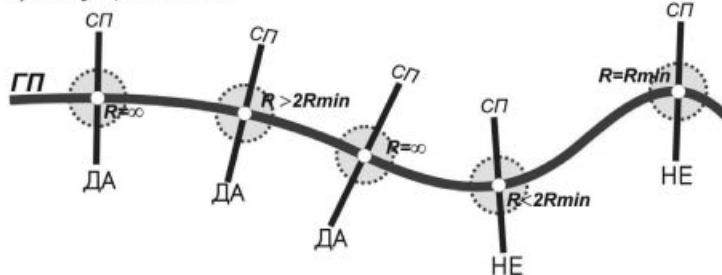
Пројектовање површинских раскрсница почиње на основу дефинисаних програмских услова и пројектног задатка за пројекте новоградње, реконструкције или рехабилитације, било да се ради о раскрсници (раскрсницама) као саставном делу деонице пута и/или путног потеза, било да се ради о изолованом пројекту раскрснице као посебном објекту. Избор макро и микро локације, као и утврђивање просторних односа укрсних (прикључних) праваца у складу с меродавним саобраћајним оптерећењем и њиховом значају у путној мрежи представља полазну активност у пројектовању површинских раскрсница.

Површинска раскрсница мора да буде сагледљива са главног правца најмање с даљине изоштрене визуре прегледности: $Pip = 3Vp$. Тај услов искључује деонице са недовољном прегледношћу, као што су хоризонталне кривине радијуса $R < 2R_{min}$. То значи да се као повољне локације са становишта елемената хоризонталне пројекције пута (ситуациони план) могу сматрати деонице у правцу, деонице на подручју инфлексije прелазних кривина и деонице хоризонталних кривина радијуса већег или једнаког двострукој вредности минималног радијуса. Графички приказ подобности микро локације раскрснице у ситуационом плану дат је на слици 2-08а овог прилога.

Са становишта елемената вертикалне пројекције (подужни профил) као неповољна локација се може сматрати она на којој су подужни нагиби главног правца (ГП) већи од $\pm 3\%$ (максимално $\pm 4\%$). Исто важи и за конвексне вертикалне кривине радијуса заобљења мањег од четвороструке вредности минималног радијуса, односно за конкавне вертикалне кривине радијуса мањег од двоструке вредности минималног радијуса, као што је приказано на слици 2-08б овог прилога.

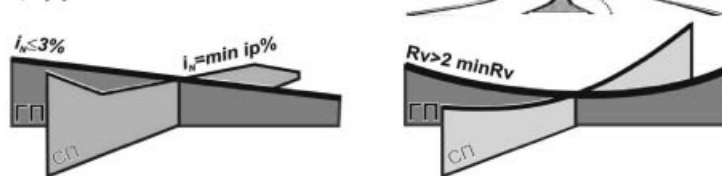
За елементе споредног правца (СП) важно је истаћи да се његов подужни нагиб у зони раскрснице формира према попречном нагибу главног правца који треба да обезбеди ефикасно отицање површинских вода с коловоза раскрснице и да не треба да је мањи од $1,5\%$.

а) Ситуациони план

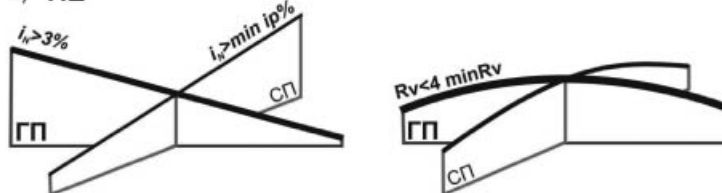


б) Подужни профил

1) ДА



2) НЕ



Слика 2-08: Услови за избор локације површинске раскрснице у ситуационом плану и подужном профилу.

Укрштај, односно прикључак споредног пута треба да буде изведен управним вођењем осовине споредног правца (СП), било да се ради о раскрсницама са пресецањем саобраћајних струја, било да се ради о кружним раскрсницама, као што је приказано на слици 2-09 овог прилога. Тиме се постижу најкраће путање возила кроз конфликтну (колизиону) зону и стварају услови за бољу прегледност. За остварење тог циља долази у обзир и принудна девијација споредног правца. Она се препоручује јер се тиме постижу два битна ефекта: прво, принудно се смањује брзина возила са споредног путног правца, што је значајно са становишта безбедности возње и друго, на подручју девијације лако се изводе потребна проширења, а да се при томе одржи континуитет ивичних линија.

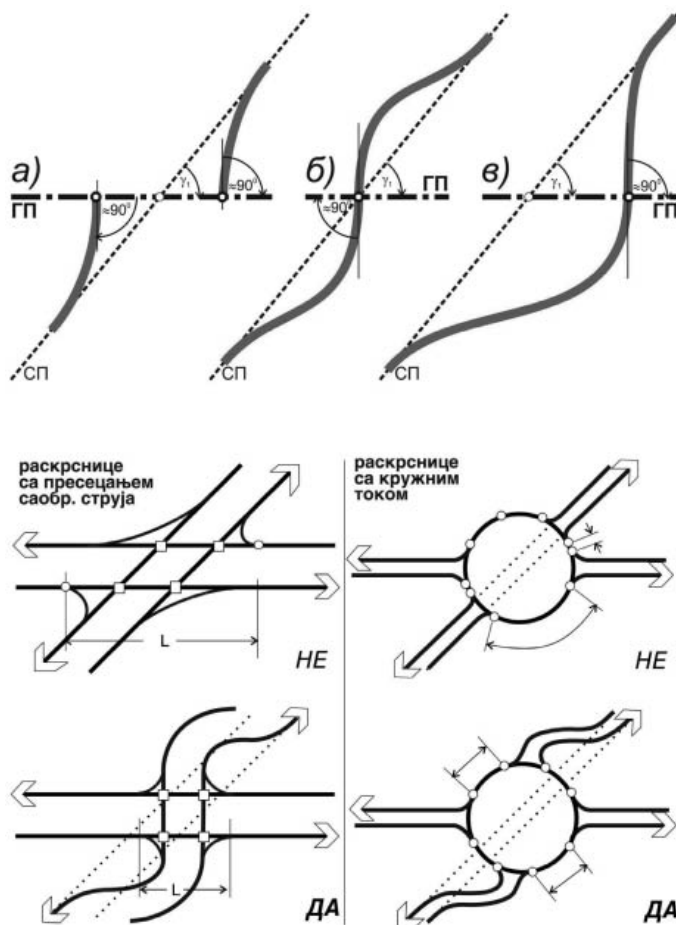
На раскрсницама с кружним током потребна је централна симетрија кружне раскрснице укључујући и зоне излива/улива да би се обезбедили равноправни услови за све токове, што је полазни концепт таквих раскрсница.

Угао пресека треба да буде око 90° , уз дозвољена одступања од $\pm 10^\circ$ (слика 2-09).

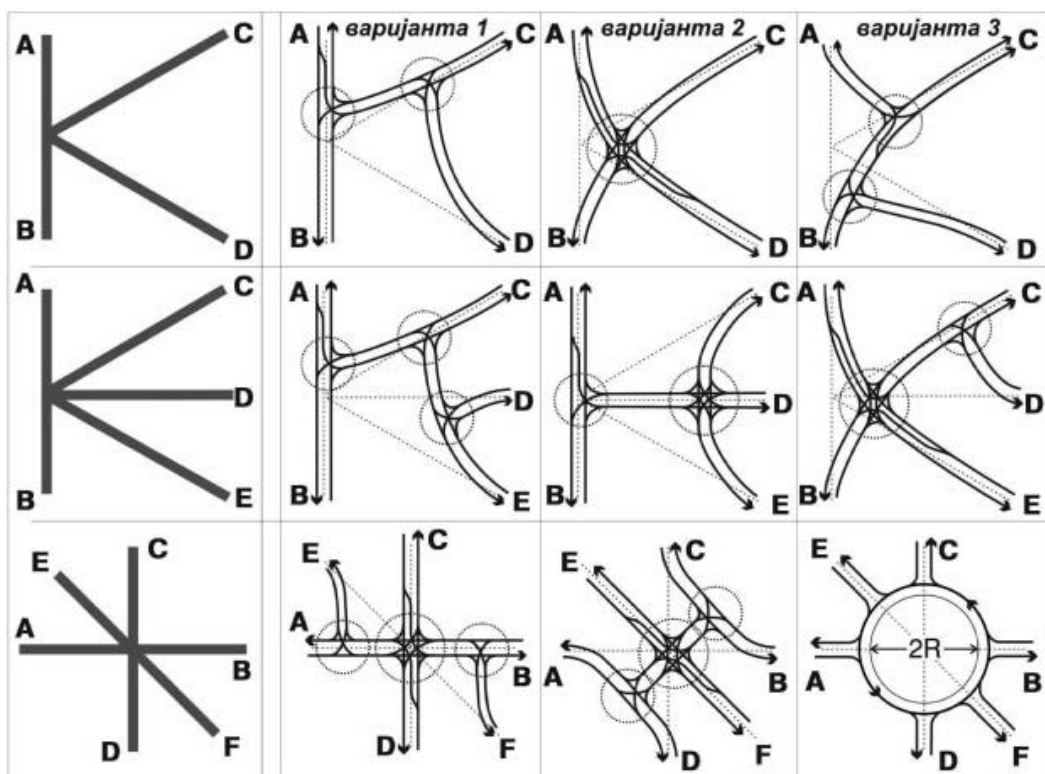
Ради проточности и безбедности површинских раскрсница број прикључних праваца се ограничава на три (трокрака раскрсница), односно број укрсних праваца на четири (четворокрака раскрсница). У стандардним условима формирања мреже ванградских путева и уз поштовање начела хијерархијског уређења мреже ставови о ограничењу броја прикључних (укрских) праваца се подразумевају. Кад год није могуће применити наведени принцип, тј. када има већи број укрсних (прикључних) праваца, неопходно је декомпоновати такав чвор и формирати две или више површинских раскрсница према изнетим ставовима. Тај принцип доследно је спроведен на слици 2-10 овог прилога, где је за различите диспозиције раскрсница с повећаним бројем прикључних (укрских) праваца изложено више варијантних решења могуће декомпозиције. Које ће се варијантно решење применити у конкретном случају зависи од значаја укрсних (прикључних) праваца у мрежи и меродавног саобраћајног оптерећења раскрснице по дефинисаним правцима. Ако није могуће извршити декомпозицију (због различитих просторних и/или функционалних ограничења) и применити раскрснице са пресецањем саобраћајних струја, могуће је решење остварити применом кружне раскрснице великог пречника, чији су геометријски елементи дати у табели 4.6. овог прилога.

Посебно се истиче да организација простора и правила регулативе површинских раскрсница треба да буду остварена једноставним, логичним и по могућности униформним средствима која су прегледна и јасна за све кориснике да би се остварили максимални ефекти везани за проточност и безбедност саобраћаја.

У погледу еколошких захтева решење се првенствено постиже одговарајућим планерским и пројектним решењима у складу са условима и ограничењима, али и уз примену неопходних мера техничке заштите кад год су вредности загађења веће од законом прописаних.



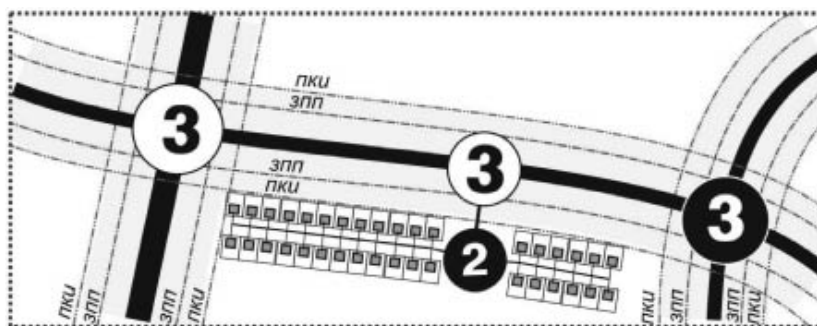
Слика 2-09: Примери пошег и исправног вођења споредног путног правца у зони раскрснице.



Слика 2-10: Примери просторног уређења (декомпозиције) пресечних (укрских) праваца ради формирања типских површинских раскрсница.

2.2.2. Одстојање раскрсница - контрола приступа

Површинске раскрснице треба лоцирати тако да оптимално задовоље функционалне захтеве одвијања саобраћаја на раскрсници, али исто тако и уз уважавање захтева проточности и безбедности саобраћаја укрских (прикључних) праваца на макро нивоу. Између две суседне раскрснице треба обезбедити деонице за претицања и самим тим успоставити и логичну везу функционалних захтева саобраћаја и организације простора (намена површина) у утицајној зони пута. То значи да регулациони план пута треба да обухвати простор знатно шири од појаса експропријације и да укључи и све урбанистичке и грађевинске активности у непосредној зони појаса контролисане изградње (слика 2-11 овог прилога) да би се обезбедила одговарајућа контрола приступа на основној путној мрежи државних путева I, односно II реда.



Слика 2-11: Шематски приказ принципијелне организације контроле приступа на путну мрежу вишег реда.

Поштовање хијерархијског принципа уређења путне мреже један је од најважнијих чинилаца којим се обезбеђује захтевани ниво услуге и унапређује безбедност саобраћаја. Вредности минималног одстојања раскрсница и/или појединачних прикључака дате су у табели 2-01 овог прилога и оне су апсолутни минимум који треба примењивати само изузетно.

Табела 2-01: Минимално одстојање површинских раскрсница и/или појединачних прикључака на ванградској путној мрежи.

V_{ri} (km/h)	50	60	70	80	90	100
$minL_{ras}$ (m)	150	180	210	240	270	300

Минимално одстојање раскрсница подразумева се одстојање од крајње тачке функционалног подручја једне раскрснице до почетне тачке функционалног подручја следеће раскрснице.

За детаљнију анализу контроле приступа неопходно је изградити посебна техничка упутства у којима би се дефинисали сви релевантни технички, правни и економски аспекти тог проблема и стандардизовала одговарајућа решења. За појединачне прикључке примењују се решења за површинске раскрснице - **Тип 1**, а за већа саобраћајна оптерећења и/или учешћа теретних возила - **Тип 2** (тачка 3.5.4, слика 3-16 овог прилога).

2.2.3. Безбедност

Да би површинска раскрсница испунила захтеве безбедности, она мора бити:

1. благовремено уочена;
2. сагледљива и схватљива;
3. прегледна;
4. прикладна за вожњу, односно проходна за меродавна возила у току.

Наведени принципи се морају проверавати од утврђивања макро локације раскрснице, па до анализе проходности појединачних возила за дефинисану геометрију елемената раскрснице.

Било да се ради о пројектовању нових раскрсница или о реконструкцији, односно рехабилитацији постојећих раскрсница, мора се стално проверавати безбедност у свим фазама израде пројектне документације, као и приликом техничког прегледа и утврђивања нултог стања као основе за добијање употребне дозволе пута, односно појединачне раскрснице.

Кључни елементи који утичу на пројектна решења јесу услови спољне и унутрашње прегледности површинске раскрснице, брзине кретања возила кроз раскрсницу, елементи физичке заштите бициклиста и пешака (ако их има у подручју раскрснице) од токова возила, ефикасно отицање и прикупљање површинских вода с коловоза и ефикасно одвођење прибрежних и подземних вода.

За успешно и безбедно функционисање површинске раскрснице, неопходно је да токови који прилазе раскрсници, зависно од саобраћајног оптерећења, буду рашчлањени на саобраћајне струје (право, лево, десно). Саобраћајне струје треба да буду физички каналисане на одређене путање у подручју конфликтних и колизионих тачака. Рашчлањавање и каналисање су основни задаци у организацији саобраћајног простора и они се решавају на ширем подручју раскрснице (слика 2-12 овог прилога).

Функционално подручје површинске раскрснице обухвата зоне перцепције, престројавања, постројавања, конфликта (колизије) и убрзавања и шематски је приказано на слици 2-12 овог прилога.

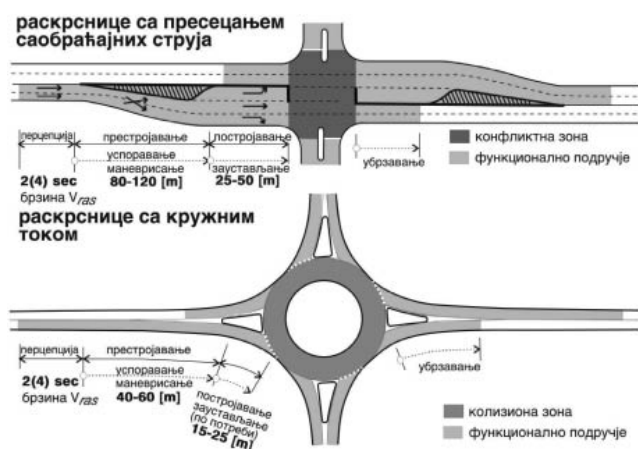
Зона перцепције је зона у којој возач, у складу са изабраним путем (тј. право, лево или десно), сагледава задатке и услове кретања кроз раскрсницу на основу општих правила вожње и одговарајуће саобраћајне сигнализације смештене у тој зони. Дужина те зоне је 2-4 секунде вожње брзином **V_{ras}**.

Зона престројавања почиње хоризонталном и вертикалном сигнализацијом којом се дају обавештења о типу раскрснице и расподели коловозне површине на саобраћајне струје. У тој зони возачи бирају возну или манипулативну траку и смањују брзину кретања, односно групишу се саобраћајне струје по тенденцијама.

Зона постројавања је претпростор раскрснице у коме су возила разврстана по саобраћајним струјама у реду којим ће проћи кроз раскрсницу.

Конфликтна (колизиона) зона обухвата непосредан простор раскрснице, тј. површину заједничку за оба пресечна правца на којој се могу сукобити пресечне струје возила, пешака и/или бициклиста. Кружне раскрснице имају конфликтну зону само са пешачким (бициклистичким) пресечним токовима док је кружни коловоз у суштини колизиона зона где се јављају уливи и изливи и маневри преплитања на великим кружним раскрсницама.

Зона убрзавања налази се непосредно иза површинске раскрснице. У тој зони возила убрзавају до вредности дозвољене брзине кретања деоницом, па је њена дужина променљива.



Слика 2-12: Функционално подручје површинских раскрсница.

2.2.4. Ниво услуге и пропусна моћ

За површинске раскрснице ванградске путне мреже обавезна је провера нивоа услуге и пропусне моћи. Она подразумева дефинисање потребних показатеља за све кориснике по поступку и критеријумима који ће бити дефинисани посебним пратећим техничким упутствима заснованим на иностраним и домаћим сазнањима и експерименталним истраживањима. Док се не утврде та упутства, провере и саобраћајно димензионисање треба вршити по неком од верификованих поступака анализа које се примењују у европским и/или ваневропским земљама уз критички осврт на сличности и разлике који проистичу из услова одвијања саобраћаја.

2.2.5. Еколошке последице

Пројектовање површинске раскрснице (појединачно и/или у склопу трасе пута), као и слободне деонице подлеже свим проверама и анализама у складу са усвојеном методологијом пројектовања ванградских путева, као и са важећом законском и техничком регулативом из области заштите животне средине.

2.2.6. Инвестициона улагања

Као и за друге грађевинске пројекте, тако и за пројекте површинских раскрсница треба за минимум инвестиционих улагања добити што је могуће виши квалитет пројекта и пројектних решења, укључујући трошкове грађења и трошкове одржавања.

Посебно је значајно истаћи да за пројектовање површинских раскрсница важе исти услови у погледу прецизности исказивања трошкова зависно од фазе израде пројектне документације, као и за слободне деонице ванградских путева, према прилогу 2 - Траса ванградских путева.

2.3. Услови примене

Површинске раскрснице деле се у две групе: раскрснице са пресецањем саобраћајних струја и кружне раскрснице. Избор одређене групе раскрсница зависи од функционалног ранга прикључних праваца, услова тока на главном правцу, оптерећења прикључних праваца, пропусне моћи, губитака времена на раскрсници, безбедности вожње и заузимања простора.

2.3.1. Просторна ограничења

Просторна ограничења за пројектовање површинских раскрсница могу бити двојака: природна и створена. Ако се разматрају природна ограничења, превасходно се морају анализирати топографска, геотехничка, хидролошка, хидрографска и климатска ограничења, као и ограничења проистекла из услова и заштите животне средине. Створена ограничења обухватају намену површина и коришћење земљишта, саобраћајну и инфраструктурну основу и просторне планове којима се уређује развој ширег окружења за плански период од 20 година.

Основни документ који треба формирати у почетним фазама израде пројектне документације за пројектовање површинске раскрснице јесте Синтезна карта (план) ограничења, у којем се једнозначно дефинишу подручја повољна за будућу изградњу, условно повољна или пак неповољна за даљу грађевинску активност. На основу тог документа предузимају се даље пројектантске активности у погледу задовољења функционалних, конструктивних и обликовних захтева за пројекат површинске раскрснице.

Плански период за који се пројектује објекат (новоградња, реконструкција, рехабилитација) дефинисан је у прилогу 1 - Функционална класификација путева и прилогу 2 - Траса ванградских путева.

2.3.2. Критеријуми за избор површинске раскрснице

У почетним фазама концепцијских анализа решења треба утврдити оптималан предлог за одређену категорију површинске раскрснице на основу критеријума упоређења дефинисаним на слици 2-13 овог прилога.

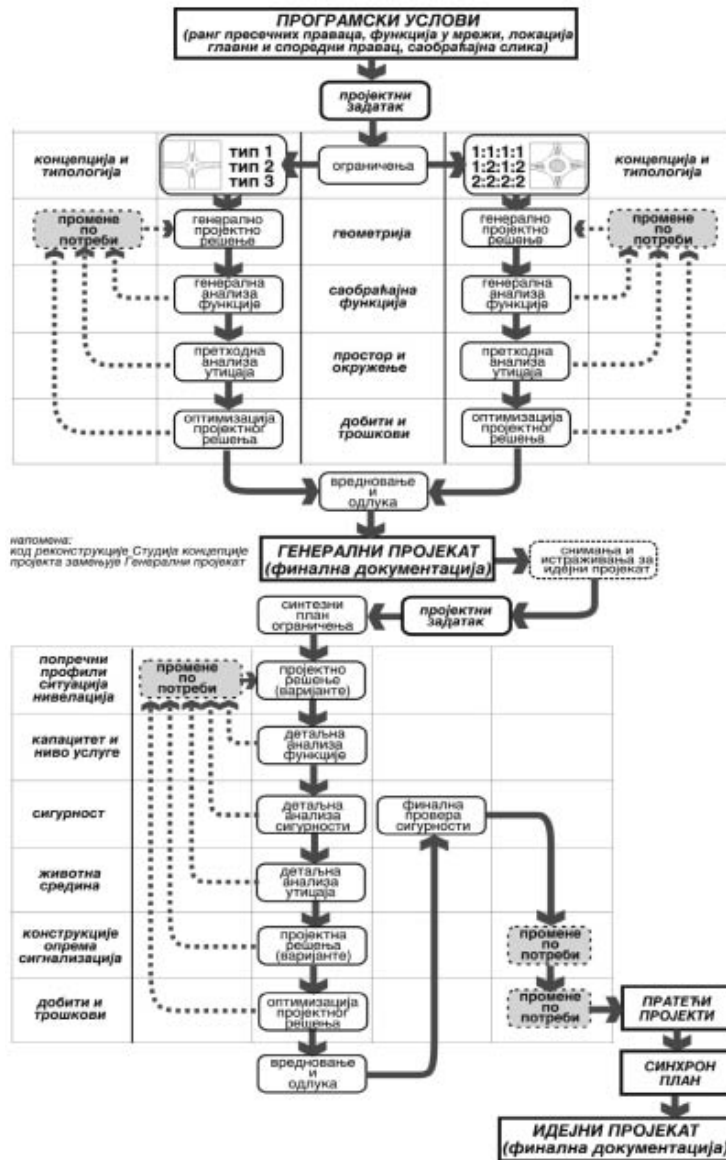
Поред општих параметара за избор повољније варијанте наведене критеријуме треба изразити помоћу новчаних и/или нумеричких показатеља да би одлука о одређеној категорији раскрснице била што поузданија.

КРИТЕРИЈУМИ УПОРЕЂЕЊА		
ФУНКЦИОНАЛНИ РАНГ ПРИКЉУЧНИХ ПРАВАЦА		
исти или приближно исти (1 ранг виши/нижи)		+
битно различит	+	
УСЛОВИ ТОКА ВОЗИЛА НА ГЛАВНОМ ПРАВЦУ		
обезбеђење приоритета главног правца	+	
континуитет тока главног правца	+	
одржање брзина главног правца	+	
смањење брзина свих возила (умирење саобраћаја)		+
ОПТЕРЕЋЕЊА ПРИКЉУЧНИХ ПРАВАЦА		
МОТОРНА ВОЗИЛА		
иста или приближна (~40%)		+
битно различита (> 40%)	+	
АУТОБУСИ ЈАВНОГ ПРЕВОЗА		
ниски (укупно < 30 возила ЈП/час)		+
интензивни (укупно > 30 возила ЈП/час)	+	
ПЕШАЧКИ ТОКОВИ		
мала концентрација (< 400 пешака/час укупно)		+
висока концентрација (> 400 пешака/час укупно)	+	
БИЦИКЛИСТИЧКИ ТОКОВИ		
мала концентрација (< 100 бициклиста/час укупно)		+
висока концентрација (> 100 бициклиста/час укупно)	+	
ПРОПУСНА МОЋ		+
ГУБИЦИ ВРЕМЕНА		+
СИГУРНОСТ И ТЕЖИНА НЕЗГОДА		+
ЗАУЗИМАЊЕ ПРОСТОРА		
конфликтно/колизионо подручје	+	
подручје престројавања / постројавања		+

Слика 2-13: Критеријуми за избор одговарајуће групе површинских раскрсница.

2.3.3. Алгоритам пројектовања површинских раскрсница

Процес пројектовања површинских раскрсница на ванградској путној мрежи заснива се на прецизно утврђеној хијерархији процеса: генералног, од идејног и главног пројекта до архивског пројекта, по истој логици као и за слободне деонице траса. У оквиру Методологије пројектовања путева, дефинисане су основне активности процеса, док је на слици 2-14 овог прилога приказана алгоритамска структура за генерални и идејни пројекат, с обзиром на чињеницу да се суштински проблеми пројектовања раскрсница решавају управо на нивоу **концепције** и **функције** којима је посвећен алгоритам.



Слика 2-14: Алгоритам пројектовања површинских раскрсница на нивоу генералног и идејног пројекта.

3. РАСКРСНИЦЕ СА ПРЕСЕЦАЊЕМ САОБРАЋАЈНИХ СТРУЈА

Раскрснице са пресецањем саобраћајних струја представљају посебну групу површинских раскрсница, као што је дефинисано у поглављу 2. Ту групу раскрсница карактерише јасна детерминација главног и споредног праваца и постојање конфликтних и колизионих тачака независно од тога да ли се ради о прикључцима или укрштајима. Те раскрснице на ванградској путној мрежи формирају се као самостални објекти или се налазе у склопу денивелисаних раскрсница нижег функционалног нивоа на споредном укрсном правцу.

3.1. Типологија

Типологија површинских раскрсница са пресецањем саобраћајних струја заснива се на основном критеријуму функционалног нивоа раскрснице, у складу с класификацијом ванградских путева (слика 3-01 овог прилога), хијерархији у путној мрежи, саобраћајном оптерећењу и рачунској брзи деонице главног праваца (слика 3 02).

На дијаграму **Vr - Qmer** (слика 3-02 овог прилога) издвојена су три карактеристична подручја којима одговарају одређени грађевински типови, који су детаљно обрађени у наставку овог поглавља.

Осим критеријума наведених у поглављу 2 овог прилога (спољни услови за формирање раскрснице), у пројектној разради мора бити уважен принцип строге функционалности свих примењених елемената и детаља и рационално дефинисање и обликовање приступа раскрсници и саме конфликтне зоне.

Пројектовање раскрсница са пресецањем саобраћајних струја и њихово просторно обликовање почива на следећим полазним поставкама:

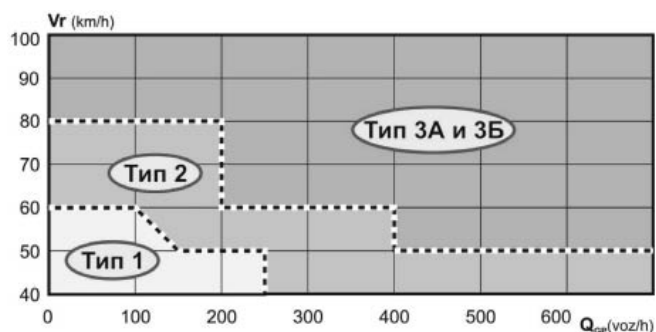
1. Број прикључних праваца се ограничава на три или четири (трокраке или четворокраке раскрснице), постојање више од четири прикључна правца решава се преуређењем мреже (тачка 2.2.1 овог прилога);
2. Угао пресецања приближан правом углу;
3. Неопходно је разврставати прикључне правце на главни (ГП) и споредни (СП) уз потребан ниво саобраћајне сигнализације (хоризонталне, вертикалне и путоказне);
4. Све саобраћајне струје разврставају се у примарне (токови право) и секундарне (скретања лево и десно); раскрснице на којима су примарни токови у скретању (лево и/или десно) специфична су решења која су прихватљива само ако се интервенцијама у мрежи не може испунити полазни захтев и/или као етапно решење;
5. Елементи за примарне саобраћајне струје, односно токове право морају омогућити релативни континуитет у односу на елементе деонице (попречни профил, ситуациони и нивелациони план), пре свега у погледу броја и ширине возних трака и брзина кретања возила кроз подручје раскрснице;
6. Заједничка површина, односно конфликтна зона треба да буде што је могуће мања с јасним условима њеног коришћења и дефинисаним трајекторијама возила.

ВРСТА	ПРИСТУПНИ ПУТ		САБИРНИ ПУТ		ВЕЗНИ ПУТ		ДАЉИНСКИ ПУТ	
ТИП	ПП-л	ПП-п	СП-л	СП-р	ВП-р	ВП-м	ДП-м	ДП-д
ПП-л	1	1	2		1		2	
ПП-п	1	1	2	2				
СП-л	2	2	2	2	3			
СП-р		2	2	2	3	3		
ВП-р			3	3	3	3	3	
ВП-м				3	3	3	3	3
ДП-м					3	3	3	3
ДП-д						3	3	3

1 2 3
тип површинске раскрснице

могућа примена денивелисане раскрснице зависно од програмских услова и/или саобраћајног оптерећења

Слика 3-01: Типови површинских раскрсница са пресецањем саобраћајних струја зависно од функционалне класификације укрсних (прикључних) праваца.



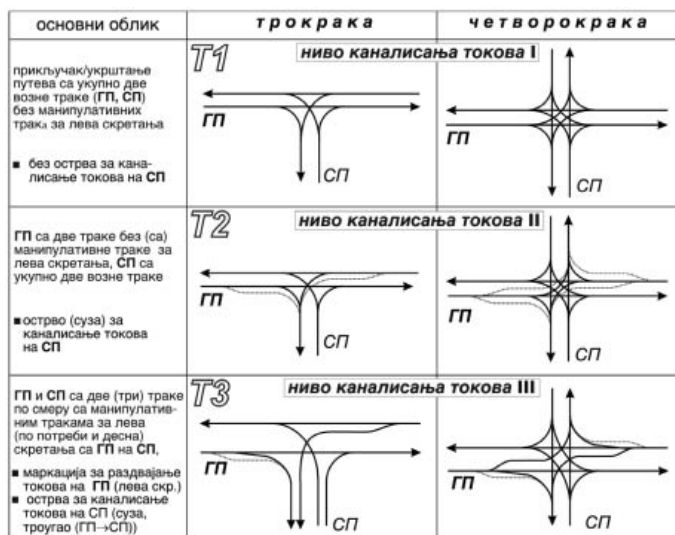
Слика 3-02: Типови површинских раскрсница са пресецањем саобраћајних струја зависно од меродавног саобраћајног оптерећења и рачунске брзине главног правца (ГП).

Наведени типови раскрсница (1, 2, 3) заснивају се на основном критеријуму функционалног нивоа раскрснице који је усклађен са нивоом рашчлањења и каналисања саобраћајних струја у зони приступа раскрсници прикључних праваца и уређењу конфликтне зоне.

Имајући у виду да су те раскрснице несемафоризоване, односно да се лево и десно скретање обавља у временским празнинама главног, односно споредног правца, то се и избор типа раскрснице мора заснивати на остваривању захтеваног нивоа безбедности и планираног нивоа услуге.

Остварење наведених ставова о рашчлањењу и каналисању захтева да се прошири коловоз на приступима раскрсници и да се примене острва (хоризонтална сигнализација на главном правцу и физичко издвајање на споредном правцу) за усмеравање саобраћајних струја што битно утиче на размере раскрснице и величину инвестиционих улагања.

Основни типови површинских раскрсница са пресецањем саобраћајних струја са нивоом каналисања саобраћајних токова приказани су на слици 3-03 овог прилога.



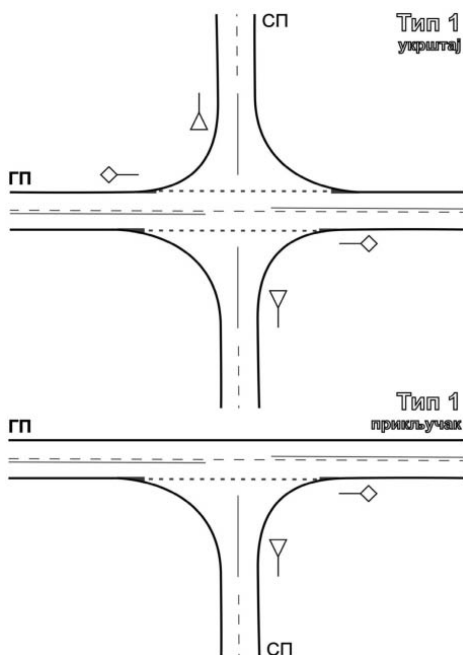
Слика 3-03: Основни типови површинских раскрсница са пресецањем саобраћајних струја.

3.2. Површинска раскрсница - Тип 1

Тип 1 представља најједноставнији облик површинске раскрснице на укрштају (прикључку) двотрачних путева без посебно уређеног приступа, као и без манипулативне траке за лева скретања. Примењује се за изузетно мали обим саобраћаја какав је на приступним путевима локалног значаја. Довољно је да се обезбеди спољна и унутарња прегледност раскрснице и примени одговарајућа хоризонтална, вертикална и путна сигнализација.

Десна скретања с главног на споредни правац и са споредног на главни правац обликују се хоризонталном кружном кривином радијуса који омогућава проходност меродавног возила.

На слици 3-04 овог прилога приказан је Тип 1 за случај четворокраке (укрштај) и трокраке (прикључак) површинске раскрснице.



Слика 3-04: Површинска раскрсница - Тип 1.

3.3. Површинска раскрсница - Тип 2

Тип 2 представља нешто сложенији облик површинске раскрснице у условима од малог до средњег саобраћајног оптерећења (слика 3-02 овог прилога), у којем обим левих скретања не износи више од 10 % $Q_{\text{мер}}$. Грађевинске интервенције се свode на уређење приступа споредног правца (СП) са обавезним острвом капљичастог облика за раздвајање саобраћајних струја за лева скретања с главног на споредни, као и са споредног на главни правац. Пошто се та острва израђују на споредном правцу, она се грађевински издвајају из основног коловоза да би се обезбедили квалитетнији услови каналисања саобраћаја. На главном правцу, зависно од меродавног саобраћајног оптерећења, приступна зона се може двојако обликовати:

1. Ако је саобраћајно оптерећење левих скретања веће од 10 %, коловоз главног правца се шири на 5,50 m да би се омогућио континуални проток возила на главном правцу уз истовремено постројавање возила која скрећу лево;

2. Ако је саобраћајно оптерећење левих скретања мање од 10 %, на главном правцу се не проширује коловоз, већ се истом возном траком крећу возила која иду право и возила која скрећу лево с главног правца.

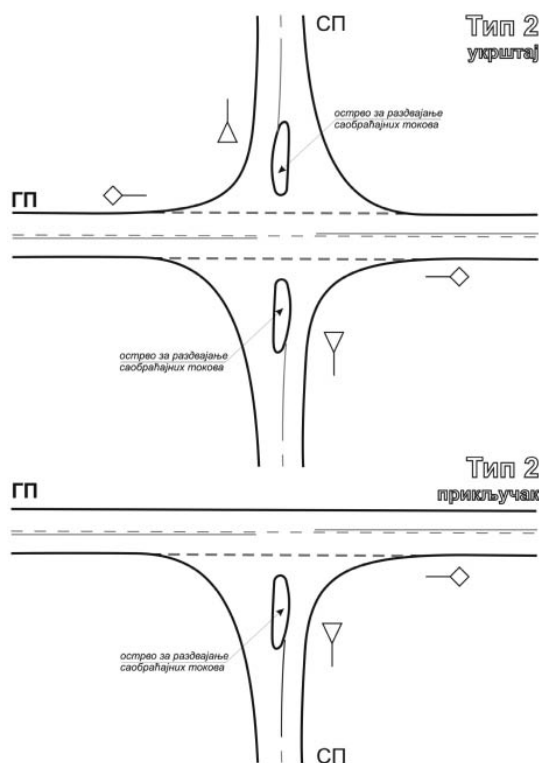
И у једном и у другом случају примењују се одговарајућа хоризонтална, вертикална и путоказна сигнализација у циљу обезбеђења максималне безбедности возње.

Коловоз главног правца (ГП) (случај 1) проширује се са ширине возне траке на ширину 5,50 m, у складу с прилогом 1 - Траса ванградских путева, обострано симетрично ако је подручје раскрснице у правцу или у инфлексiji, односно једнострано, на унутрашњу страну ако је подручје раскрснице у хоризонталној кривини.

Десна скретања на том типу површинске раскрснице изводе се троцентричном кривом трагова односа радијуса $R_1:R_2:R_3 = 2:1:3$. Централни радијус R_2 се одређује на основу угла укрштаја раскрснице и датог меродавног возила (тачка 3.5.3 овог прилога). Проверу проходности меродавног типа возила треба извршити неким од верификованих поступака (графички и/или нумерички).

И за тај тип површинске раскрснице неопходно је обезбедити спољну и унутрашњу прегледност у складу с граничним условима дефинисаним у поглављима 2 и 3 овог прилога.

На слици 3-05 овог прилога приказан је Тип 2 за случај четворокраке (укрштај) и трокраке (прикључак) површинске раскрснице.



Слика 3-05: Површинска раскрсница - Тип 2.

3.4. Површинска раскрсница - Тип 3

Тип 3 површинске раскрснице је најсложенији облик и примењује се на везним и даљинским ванградским путевима. Он предвиђа пуни програм грађевинског уређења и самим тим гарантује и највиши ниво безбедности и проточности. На главном правцу (ГП) рашчлањују се и каналишу саобраћајне струје за лева и десна скретања и обезбеђује континуитет директних токова (право), док се на споредном правцу (СП) физички каналишу саобраћајне струје изградњом капљастог и троугаоног острва изван основне равни коловоза.

Тип 3 раскрсница примењује се за укрштаје (прикључке) двотрачних путева највишег ранга, као и за вишетрачне путеве (тротрачни, четворотрачни), ако обим саобраћаја и захтевани ниво безбедности не условљавају примену денивелисаних раскрсница.

Зависно од топографских услова и природних ограничења могу се разликовати два типа раскрсница Тип 3: **3А** и **3Б**.

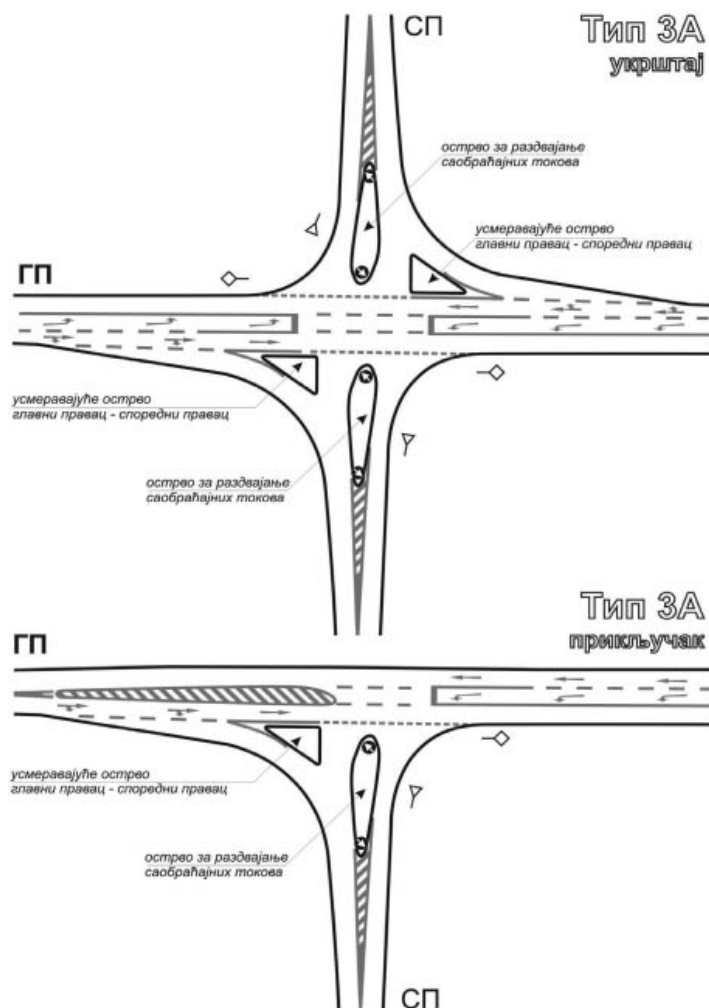
На раскрсницама Типа **3А**, (слика 3-06 овог прилога) обавезно се формирају посебне траке за лева скретања с главног на споредни правац зависно од брзине у раскрсници **V_{рас}** и меродавног саобраћајног оптерећења **Q_{мер}**. На споредном правцу се формира острво физички издвојено из основне равни коловоза, капљастог облика за раздвајање саобраћајних токова левих струја. Десна скретања с главног на споредни правац каналишу се додатном изливном траком клинастог или паралелног облика и формира се посебно троугаоно острво. Десно се скреће с споредног на главни правац помоћу троцентричне криве трагова односа радијуса $R_1 : R_2 : R_3 = 2,5 : 1 : 5,5$ или $R_1 : R_2 : R_3 = 2 : 1 : 3$. Централни радијус R_2 се одређује на основу угла укрштаја раскрснице и меродавног возила (тачка 3.5.3 овог прилога). Проверу проходности меродавног типа возила треба извршити неким од верификованих поступака (графички и/или нумерички).

На слици 3-06 овог прилога приказан је Тип 3 за четворокраку (укрштај) и трокраку (прикључак) површинску раскрсницу.

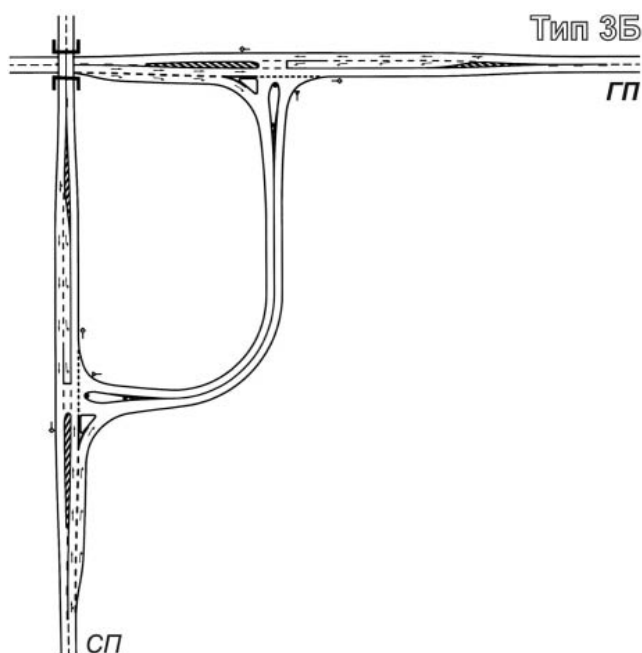
У специфичним топографским условима, када се денивелише укрштај главног и споредног правца (природне погодности), могуће је формирати специфичан тип површинске раскрснице (тзв. тип **3Б**), који је двострука комбинација прикључка типа **3А** за решење укрштаја наведеног висинског раздвајања укрсних правца. Таква раскрсница се јавља када су оптерећења укрсних правца таквог интензитета да не би било могуће проблем решити раскрсницом типа **3А** за укрштај пресечних правца.

За оба анализирана Типа **3** површинске раскрснице неопходно је обезбедити спољну и унутрашњу прегледност у складу с граничним условима дефинисаним у поглављима 2 и 3 овог прилога.

Тип 3 површинске раскрснице приказан је на слици 3-07 овог прилога.



Слика 3-06: Површинска раскрсница - Тип 3А.



Слика 3-07: Површинска раскрсница - Тип 3Б.

3.5. Пројектни елементи

Геометријско пројектовање раскрсница почиње рашчлањењем конфликтне зоне на потребан број возне и манипулативне траке. У нормалним околностима, на двотрачним путевима - (тип 3) потребно је обезбедити три траке: две возне за директне токове главног правца и једну манипулативну за лева скретања. Након тога конструише се разделно острво капљастог облика на споредном правцу, чије димензије зависе од изабраног типа површинске раскрснице и коначно се конструише ивична геометрија за десна скретања, уз конструкцију усмеравајућег острва за скретања с главног правца на споредни правац.

Поред основне геометрије свих осовина и ивица посебна пажња у процесу пројектовања посвећује се и анализи прегледности површинских раскрсница, детаљној геометријској и функционалној анализи појединачних елемената пројектовања, провери проходности за меродавно возило, нивелационом уклапању главног и споредног правца, тракама за бициклистички и пешачки саобраћај, као и аутобуским стајалиштима у зони раскрснице.

3.5.1. Прегледност површинских раскрсница

Обезбедити одговарајуће спољне и унутрашње прегледности површинских раскрсница један је од најважнијих корака у целокупном процесу пројектовања. Значај спољне прегледности утврђен је у поглављу 2 овог прилога - Услови локације, док се у овом поглављу анализирају карактеристични случајеви унутрашње прегледности (слике 3-08 и 3-09 овог прилога).

Спољна прегледност главног правца износи $P_{sGP} = 3Vp_{GP}$ (m), док на споредном правцу мора бити обезбеђена спољна прегледност - P_{sSP} , на нивоу захтеване прегледности $Pzp = f(Vp_{SP})$ за пројектну брзину споредног правца у зони раскрснице. На нивоу ових прегледности не сме бити препрека које би ометале сагледљивост, односно расположива прегледност $Pr = f(Ri, Ai, i_{Ni}, Rvi, xi, yi, zi)$ мора бити већа или једнака P_{sGP} , односно P_{sSP} респективно за главни и споредни правац, у складу с прилогом 2 - Траса ванградских путева.

На слици 3-08.1 овог прилога приказана је анализа унутрашње прегледности када се на површинској раскрсници крећу само моторна возила, док је на слици 3-08.2 овог прилога приказан случај када се у зони раскрснице крећу моторна возила и бицикли. За бициклистички саобраћај предвиђена је посебна трака која је ивичном разделном траком одвојена од проточног дела коловоза. У оба случају саобраћај на споредном правцу је под знаком обавезног заустављања - **СТОП**.

Ако се саобраћај са споредног правца улива на главни ток под знаком укрштања с путем с првенством пролаза - обрнути троугао, важе претпоставке приказане на слици 3-09 овог прилога - конструисане су зоне прегледности за укрсне правце и дефинисани троуглови прегледности који морају бити под посебним режимом контроле. **Троуглови прегледности** који се формирају на основу наведених анализа морају бити у потпуности заштићени, ослобођени свих препрека, а висина засада не сме бити већа од 10 cm.

Основни принцип функционисања саобраћаја на површинским ванградским путевима подразумева укрштање или прикључак споредног правца (СП) уз поштовање првенства пролаза саобраћаја на главном правцу (ГП) - "обрнути троугао". Само када није могуће доследно спровести тај принцип, допушта се одвијање саобраћаја под знаком обавезног заустављања на споредном правцу - **СТОП**.

Конструисане зоне прегледности површинских раскрсница са дефинисаним условима заштите (висине засада, гранични положај препрека и сл.) представљају основни документ за пројекат пејзажног уређења подручја раскрснице. У погледу габаритног обезбеђења попречних профила важе принципи и димензије дефинисане у прилогу 2 - Траса ванградских путева.

верификованог програмског система, конструкцијом трајекторија возила и/или коришћењем стандардних кривих минималне проходности. На слици 3-10 овог прилога дате су одговарајуће комбинације криве трагова за конструкцију хоризонталне геометрије на површинским раскрсницама.

	ДАЉИНСКИ ПУТ ДП	ВЕЗНИ ПУТ ВП	САБИРНИ ПУТ СП	ПРИСТУПНИ ПУТ ПП
ДАЉИНСКИ ПУТ ДП	R1:R2:R3 2,5:1:5,5	R1:R2:R3 2 : 1 : 3 (2,5:1:5,5)	R1:R2:R3 2 : 1 : 3	
ВЕЗНИ ПУТ ВП		R1:R2:R3 2 : 1 : 3	R1:R2:R3 2 : 1 : 3 (R = R2)	R1:R2:R3 2 : 1 : 3 (R = R2)
САБИРНИ ПУТ СП	 АВ, ВВ		R1:R2:R3 2 : 1 : 3 (R = R2)	R = R2 (R1:R2:R3 (2 : 1 : 3))
ПРИСТУПНИ ПУТ ПП	 БУСл, БУСлзг ТВ1, ТВ2, ТВ3			R = R2

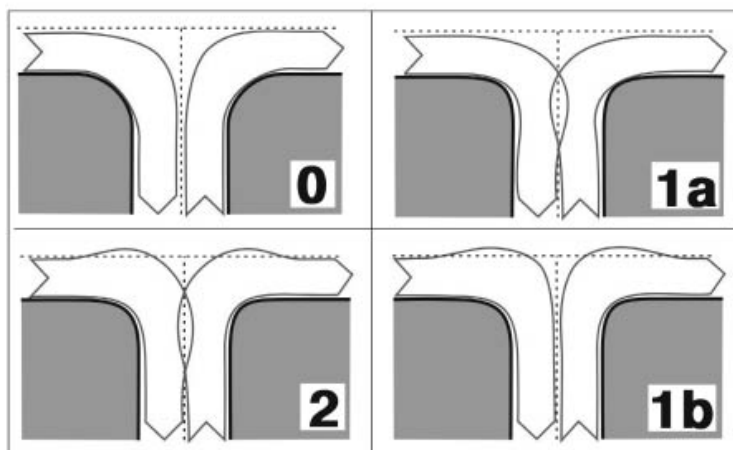
напомена:
велика разлика функционалних рангова, изузетан случај
- могућа примена вредности у ()

Слика 3-10: Криве трагова за формирање геометрије ситуационог плана раскрснице.

Поред дефинисања меродавног возила за проверу проходности површинске раскрснице, неопходно је истовремено дефинисати и услове извођења маневра меродавног возила, као што је приказано на слици 3-11 овог прилога. Скретање (десно или лево) меродавног возила на раскрсници може подразумевати да спољна контура не улази у простор суседних возних или манипулативних трака (**тип 0**), да улази у суседну возну или манипулативну траку на правцу ка коме (**тип 1а**) или из кога изводи маневар скретања (**тип 1б**) или да улази у суседне траке на оба правца (**тип 2**). Избор услова скретања зависи од функционалног ранга пута и/или учесталости појаве меродавног возила (тј. структуре саобраћајног оптерећења).

	ДАЉИНСКИ ПУТ ДП	ВЕЗНИ ПУТ ВП	САБИРНИ ПУТ СП	ПРИСТУПНИ ПУТ ПП
ДАЉИНСКИ ПУТ ДП	АВ, ВВ - 0	АВ, ВВ - 0	АВ, ВВ - 1b (ТВ1)	-
ВЕЗНИ ПУТ ВП		АВ, ВВ - 1b	ТВ1 - 1b (АВ,ВВ)	ТВ1 - 1b(1a) (БУСл, ТВ2)
САБИРНИ ПУТ СП	 АВ, ВВ		ТВ1 - 1b (БУСл, ТВ2)	ТВ1 - 1b(1a) (БУСл, ТВ2)
ПРИСТУПНИ ПУТ ПП	 БУСл, БУСлзг ТВ1, ТВ2, ТВ3			ТВ2 - 1b(1a) (БУСл,ТВ1,ТВ3)

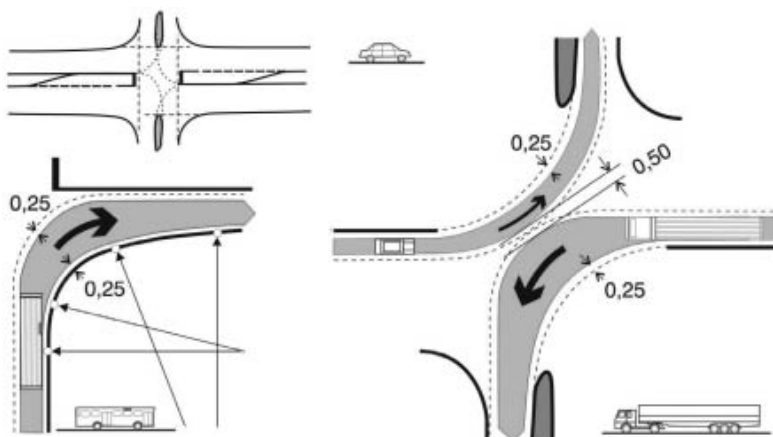
() могућа примена ако су оштрија просторна ограничења и/или ако се изводи реконструкција



Слика 3-11: Услови скретања за меродавно возило.

Гранични услови проходности за десна и лева скретања на површинској раскрсници са пресецањем саобраћајних струја приказани су на слици 3-12 овог прилога.

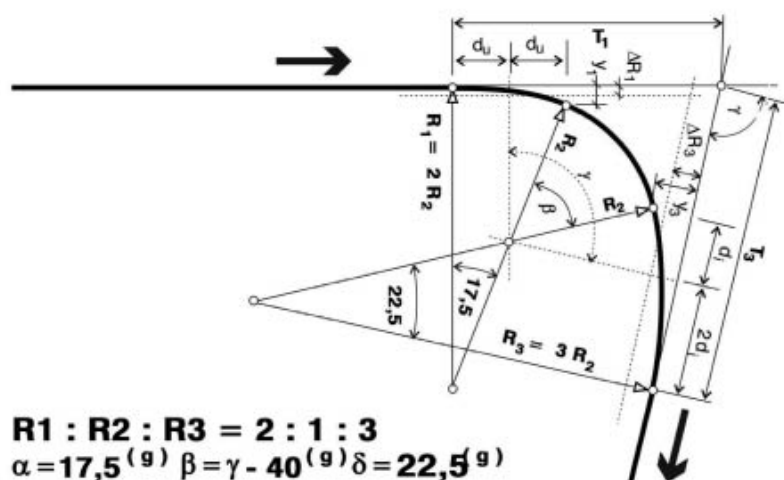
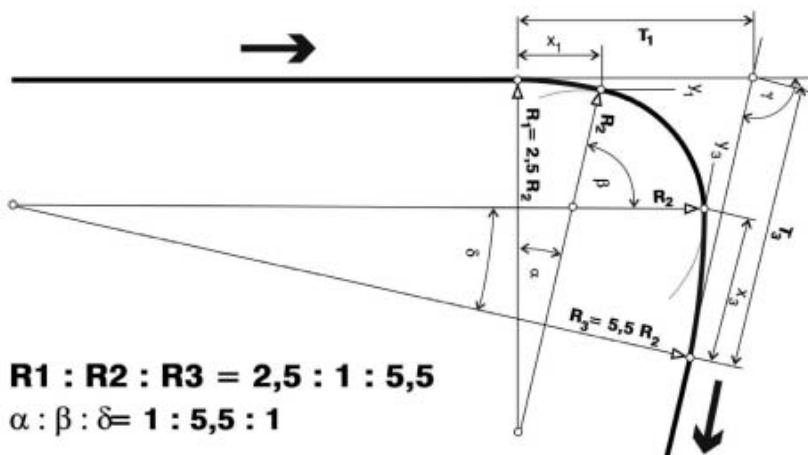
За скретања десно (слика 3-12 овог прилога) гранични услов подразумева обезбеђење заштитне ширине од 0,25 m у односу на обе контурне криве. За скретања лево у највећем броју случајева довољно је обезбедити истовремено извођење маневра за тешко теретно возило (АВ, ВВ) и путнички аутомобил (ПА) под условима приказаним на слици 3-12 овог прилога. Изузетак могу бити интензивни токови левих скретања с вероватном појавом истовременог скретања тешких теретних возила (АВ, ВВ) и/или аутобуса када се провера врши за проходност два меродавна возила под условима заштитних одстојања од контурних кривих, као што је приказано на слици 3-12 овог прилога.



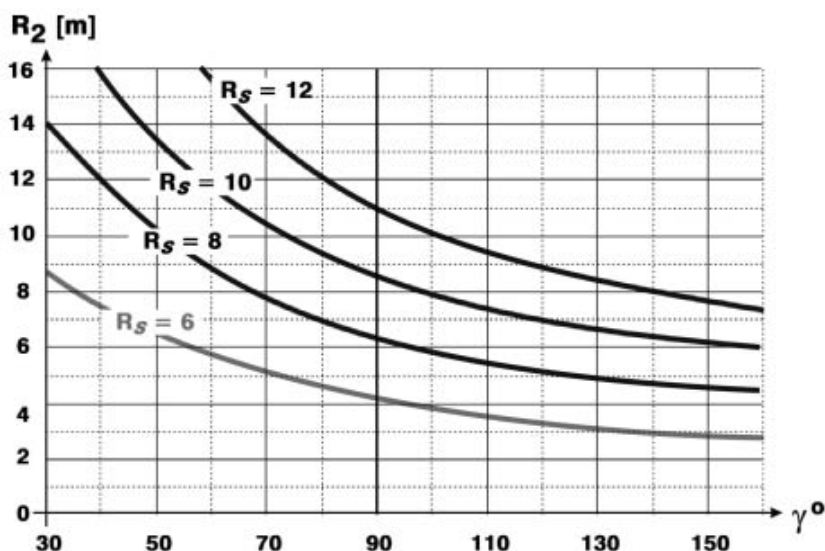
Слика 3-12: Гранични услови проходности за десна и лева скретања.

Стандардни типови троцентричних кривих за обликовање ивичних и водећих линија на површинској раскрсници са пресецањем саобраћајних струја приказани су на слици 3-13. Оне се могу применити до вредности средишњег полупречника $\max R_2=25 \text{ m}$, а ако су веће вредности, примењује се кружна кривина с прелазницама одговарајућег параметра.

Меродавни полупречник кривине, односно R_2 троцентричне или чисте кружне кривине зависи од меродавног возила и скретног угла, односно угла који формирају ивичне или водеће линије прикључних праваца (слика 3-14 овог прилога).



Слика 3-13: Стандардни типови троцентричних кривих за обликовање ивичних и водећих линија.

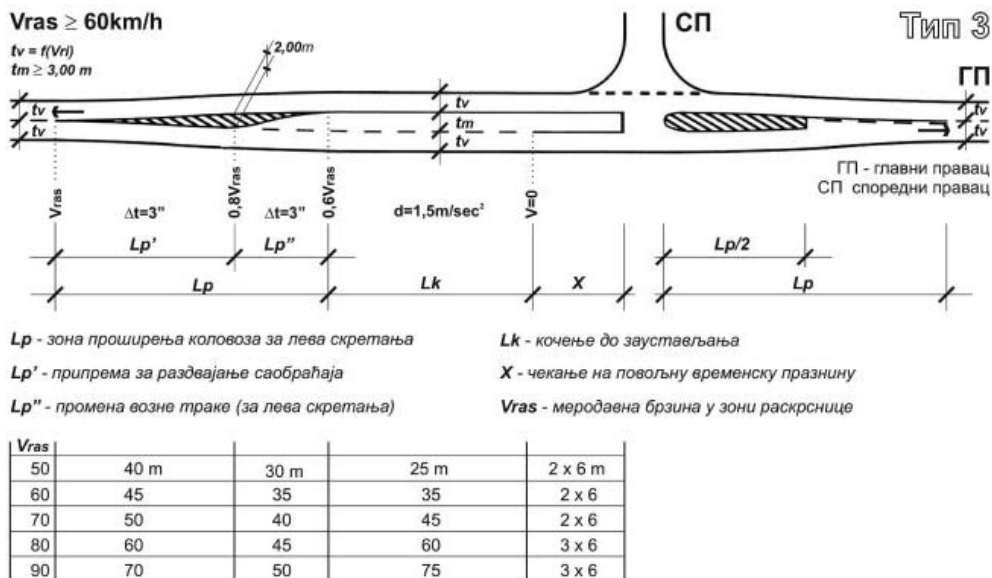


Слика 3-14: Избор полупречника кривине (R_2) у зависности од скретног угла (γ) и меродавног возила: $R_s = 6$ - Путничко возило (ПА); $R_s = 8$ - Комби (ДВ); $R_s = 10$ - Каміон, Аутобус (ТВ, БУС); $R_s = 12$ - Ауто воз, Вучни воз (АВ, ВВ).

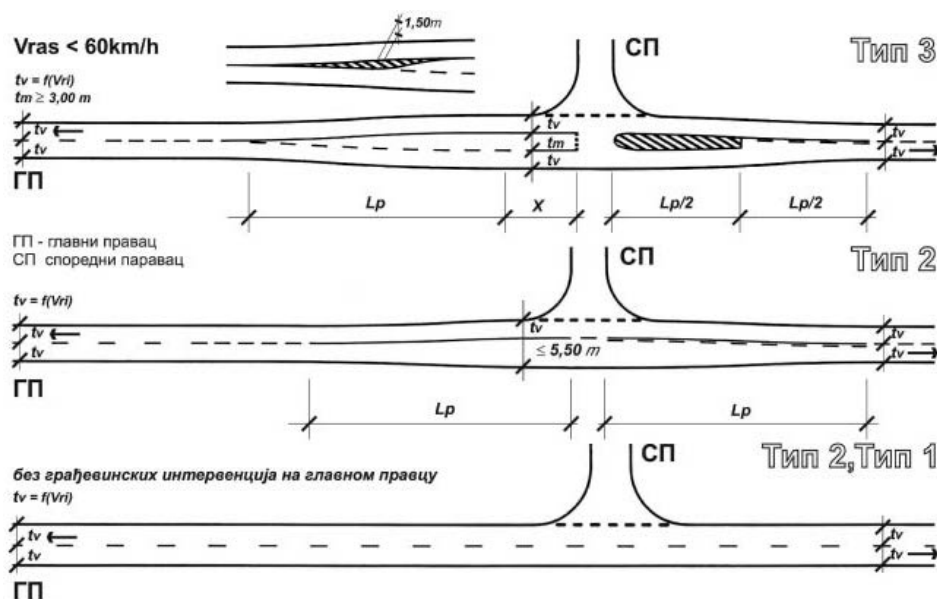
3.5.4. Геометријско обликовање левих скретања на главном правцу

Геометријско обликовање левих скретања на главном правцу зависи од типа површинске раскрснице и изводи се као што је приказано на сликама 3-15 и 3-16 овог прилога.

Посебне манипулативне траке које се формирају за лева скретања на површинским раскрсницама са пресецањем саобраћајних струја изводе се у истој равни као и возне траке и означавају се одговарајућом хоризонталном сигнализацијом. На главном правцу (ГП) ове групе раскрсница, с обзиром на то да се ванградски путеви не осветљавају, није дозвољено физичко издвајање острва јер би се тиме битно угрозила безбедност саобраћаја. Од тог принципа може се одступити само када се осветљавају деонице ванградских путева (подручја денивелисаних раскрсница, објекти за комерцијалну експлоатацију путева или у транзиционој зони преласка с ванградског на градски режим саобраћаја и сл.) и када се та подручја третирају као да се ради о раскрсницама у градском подручју.



Слика 3-15: Геометријско обликовање левих скретања на главном правцу (Тип 3).



Слика 3-16: Геометријско обликовање левих скретања на главном правцу (Типови 1, 2, 3).

3.5.5. Геометријско обликовање десних скретања

Десни излив са главног (ГП) на споредни правац (СП), уз обавезну проверу проходности меродавног возила, може се геометријски обликовати: 1) без посебних уливних трака, 2) с клинастом изливном траком и 3) с паралелном изливном траком (слика 3-17 овог прилога).

Уливне траке са споредног (СП) на главни правац (ГП) обликују се простом или троцентричном кривином без посебних уливних трака, уз обавезну проверу проходности за меродавно возило.

	ТИП 1	ТИП 2	ТИП 3
1.	 $R = 8; 12 \text{ m}$ или $R_2 = 12; 15 \text{ m}$ $R_2 = 8 \text{ m}$	 $R_2 = 15 \text{ m}$	—
2.	—	—	 клинасти излив $I_k = 35 \text{ m}$ $R = 25 \text{ m}$
3.	—	 паралелни излив $I_p = 50 \text{ m}$ $R = 20 \text{ m}$	 паралелни излив $I_p = 100 \text{ m}$ $R = 25 \text{ m}$
R - радијус кружне кривине за преломни угао $\gamma=90^\circ$ R_2 - централни радијус троцентричне кривине за меродавно возило I_k / I_p - изливна трака (клинаста или паралелна)			

Слика 3-17: Услови за обликовање десних скретања на површинским раскрсницама са пресецањем саобраћајних струја.

3.5.6. Острва за каналисање токова

Острва за каналисање саобраћајних токова приказана на слици 3-18 овог прилога примењују се на површинским раскрсницама са пресецањем саобраћајних струја типа 2 и 3. Као што се уочава (слика 3-18 овог прилога) на раскрсници Типа 2, острво је дужине до 12,00 m и ширине до 3,00 m. Одстојање од ивице возне траке за кретања право ограничава се на 2-4 m. Апсолутни минимум ширине тог острва износи 1,5 m.

Тип 2

остров для разделения транспортных потоков (мало)

$\leq 3,00 \text{ m}$
(min 1,5 m)

10-12 m

$\approx 20 \text{ m}$

2-4 m

Тип 3

остров для разделения транспортных потоков (велико)

$\leq 5,00 \text{ m}$
(min 2,5 m)

15-25 m

$\approx 40 \text{ m}$

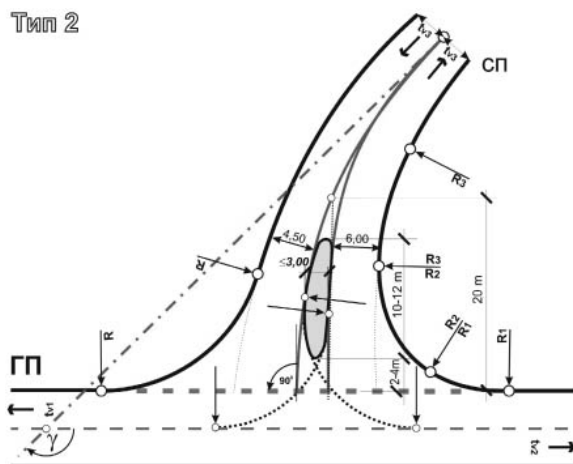
2-4 m

На слици 3-19 овог прилога приказана је детаљна конструкција острва за раздвајање саобраћајних токова на споредном правцу и приказан је начин провере проходности за меродавно возило у току.

[illegible]

Слика 3-19: Конструкција острва за раздвајање саобраћајних токова на споредном правцу.

Тип 2

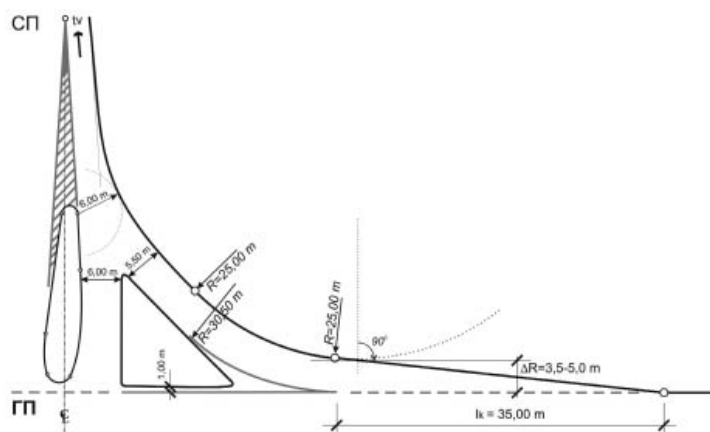


Слика 3-20: Пример геометријске конструкције водећих линија за раскрсницу Типа 2 с корекцијом угла прикључивања споредног правца.

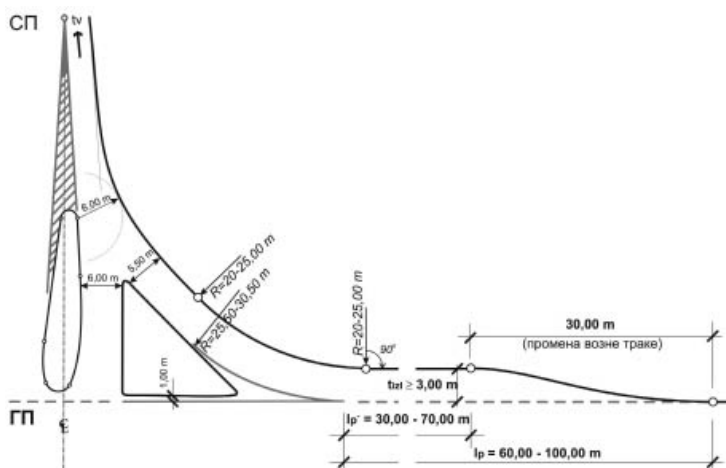
Формирање усмеравајућег острва с главног на споредни правац у директној је вези са избором решења посебне изливне траке с главног на споредни правац; клинаста или паралелна на раскрсницама Типа 3.

На слици 3-21 овог прилога приказана је геометријска конструкција усмеравајућег острва ако се примене клинасте изливне траке за десна скретања с главног на споредни правац, што је у пракси показало веома добре резултате у погледу безбедности возње будући да својом геометријом директно упућује учеснике у саобраћају на десно скретање.

На слици 3-22 овог прилога приказана је геометријска конструкција усмеравајућег острва ако се примењује паралелна изливна трака за десна скретања с главног на споредни правац. Препоручује се за примену када су оптерећења десних скретања изузетно велика и када паралелна трака служи за прихватање возила која скрећу десно ка споредном правцу.



Слика 3-21: Пример конструкције клинасте изливне траке и усмеравајућег острва.

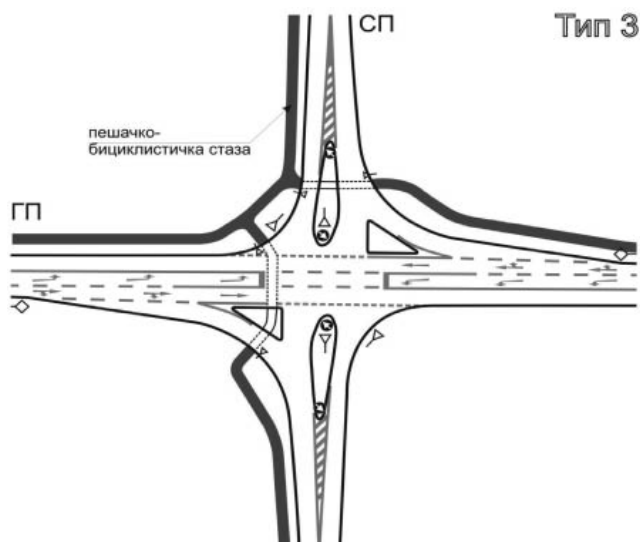


Слика 3-22: Пример конструкције паралелне изливне траке и усмеравајућег острва.

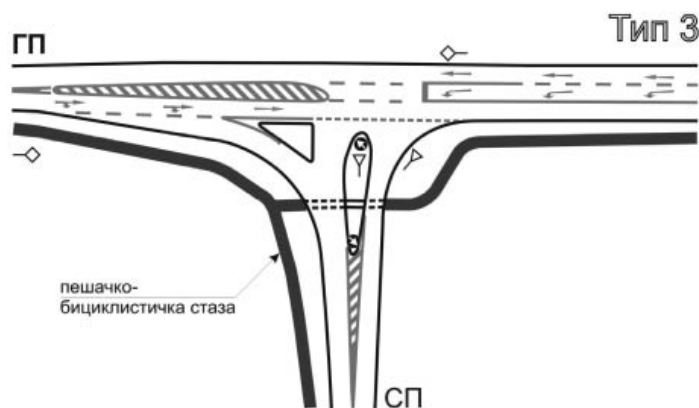
3.5.7. Бициклически и пешачки саобраћај

Бициклически саобраћај на ванградској путној мрежи води се паралелно са основним правцем пута и најчешће се та посебна трака, одвојена ивичном разделним траком од проточног дела коловоза, користи и за евентуални пешачки саобраћај. Димензије те стазе одређују се на основу прилога 2 - Траса ванградских путева, с основном тежњом да се у зонама раскрсница смањи број конфликтних тачака са моторним возилима. На сликама 3-23 и 3-24 овог прилога приказана су могућа решења вођења бициклическог и пешачког саобраћаја у зонама четворокраких и трокраких површинских раскрсница.

Ако топографија и просторна позиција укрсних (прикључних) праваца допуштају, најпогодније је укрштаје са бициклическим, односно пешацима решавати денивелацијом помоћу плочастих пропуста у трупку насипа. Ако су пешачка кретања интензивна, пре свега у транзиционој зони, на располагању су решења као у градским условима (семафоризација и осветљење раскрсница) или денивелацијом изнад пута, тзв. пасарелом.



Слика 3-23: Пешачко-бициклическа стаза у зони четворокраке раскрснице.



Слика 3-24: Пешачко-бициклическа стаза у зони трокраке раскрснице.

3.5.8. Нивелационо уклапање главног и споредног правца

Подужни и попречни нагиби, односно нивелациони елементи конфликтне зоне површинске раскрснице са пресецањем саобраћајних струја треба да омогуће следеће:

1. безбедан пролаз моторних возила која се не заустављају на раскрсници приближно рачунским брзинама прикључних праваца;
2. прихватљиве услове убрзавања моторних возила која се заустављају на раскрсници ($V = 0$);
3. прихватљиве услове за кретање пешака и бициклиста (ако их има);
4. ефикасно одводњавање конфликтне зоне, односно површина коловоза и острва за раздвајање и каналисање токова.

Најмања вредност попречног нагиба коловозних површина у подручју раскрснице ограничава се на $\min i_p = 1,00\%$. Највеће вредности резултујућег нагиба ($\max i_{rez}$) зависно од функционалног нивоа укрсних, односно прикључних праваца, као што је приказано на слици 3-25 овог прилога.

	ДАЉИНСКИ ПУТ ДП	ВЕЗНИ ПУТ ВП	САБИРНИ ПУТ СП	ПРИСТУПНИ ПУТ ПП
ДАЉИНСКИ ПУТ ДП	2,5% (3%)	3% (3,5%)	3% (4%)	-
ВЕЗНИ ПУТ ВП		3% (4%)	3,5% (4,5%)	4% (4,5%)
САБИРНИ ПУТ СП			4% (5%)	4,5% (5%)
ПРИСТУПНИ ПУТ ПП				5% (5,5%)

$$i_{rez} = \sqrt{i_N^2 + i_p^2}$$

i_N - подужни нагиб
 i_p - попречни нагиб
 i_{rez} - резултујући нагиб

() могућа примена ако су оштрија просторна ограничења и/или ако се изводи реконструкција и/или рекапиталација

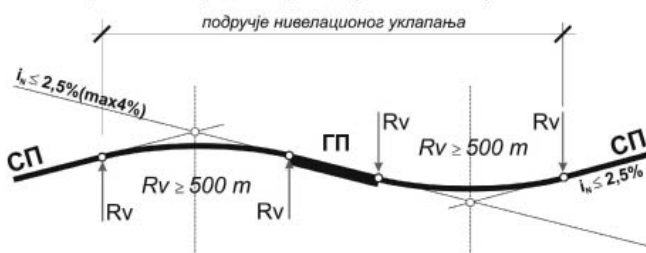
Слика 3-25: Највеће вредности резултујућег нагиба коловоза на подручју површинске раскрснице са пресецањем саобраћајних струја.

Нивелета споредног правца (СП) усклађује се у зони површинске раскрснице са захтевима обликовања попречног профила главног правца (ГП) да би се омогућила потпуна проходност и проточност раскрснице.

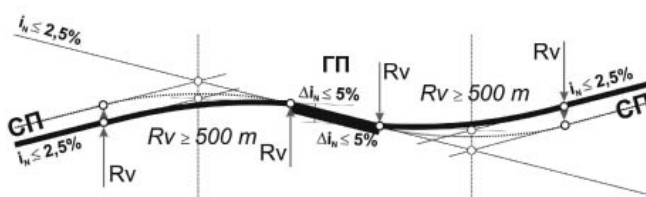
За раскрснице вишег функционалног нивоа - Тип 2 и Тип 3 решење се постиже без прелома на контакту ГП/СП (слика 3-26.1 овог прилога), а на раскрсницама Типа 1 (слика 3-26.2 овог прилога) дозвољава се прелом оштрине који не сме бити већи од 5%. Радијуси вертикалног заобљења споредног правца димензионишу се у функцији меродавне брзине споредног правца.

Детаљно решење нивелационог уклапања главног и споредног правца у зони површинске раскрснице приказује се тзв. нивелационим планом ($E = 5,2$ cm) погодним за грађевинску реализацију раскрснице према унапред дефинисаној положајној и висинској тачности.

1. без прелома споредног правца (тип 2 и тип 3)



2. прелом споредног правца (само за тип 1)

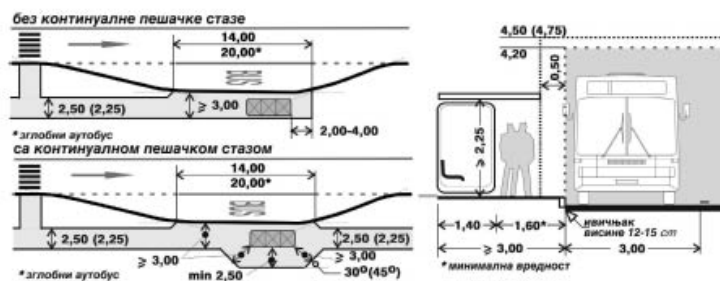
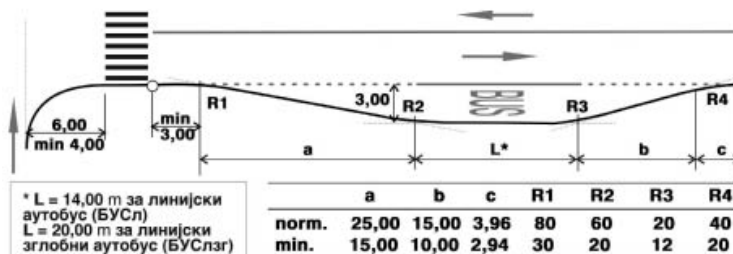


Слика 3-26: Пример вођења подужног профила споредног правца у зони површинске раскрснице са пресецањем саобраћајних струја.

3.5.9. Аутобуска стајалишта у зони раскрснице

На ванградској путној мрежи могућ је линијски аутобуски саобраћај мањег или већег интензитета. У циљу обезбеђења пешачких прелаза, аутобуска стајалишта је најбоље поставити у зони површинске раскрснице уз одговарајуће интервенције на проточном коловозу, формирањем посебних ниша за аутобуска стајалишта и обраду тротоара и простора за стајалиште сагласно захтевима корисника, као што је приказано на слици 3-27 овог прилога.

Ако се аутобуска стајалишта формирају на слободним деоницама између раскрсница, примењују се принципи изнети у прилогу 2 - Траса ванградских путева.



Слика 3-27: Пример обликовања аутобуског стајалишта у зони површинске раскрснице са пресецањем саобраћајних струја.

4. КРУЖНЕ РАСКРСНИЦЕ

Кружне раскрснице, односно раскрснице са кружним током представљају посебну групу раскрсница које се примењују на ванградским путевима. Полазни концепт и генерални приступ примени кружних раскрсница дефинисани су у поглављу 2 овог прилога - Основе за пројектовање. У овом поглављу дефинишу се типологија, пројектни елементи, поступци провере пројектних решења, услови обликовања, као и посебни елементи који се примењују у специфичним условима, а обухваћене су и кружне раскрснице које се заснивају на преплитању токова, односно раскрснице с већим пречником.

4.1. Типологија кружних раскрсница

Типологија површинских раскрсница са кружним током заснива се на основном критеријуму функционалног нивоа раскрснице који је усклађен с величином пречника уписаног круга (D). Ако је пречник уписаног круга $D > 70$ m, токови на кружном коловозу се преплићу (тзв. велике кружне раскрснице), па такве раскрснице чине посебну подгрупу (поглавље 4.6. овог прилога).

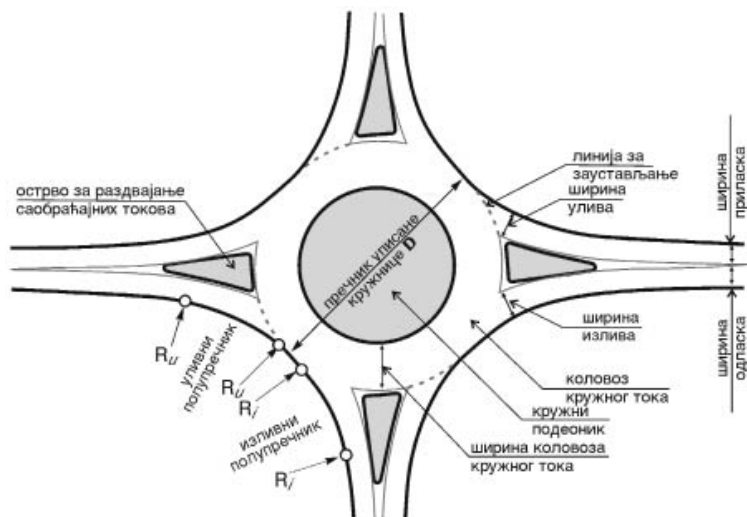
4.1.1. Основне поставке кружних раскрсница

Пројектовање кружних раскрсница (без преплитања) и њихово просторно обликовање почива на следећим полазним поставкама:

- број прикључних праваца се ограничава на три или четири (трокраке или четворокраке кружне раскрснице), постојање више од четири прикључна правца решава се преуређењем мреже (тачка 2.2.1 овог прилога) или применом специфичних кружних раскрсница већег пречника;
- угао пресецања приближан правом углу (тачка 2.2.1 овог прилога), одступања од правог угла могућа су до највеће вредности оштрог угла од 80° уз додатни услов да је оштри угао на месту улива у кружни коловоз;
- нема поделе на главни и споредни правац, а све саобраћајне струје (право, лево, десно) имају исти пројектни третман са идентичним мерама регулативе (приоритет имају возила у кружном току);
- саобраћајне струје разврставају се само у зонама улива, и то на прикључним правцима са две уливне возне траке;
- нема приоритетних токова, односно примарне саобраћајне струје (токови право) имају релативни дисконтинуитет у односу на елементе деонице (попречни профил, ситуациони и нивелациони план), пре свега у погледу услова уливања у кружни ток и брзину кретања возила;

6. кружне раскрснице се ограничавају на највише две уливне возне траке по сваком прикључном правцу;
7. на кружним раскрсницама се не уводи светлосна сигнализација будући да је супротна основном концепту непрекинутих токова са смањеном брзином;
8. заједничка површина кружног коловоза, односно колизиона зона треба да омогући пролаз меродавног возила на једнотрачним раскрсницама или њихову паралелну вожњу у истом смеру на двотрачним раскрсницама.

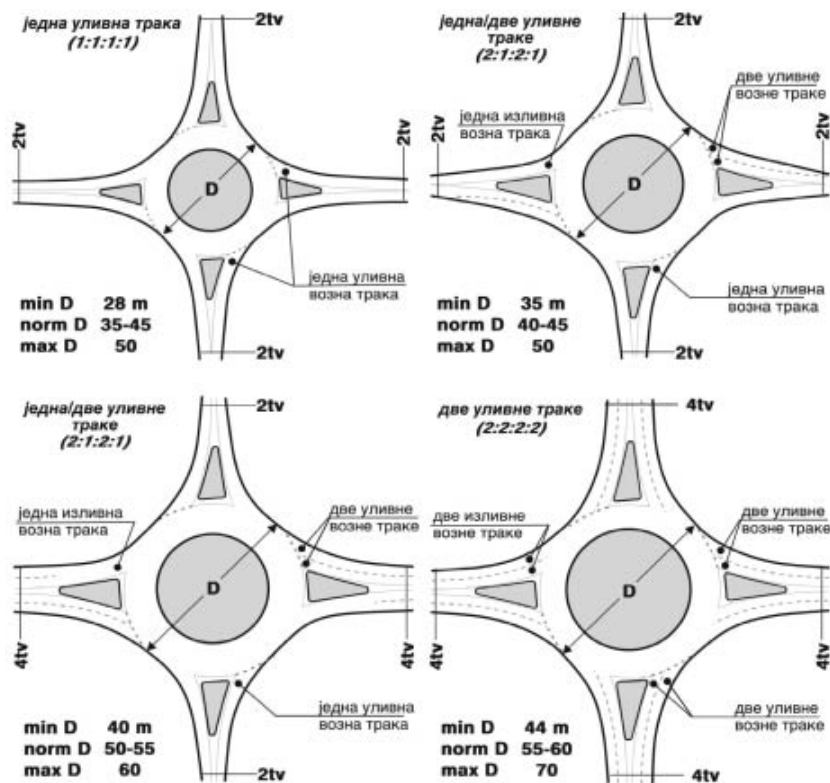
Основни елементи и појмови за кружне раскрснице приказани су на слици 4-01 овог прилога.



Слика 4-01: Основни елементи и појмови за кружне раскрснице на ванградским путевима.

4.1.2. Основни типови кружних раскрсница

Основни типови кружних раскрсница (слика 4-02 овог прилога) разликују се по броју уливних возних трака и величини пречника уписане кружнице (D), из чега следе и остали елементи (нпр. пречник кружног подеоника, ширина кружног коловоза, усмеравање излива/улива и сл.). Појединачна одступања од типских решења су могућа, пре свега као последица конкретног саобраћајног програма раскрснице и ограничења локације, уз одговарајуће додатне анализе и образложења.



Слика 4-02: Типови кружних раскрсница ванградске путне мреже.

На ванградским путевима не примењују се кружне раскрснице с пречником уписане кружнице $D < 28$ м. Изузетно могу се применити кружне раскрснице мањег пречника само на деоницама приступних (ПП) и сабирних

путева (СП) у приградско-градском подручју, када се примењују Техничка упутства за пројектовање саобраћајница у градовима - Пројектовање површинских раскрсница.

Број уличних трака дефинише се на основу провере пропусне моћи, док величина пречника уписане кружнице зависи од највеће вредности меродавне брзине раскрснице (V_{ras}), односно она треба да омогући брзину кретања возила у кружном току $V_k = 0,5 - 0,6 V_{ras}$, где је меродавна највећа брзина на било ком прикључном правцу (**max** V_{ras}). Ако на било ком прикључном правцу постоји двотрачни улив, величина кружног коловоза се димензионише као за двотрачни.

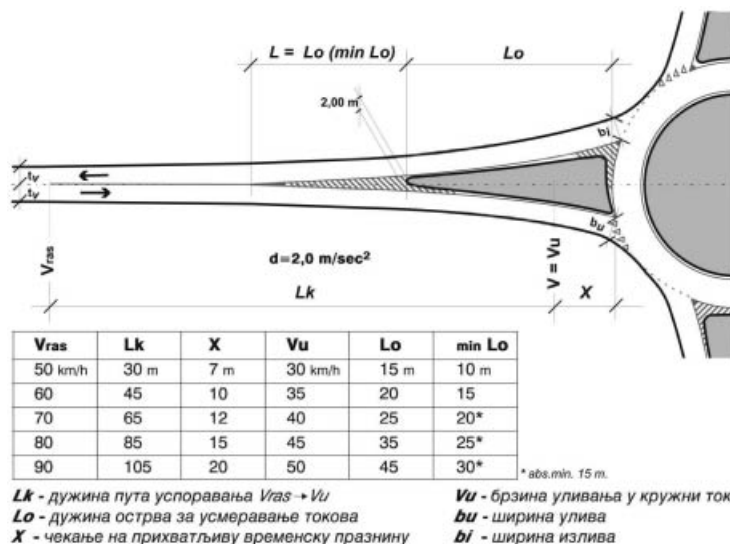
Кружне раскрснице с преплитањем, односно с великим пречником уписане кружнице ($D > 70$ m) нису приказане будући да су посебно обрађене у поглављу 4.6. овог прилога. Њихова примена ограничава се на пресецишта највиших функционалних рангова (ДП/ДП) или као секундарни елементи денивелисаних раскрсница.

4.1.3. Почетни услови обликовања кружних раскрсница

Почетни услови обликовања кружних раскрсница подразумевају услове којима се обезбеђује потребан ниво функције и безбедности. Они обухватају услове обликовања прикључака, уједначени пројектни третман саобраћајних струја и релативну хомогеност брзина на кружној раскрсници.

4.1.3.1. Услови обликовања прикључака кружних раскрсница

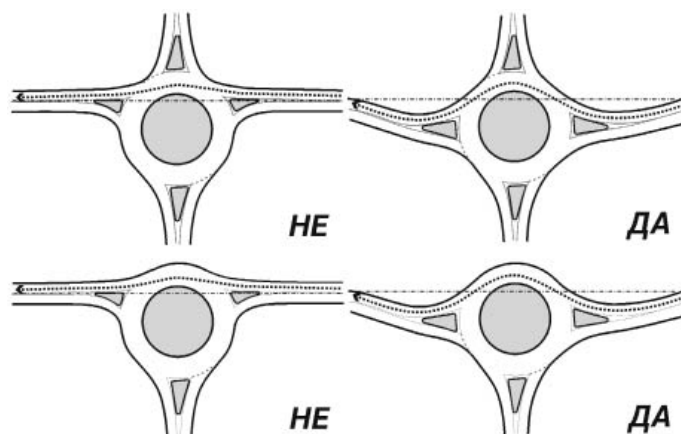
Почетни услови обликовања прикључака кружне раскрснице приказани су на слици 4-03 овог прилога. Каналисање кружних раскрсница подразумева обликовање кружног подеоника и острва за раздвајање саобраћајних токова на свим прикључним правцима да би се раздвојили и усмерили токови уливања и изливања у циљу просторног дефинисања колизионих тачака с кружним током. Обликовање тих острва дефинисано је у поглављу 4.4. овог прилога.



Слика 4-03: Услови обликовања прикључака кружних раскрсница.

4.1.3.2. Уједначен пројектни третман саобраћајних струја

Све саобраћајне струје (право, лево, десно) из свих прикључних праваца захтевају уједначен пројектни третман да би се избегла појава тзв. привилегованих праваца и/или струја који имају битно повољнију трајекторију и веће брзине кретања него друге саобраћајне струје, што је предуслов за испуњење захтева релативне хомогености карактеристичних брзина (тачка 4.1.3.3. овог прилога). Сви прикључни правци се стога морају усмерити ка центру уписане кружнице уз уједначено одстојање суседних прикључака (слика 4-04 овог прилога).



Слика 4-04: Вођење прикључних праваца на кружној четворокракој и трокракој раскрсници.

Привилеговани правци и/или настају ако се уместо кружнице примени елипса па ако просторна ограничења не омогућавају примену кружнице, ограничава се однос полупречника елипсе на $R_a : R_b = 1 : 1,15$. Ако су просторна ограничења оштрија и/или ако се изводи реконструкција, однос полупречника елипсе може износити $R_a : R_b = 1 : 1,20$.

4.1.3.3. Хомогеност брзина на кружној раскрсници

Кружне раскрснице увек захтевају да сва возила смање брзину независно од меродавних брзина на прикључним правцима и оријентације саобраћајних струја (право, лево, десно). За ефикасно и безбедно функционисање кружне раскрснице, неопходно је обезбедити релативну хомогеност брзина кретања возила у слободном саобраћајном току, тј. брзина уливања (V_u), брзина кретања у кругу (V_k) и брзина изливања (V_i) треба да буду ± 10 km/h највише ± 15 km/h.

За раскрснице на којима највећа брзина на било ком прикључном правцу износи $\max V_{ras} < 60$ km/h горња граница може износити ± 20 km/h. Брзина изливања треба да је већа од брзине уливања ($V_i \geq V_u$). Провера пројектног решења са становишта испуњења услова релативне хомогености карактеристичних брзина у кружној раскрсници спроводи се у складу с тачком 4.3.2. овог прилога.

4.2. Пројектни елементи кружних раскрсница

Раскрснице са кружним током, односно кружне раскрснице су други основни тип површинске раскрснице који почива на равноправном третману примарних (токови право) и секундарних (токови лево или десно) саобраћајних струја када се сви интерни односи решавају уливањем и изливањем. У овом поглављу се дефинишу пројектни елементи попречних профила, ситуационог и нивелационог плана кружних раскрсница на ванградским путевима у складу с утврђеним принципима.

4.2.1. Елементи ситуационог плана кружне раскрснице

Елементи ситуационог плана кружне раскрснице дефинишу се у складу с утврђеним принципима који се осим на пречник уписане кружнице, ширину кружног коловоза и елементе улива или излива, односе и на елементе обликовања прикључних праваца, да би се обезбедио простор за формирање острва за каналисање токова. Основни елементи ситуационог плана дати су у табели 4-01 овог прилога, док је ширина кружног коловоза (b_k) у функцији пречника уписане кружнице (D) утврђена у тачки 4.2.2. овог прилога.

Табела 4-01: Елементи ситуационог плана кружне раскрснице.

	једнотрачне	двотрачне	
пречник D (м)			
минимум	28	40 (35)	44
нормално	35-45	50-55 (40-45)	55-60
максимум	50	60 (50)	70
број трака улива	1	2	2
ширина улива b_u (м)	3,50-4,00	6,50-7,00	6,50-7,00
полупречник улива R_u (м)	12-16	14-16 (12-16)	14-16
број трака излива	1	1	2
ширина излива b_i (м)	3,75-4,50	3,75-4,50	7,00-7,50
полупречник излива R_i (м)	14-18	16-18 (14-18)	16-18

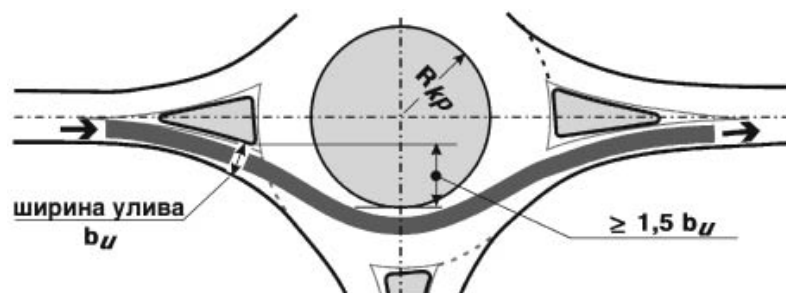
напомена: вредности у () за тип 1:2:1,2 где је двотрачни улив на једном од прикључних праваца формиран проширењем двотрачног двосмерног коловоза у подручју улива

4.2.2. Кружни подеоник и ширина кружног коловоза

Доминантни елементи кружних раскрсница су кружни подеоник и кружни коловоз будући да се њиховим димензионисањем дефинишу основне размере, као и нивои функције и безбедности кружне раскрснице.

4.2.2.1. Основни услов димензионисања кружног подеоника

У основи концепта кружних раскрсница подразумева се да сви токови из уливних праваца имају смањене брзине кретања кроз колизионо подручје. Главни елемент је кружни подеоник чије димензије (полупречник R_{kp}) и централно симетрични положај у односу на све прикључне правце условљава прекид кретања возила право (слика 4-05 овог прилога).



Слика 4-05: Дисконинуитет тока возила кроз кружну раскрсницу и гранични услови за полупречник кружног подеоника (R_{kp}).

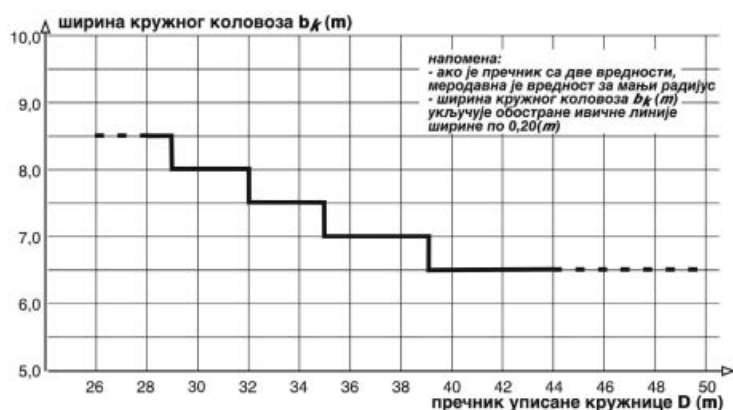
За различите ширине улива по појединачним прикључним правцима (нпр. раскрсница типа **1:2:1:2**) меродавна је највећа ширина улива на прикључним правцима ($b_u = \max b_u$). Одступање од централног положаја кружног подеоника могуће је само док се не испуне услови дисконтинуитета ($R_{kr} \geq 1,5 b_u$) на прикључним правцима.

4.2.2.2. Ширина кружног коловоза

Ширина кружног коловоза (b_k) произлази из захтева проходности меродавног возила и услова кретања. Она се може у одређеној мери стандардизовати за типичне услове ванградске путне мреже за једнотрачне (**1:1:1:1**) и двотрачне кружне раскрснице (**2:1:2:1** или **2:2:2:2**). Примена стандардних вредности ширина кружног коловоза не искључује потребу провере проходности.

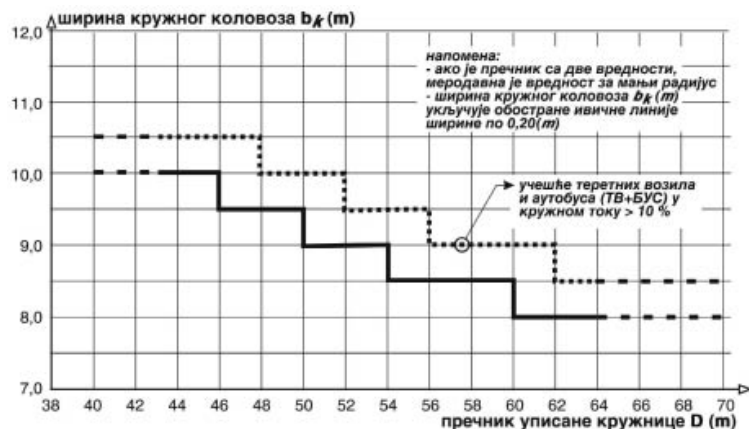
Стандардне ширине кружног коловоза (b_k) за једнотрачне кружне раскрснице (слика 4-06 овог прилога) дефинисане су у функцији пречника уписане кружнице (D); оне укључују и обостране ивичне линије ширине по 0,20 m.

Стандардне ширине кружног коловоза (b_k) двотрачне кружне раскрснице (слика 4-07 овог прилога) које укључују и обостране ивичне линије ширине по 0,20 m, дефинисане су у функцији пречника уписане кружнице (D) и комбинације меродавних возила за истовремену паралелну вожњу.



Слика 4-06: Ширина кружног коловоза једнотрачне кружне раскрснице.

За највећи број двотрачних кружних раскрсница на ванградским путевима структура саобраћајног тока је типична, па је меродавна паралелна вожња аутовоза или вучног воза (**AB, BB**) и путничког аутомобила (**ПА**). Ширине кружног коловоза у паралелном кретању меродавних теретних возила (**ТВ + ТВ**) или аутобуса (**БУС + БУС**) дужине до 12,00 m обухваћене су проширењем од 0,50 m, а примењују се ако тих возила има више од 10 % на најмање једном пресеку кружног тока.



Слика 4-07: Ширина кружног коловоза двотрачне кружне раскрснице.

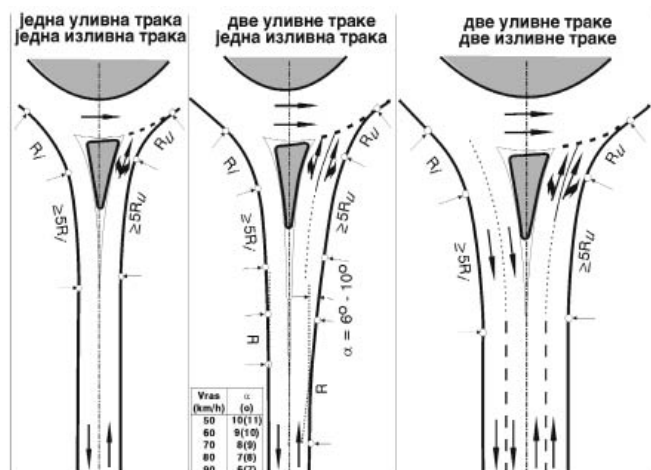
4.2.3. Уливи и изливи

Уливи и изливи су, поред основног показатеља пречника уписане кружнице (D), кључни елементи којима се дефинишу основни типови (тј. преко броја уливних трака типови **1:1:1:1**, **2:1:2:1** и **2:2:2:2**). Геометријски елементи улива и излива су основа за дефинисање трајекторија возила и карактеристичних брзина, па тако директно утичу на проточност и безбедност кружне раскрснице. Геометријски елементи прикључног правца стварају предуслове за обликовање зоне улива и излива као и обликовање острва за раздвајање токова.

4.2.3.1. Конфигурације уливних и изливних трака

Као што је дефинисано у тачки 4.1.1. овог прилога, уливи у кружни коловоз се ограничавају на једну или две уливне траке. Две уливне траке се могу формирати проширењем једне возне траке прикључног правца у зони улива или су на прикључним правцима с две возне траке по смеру нормалан случај (слика 4-08 овог прилога). Конфигурација уливних трака двотрачних улива зависи од укупног саобраћајног оптерећења улива и

расподеле по саобраћајним струјама (право, лево, десно) с посебним нагласком на интензитет левих скретања. За излив могућа је примена једне изливне траке, чиме се умањује могућност погрешног маневра (тј. изливање из леве траке кружног коловоза).



Слика 4-08: Типске конфигурације уливних и изливних трака кружне раскрснице (максимално усмеравање улива и излива).

4.2.3.2. Геометрија прикључних праваца и усмеравање улива и излива

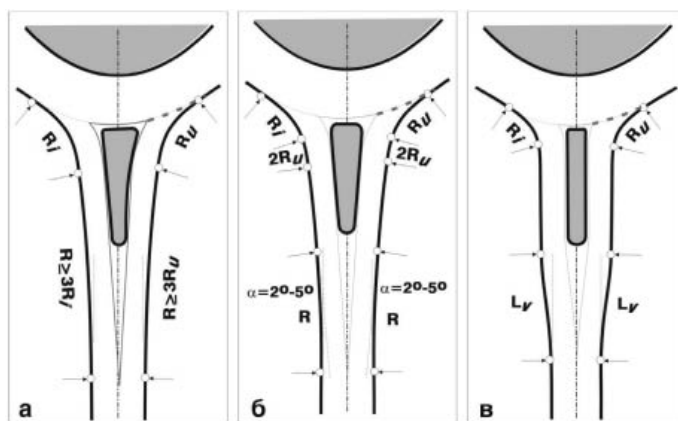
Геометријски елементи прикључних праваца директно су условљени захтевима усмеравања возила која се уливају у кружни ток или се изливају из кружног тока, тј. обликовања острва за раздвајање улива и излива.

Највеће усмеравање улива и излива (слика 4-09/а овог прилога) примењује се на једнотрачним кружним раскрсницама (тип 1:1:1:1), обавезно ако је пречник уписане кружнице $D \geq 40$ m и/или највећа меродавна брзина $\max V_{ras} \geq 60$ km/h.

Средње усмеравање (слика 4-09/б овог прилога) може се применити на кружним раскрсницама са $40 > D \geq 28$ m уз највећу меродавну брзину $60 > \max V_{ras} \geq 50$ km/h.

Минимално усмеравање (слика 4-09/в овог прилога) изузетно се примењује на раскрсницама ранга ПП / ПП и СП / ПП, пречника $D < 30$ m. и највећу меродавну брзину $\max V_{ras} < 50$ km/h. Дужина раздвајања супротно усмерених возних трака (L_v) и конструкција криве (слика 4-09/в овог прилога) подлежу истим правилима за раздвајања примарних возних трака раскрснице са пресецањем саобраћајних струја.

На двотрачним кружним раскрсницама (тип 1:2:1:2 и тип 2:2:2:2) обавезно је максимално усмеравање улива и излива. Обликовање острва за раздвајање улива и излива зависи од степена усмеравања возила и обрађено је у тачки 4.4.1. овог прилога.



Слика 4-09: Прикључни правци и степен усмеравања улива и излива: а - максимално, б - средње и в - минимално.

4.2.3.3. Елементи улива и излива

Независно од степена усмеравања улива и излива почетни услов је да полупречник улива увећан за ширину уливне траке или трака ($R_u + b_u$) у крајњем случају може тангирати спољну ивицу кружног подеоника (слика 4-10 овог прилога).

4.2.4.2. Попречни нагиби и витоперење кружног коловоза

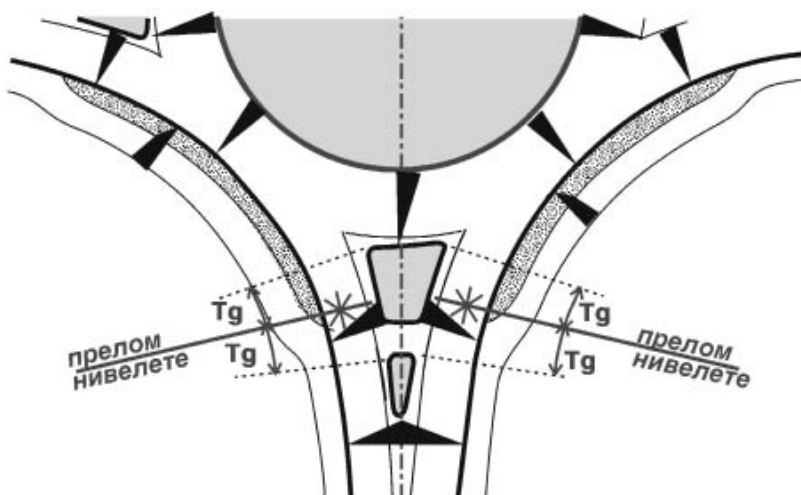
Полазни услови, односно генерална нивелација кружне раскрснице подразумева ублажење подужних нагиба као што је дефинисано претходним чланом. Нормалан покречни нагиб кружног коловоза је **2,50 %** и усмерен је ка спољној ивици, односно нема витоперења коловоза ради прилагођавања нагибу терена и/или нивелетама прикључних праваца.

Табела 4-02 : Попречни нагиби кружног коловоза.

Нагиб i_{Nkr} (%)	$0 < i \leq 2,5$	$2,5 < i \leq 4,0$	$4,0 < i \leq 5,7$
Витоперење Кружног коловоза	не	да	да
Максимални покречни нагиб i_p (%)	-2,5	2,5	4,0

На кружним раскрсницама треба поштовати захтев највећег резултујућег нагиба **$\max i_{rez} = 4,0 \%$** . Примењује се витоперење кружног коловоза око његове спољње ивице. Рампе витоперења кружног коловоза не смеју угрозити ефикасно одводњавање, за шта је неопходна контрола сливања воде по коловозној површини конструисањем струјница и/или конструисањем дијаграма резултујућих нагиба одводњавања дуж спољне ивице кружног коловоза.

Најповољнији нивелациони услови за кружне раскрснице постижу се прикључивањем тзв. кровастог нагиба саобраћајнице на кружни коловоз без витоперења (слика 4-12 овог прилога). Тангента вертикалне кривине прелома нивелете прикључног правца мора бити у оквиру уливног или изливног коловоза.



Слика 4-12: Најповољнији нивелациони услови прикључка на кружни коловоз.

4.3. Провера пројектних решења кружне раскрснице

Пројектна решења кружне раскрснице, односно примењени елементи попречног профила, ситуационог и нивелационог плана проверавају се са становишта услова проходности меродавних возила, хомогеност брзина (тачка 4.1.3.3 овог прилога) и унутрашње прегледности. Ако нису испуњени дефинисани услови, неопходна је промена и/или прилагођавање примењених пројектних елемената попречног профила и/или ситуационог плана.

4.3.1. Провера проходности кружне раскрснице

За проверу проходности кружне раскрснице неопходно је дефинисати меродавна возила (тачка 3.4.2. прилога 2 - Траса ванградских путева) и граничне услове извођења маневра, односно вожње кружним коловозом и уливања и изливања. Провера се спроводи применом верификованог програмског система и/или конструкцијом трајекторија возила и/или коришћењем кривих минималне проходности.

4.3.1.1. Меродавна возила за проверу проходности

Избор меродавног возила за проверу проходности кружне раскрснице, односно проверу могућности и услова кружног кретања и уливања и изливања зависи од функционалног ранга пута и/или структуре саобраћајног тока. Као меродавно возило (слика 4-13 овог прилога) усваја се највеће возило са мањим могућностима маневра за које постоји вероватноћа да ће користити предметну кружну раскрсницу (**AB**, **BB**). На раскрсницама на приступним путевима могуће је применити меродавна возила с мањим захтевима.

	ДАЉИНСКИ ПУТ ДП	ВЕЗНИ ПУТ ВП	САБИРНИ ПУТ СП	ПРИСТУПНИ ПУТ ПП
ДАЉИНСКИ ПУТ ДП	АВ, ВВ	АВ, ВВ	АВ, ВВ (ТВ1)	-
ВЕЗНИ ПУТ ВП		АВ, ВВ	ТВ1 (АВ, ВВ)	ТВ1 (БУСл, ТВ2)
САБИРНИ ПУТ СП	 АВ, ВВ		ТВ1 (БУСл, ТВ2)	ТВ1 (БУСл, ТВ2)
ПРИСТУПНИ ПУТ ПП	 БУСл, БУСлзг  ТВ1, ТВ2, ТВ3			ТВ2 (БУСл, ТВ1, ТВ3)

напомена:
- велика разлика функционалних рангова, изузетан случај
- карактеристике меродавних возила чл.3.4.2 ПП-Т108
- вредности у () могу се применити ако су оштрија просторна ограничења
- у јавном приградском превозу меродавно возило ЈП (БУСл или БУСлзг)

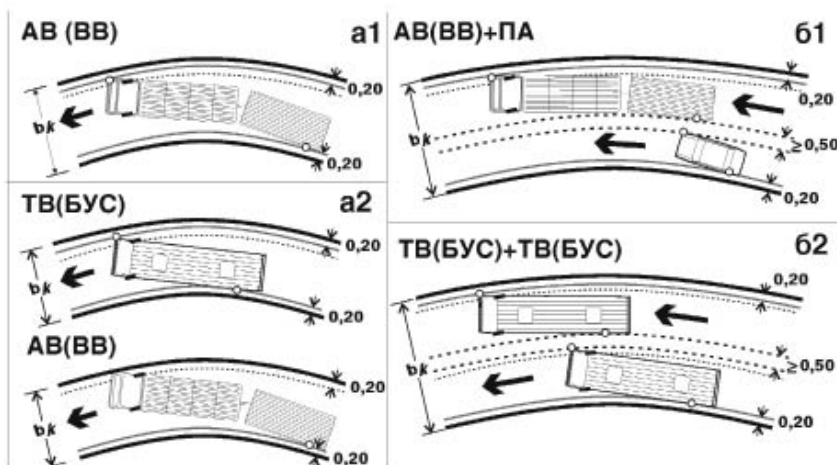
Слика 4-13: Меродавна возила за проверу проходности кружне раскрснице зависно од функционалног ранга пресечних праваца.

4.3.1.2. Проходност кружног коловоза

Кружни коловоз је основни елемент раскрснице којим се крећу возила свих саобраћајних струја (право, лево и десно) релативно хомогеним карактеристичним брзинама (тачка 4.1.4. овог прилога). Разликују се услови проходности кружног коловоза за једнотрачне (тип 1:1:1:1) када је неопходно обезбедити пролаз једног меродавног возила и двотрачне (типови 2:1:2:1, 2:2:2:2) кружне раскрснице када се возила крећу паралелно. Гранични услови провере проходности кружног коловоза за једнотрачне (1:1:1:1) и двотрачне кружне раскрснице (2:1:2:1 и 2:2:2:2) приказани су на слици 4-14 овог прилога.

За једнотрачне кружне раскрснице нормално се обезбеђује проходност за највећа возила (слика 4-14/а1 овог прилога), при чему је меродавна критична тачка спољње контуре возила. Изузетно, ако су оштрија просторна ограничења, обезбеђује се проходност спољне контуре за ТВ (или БУС), а за већа возила (АВ, ВВ) меродавна је путања критичног точка (слика 4-14/а2 овог прилога), односно ако предњи препуст захвата простор изван спољње ивице кружног коловоза.

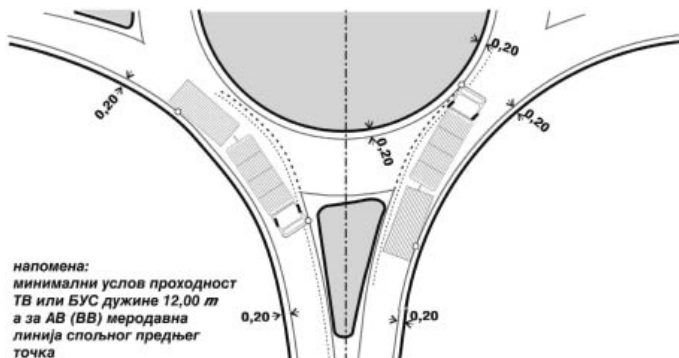
За двотрачне кружне раскрснице (тип 1:2:1:2 или 2:2:2:2) проверавају се услови паралелне вожње аутовоза (АВ) или вучног воза (ВВ) спољним делом, а путничког аутомобила (ПА) унутрашњим делом кружног коловоза (слика 4-14/б1 овог прилога), што омогућава прихватљиву проходност за највећи број кружних раскрсница. На раскрсницама где се очекује релативно висока концентрација возила већих димензија (теретна возила, аутобуси) у кружном току (> 10 %), будући да њихова учестала истовремена појава у истом пресеку кружног коловоза утиче на ниво услуге, брзине кретања возила и ниво сигурности саобраћаја, проходност кружног коловоза се проверава за паралелно кретање ТВ (или БУС) дужине 12,00 м. (слика 4-14/б2 овог прилога).



Слика 4-14: Гранични услови проходности кружног коловоза једнотрачних (а) и двотрачних (б) кружних раскрсница и минималне ширине коловоза (bk).

4.3.1.3. Проходност улива и излива

У уливу у кружни коловоз и изливу из кружног коловоза једнотрачних кружних раскрсница (1:1:1:1) гранични услов проходности је обезбеђење најмање заштитне ширине критичних тачака габарита меродавног возила (**AB**, **BB**) од по 0,20 m. у односу на физичку ивицу коловоза у зони улива или излива (тј. ивица коловоза и острва за раздвајање токова), као што је приказано на слици 4-15 овог прилога. Изузетно, ако су оштрија просторна ограничења, обезбеђује се проходност спољне контуре за **ТВ** (или **БУС**), а за већа возила (**AB**, **BB**) меродавна је путања критичног тачка, односно ако предњи препуст захвата простор изван спољне ивице коловоза. У двотрачним уливима и изливима проходност се проверава у условима паралелне вожње као за кружни коловоз (тачка 4.3.1.3. овог прилога).



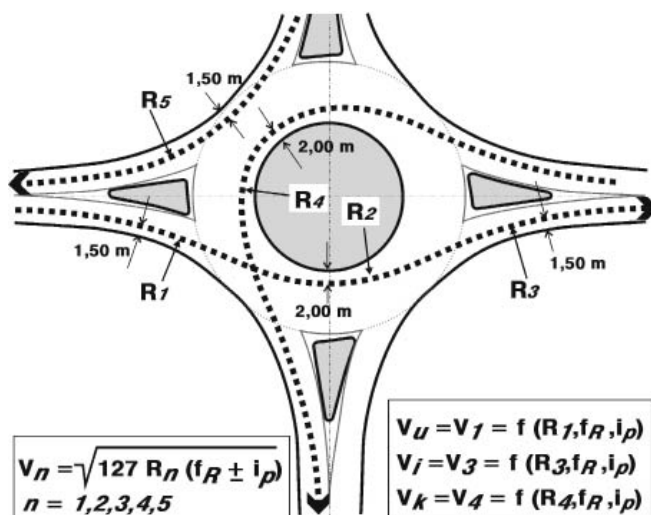
Слика 4-15: Гранични услови проходности улива и излива.

4.3.2. Брзине у подручју кружне раскрснице

Полазни услов пројектовања кружних раскрсница је релативна хомогеност брзина у складу с тачком 4.1.4. овог прилога. За дефинисање карактеристичних брзина које се користе у поступку провере пројектног решења, неопходно је стандардизовати трајекторије возила зависно од врсте маневра (право, лево или десно) и примењених пројектних елемената кружне раскрснице. Детаљнија провера пројектног решења (у идејном пројекту) захтева анализу трајекторија возила и дефинисање карактеристичних брзина.

4.3.2.1. Карактеристичне трајекторије возила

Карактеристичне трајекторије возила дефинишу се за токове право, лево и десно из свих прикључних праваца ако је најмање одстојање осовине возила од ивице коловоза као што је приказано на слици 4-16 овог прилога. Трајекторије возила се апроксимирају са пет карактеристичних полупречника (R_n , $n = 1-5$) а карактеристични полупречници су основ за дефинисање карактеристичних брзина (слика 4-16 овог прилога).

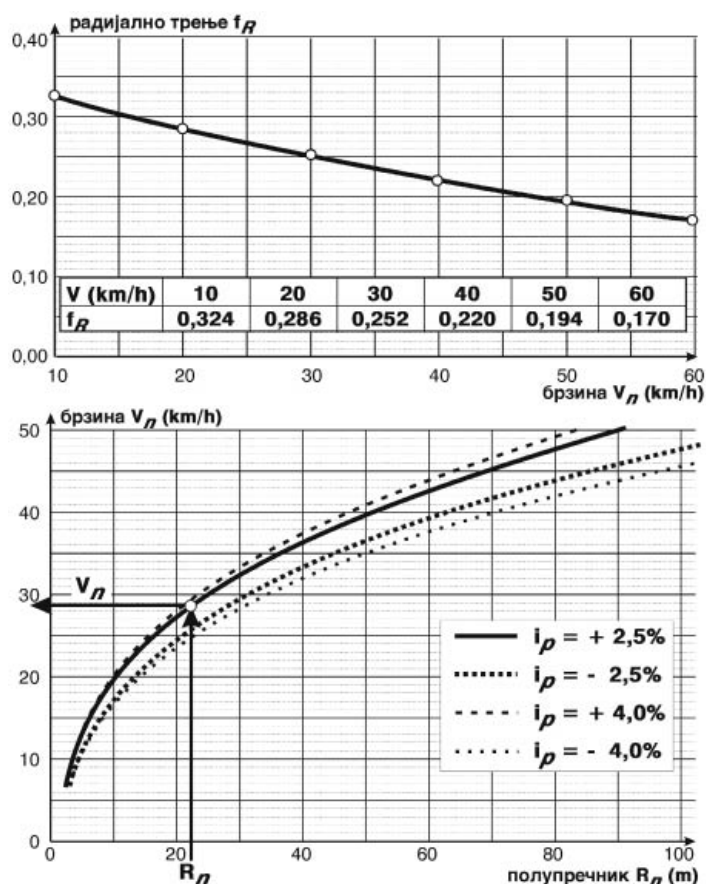


Слика 4-16: Трајекторије проласка возила кроз кружну раскрсницу и карактеристични полупречници (R_n).

4.3.2.2. Карактеристичне брзине

Дефинисане трајекторије возила и карактеристични полупречници чине основу за утврђивање карактеристичних брзина, односно уливне брзине (V_u), изливне брзине (V_i) и брзине у кругу (V_k). Конструкцијом трајекторија возила за све уливне правце и дефинисањем карактеристичних полупречника одређују се карактеристичне брзине кружне раскрснице као функција карактеристичног полупречника кривине (R_n), нормалног (радијалног) коефицијента трења (f_r) и попречног нагиба (i_p) применом дијаграма на слици 4-17 овог прилога. Меродавна вредност попречног нагиба је највећи попречни нагиб у подручју карактеристичног полупречника; то је попречни нагиб кружног коловоза. Стога су конструисане криве на приложеном дијаграму за попречне нагибе - 4,0 %, - 2,5 %, + 2,5 % и + 4,0 %. Све брзине уливања, изливања или кружног кретања (V_u , V_i , V_k) за све прикључне правце треба да буду релативно хомогене у складу с

тачком 4.1.4. овог прилога. Ако тај услов није испуњен, неопходно је променити пројектне елементе кружне раскрснице.



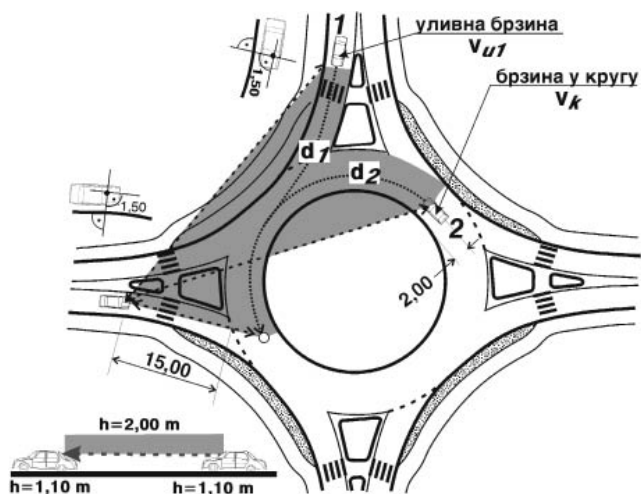
Слика 4-17: Дијаграм за дефинисање карактеристичних брзина (V_n).

4.3.3. Прегледност у кружној раскрсници

Због дисконтинуитета кретања на кружним раскрсницама спољна прегледност је посебно значајна, гранични услови према тачки 2.2.1. и 3.5.1. овог прилога. Сложеност маневара у подручју кружне раскрснице такође захтева да се обезбеди тзв. унутрашња прегледност кружне раскрснице да би се осигурало ефикасно и сигурно кретање свих корисника. На кружним раскрсницама нема светлосне сигнализације, а приоритет проласка (знак обрнути троугао) имају возила у кружном току. Доњу границу представља дужина зауставне P_z прегледности према тачки 4.1. прилога 2 - Траса ванградских путева.

4.3.3.1. Прегледност за возила која се уливају

Уливање возила у кружни ток, при чему приоритет има возило у кружном току, кључни је маневар на кружним раскрсницама (слика 4-18 овог прилога).



Слика 4-18: Услови прегледности - уливање возила у кружни ток.

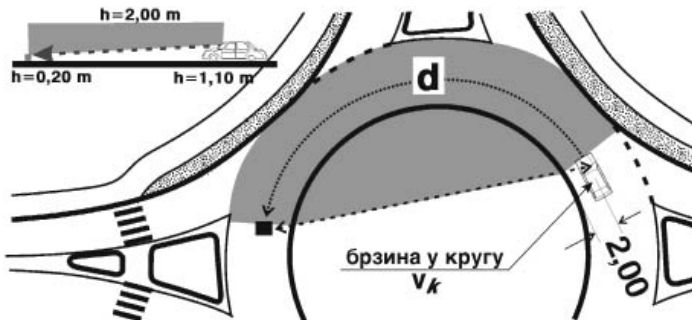
Возач возила које се улива у кружни ток мора имати обезбеђену слободну визуру прегледности (слика 4-18 овог прилога) ка:

- возилу **1** које се улива у кружни ток непосредно испред предметног улива (уливна брзина V_{u1} , дужина зауставног пута d_1);
- возилу **2** које се креће кружним коловозом (брзина у кружном току V_k , дужина зауставног пута d_2);
- тачки могуће колизије са оба возила.

Дужина пута d_1 , односно d_2 једнака је дужини зауставне прегледности Pz_1 , односно Pz_2 у складу с тачком 4.1. прилога 2 - Траса ванградских путева. Формиране зоне прегледности (слика 4-18 овог прилога) морају бити ослобођене свих препрека које ометају визуру возача (тачка 3.5.1. овог прилога).

4.3.3.2. Прегледност у кружном току

Возила која се крећу кружним коловозом морају имати слободну визуру прегледности ка возилу испред себе, као и могућност опажања ниске препреке на кружном коловозу (слика 4-19 овог прилога).



Слика 4-19: Услови прегледности - возило у кружном току.

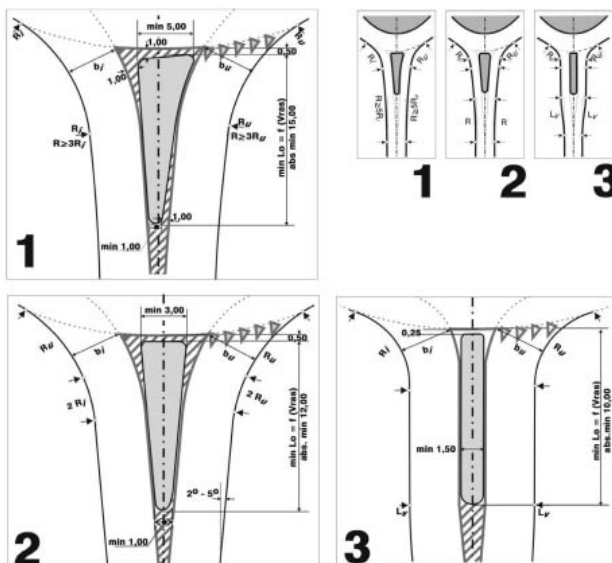
Дужина пута d једнака је дужини зауставне прегледности Pz за брзину V_k у складу с тачком 4.1. прилога 2 - Траса ванградских путева. Формирана зона прегледности (слика 4-19 овог прилога) мора бити ослобођена свих препрека које ометају визуру возача. Ако се кружна раскрсница формира у усеку, вредности берме прегледности су према тачки 4.2. прилога 2 - Траса ванградских путева, с тим што је меродавна одговарајућа карактеристична брзина уливања, изливања или војње кружним коловозом (у складу с тачком 4.3.2.2. овог прилога).

4.4. Обликовање острва за каналисање

Каналисање кружне раскрснице подразумева, поред кружног подеоника, и острва за раздвајање супротно усмерених токова у зони улива и излива. Основни услови за те елементе приказани су у претходним поглављима, укључујући и геометрију прикључних праваца.

4.4.1. Обликовање острва за раздвајање улива и излива

Обликовање острва за раздвајање улива и излива у/из кружног тока условљено је степеном усмеравања возила у складу с тачком 4.2.3.2. овог прилога. Типска решења приказана су на слици 4-20 овог прилога. Оивичења острва су као на кружном подеонику, а спољне ивице улива или излива су као и спољне ивице кружног коловоза (тачка 4.4.2. овог прилога). Површина острва се затрављује; ако је укупна површина острва мања од 20 m^2 примењују се елементи за поплочавање или ситна коцка на целој површини.



Слика 4-20: Обликовање острва за раздвајање улива и излива: 1 - максимално усмеравање возила 2 - средње 3 - минимално.

4.4.2. Обликовање ивица кружног коловоза

Полупречник кружног подеоника ($R_{кр}$) на раскрсницама ванградске путне мреже димензионише се сходно тачки 4.2.2.1. овог прилога. Ивице кружног коловоза према кружном подеонику обликују се применом елемената другачије структуре (нпр. елементи за попличавање, ситна коцка), уз формирање оивичења према слици 4-21 овог прилога. Уз спољну ивицу кружног коловоза треба применити додатне попличане траке ширине 0,25 - 0,30 m у равни коловоза; ширине банкينا и попречног нагиба је у складу с тачком 5.1.2. прилога 2 - Траса ванградских путева, апс. минимум $b = 1,00$ m.



Слика 4-21: Обликовање ивица кружног коловоза .

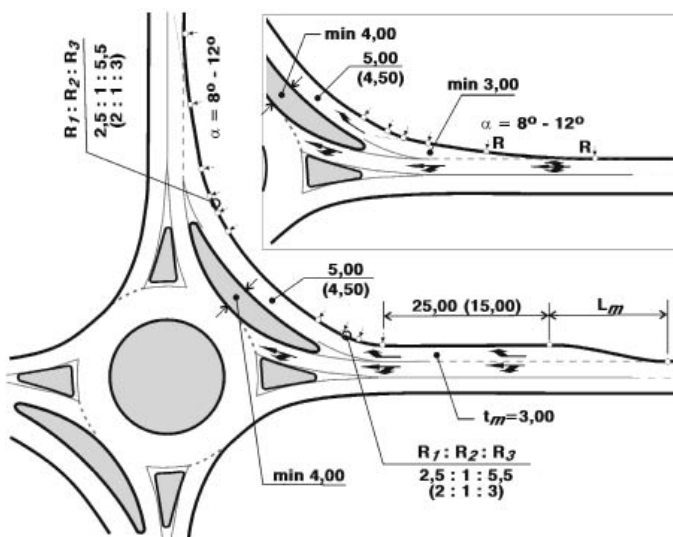
Површина кружног подеоника се затрављује. Ниско зеленило и/или визуелне доминанте у центру кружног подеоника (нпр. високо зеленило) дозвољено је само ако не улази у обвојницу линија визура прегледности возила у кружном току (тачка 4.3.3.2. овог прилога). Визуелне доминанте у центру кружног подеоника позитивно утиче на сагледљивост целе површинске раскрснице и визуелно информише возаче о дисконтинуитету кретања.

4.5. Посебни елементи кружне раскрснице

Кружне раскрснице захтевају другачије елементе и опрему него раскрснице са пресецањем саобраћајних струја будући да се ради о суштински различитом концепту вођења саобраћајних токова. У специфичним програмским условима и/или просторним ограничењима јавља се и потреба за посебним елементима изван стандардних, којима се испуњавају специфични програмски услови и/или решење прилагођава специфичним просторним ограничењима локације кружне раскрснице.

4.5.1. Издвојени коловоз за десна скретања

Издвојеним коловозом за десна скретања повећава се пропусна моћ кружне раскрснице, смањује оптерећење кружног коловоза и индиректно повећава сигурност саобраћаја. То решење се примењује и на прикључним правцима са по три возне траке по смеру када се крајња десна трака наставља у посебан коловоз, а уливи у кружни коловоз свде на стандардно решење са по две уливне траке. Такође, издвојен коловоз за десна скретања примењује се када суседни улив и излив заклапају оштар угао и/или су међуодстојања улива и излива различита. Стандардни елементи издвојеног коловоза за десна скретања на кружној раскрсници приказани су на слици 4-22 овог прилога. Директно издвајање десних скретања, односно без додатне манипулативне траке (t_m) могуће је ако је улив с меродавном брзином прикључка $V_{ras} \leq 60$ km/h.



Слика 4-22: Издвојени коловоз за десна скретања на кружној раскрсници.

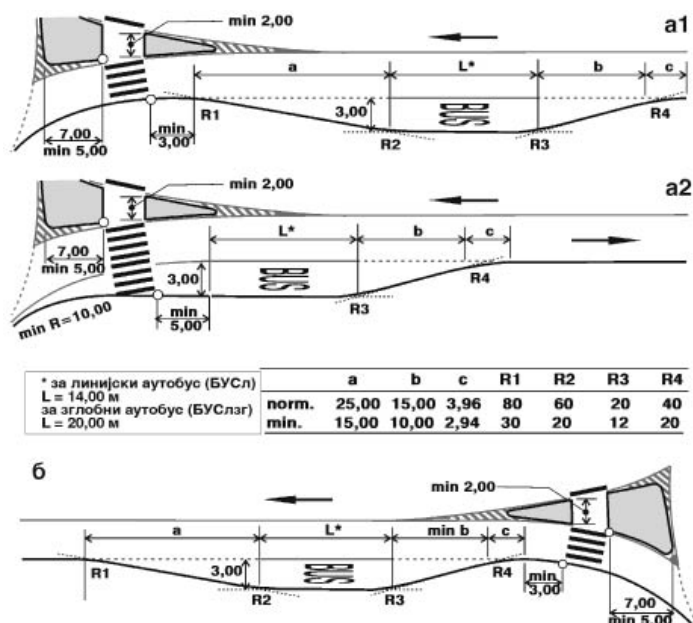
4.5.2. Јавни превоз у зони кружне раскрснице

На ванградским путевима у складу с тачком 6.1.2.2. пролога 1 - Функционална класификација путева, појављује се линијски приградски саобраћај аутобуса на сабирним путевима (СП) уз могућности појаве на

везним (ВП) и приступним путевима (ПП). Њихова стајалишта обично су у зонама површинских раскрсница када је потребно и могуће обезбедити пешачке комуникације до/од стајалишта.

Стајалиште приградског линијског аутобуса на ванградским путевима лоцира се иза кружне раскрснице са елементима дефинисаним на слици 4-23/a1 овог прилога. Ако није могуће применом минималних вредности формирати стајалиште аутобуса услед просторних ограничења, изузетно се могу применити елементи дефинисани на слици 4-23/a2 овог прилога.

Аутобуско стајалиште испред кружне раскрснице је у сукобу с потребама уливања возила у кружни ток, па се примењује само ако су оштрија просторна ограничења и/или ако се изводи реконструкција и/или ако су интензивни токови путника који преседају на попречну линију, па се примењује изузетно на раскрсницама ПП / ПП или СУ / ПП, а услов је да је меродавна брзина прикључка $V_{ras} \leq 50 \text{ km/h}$.

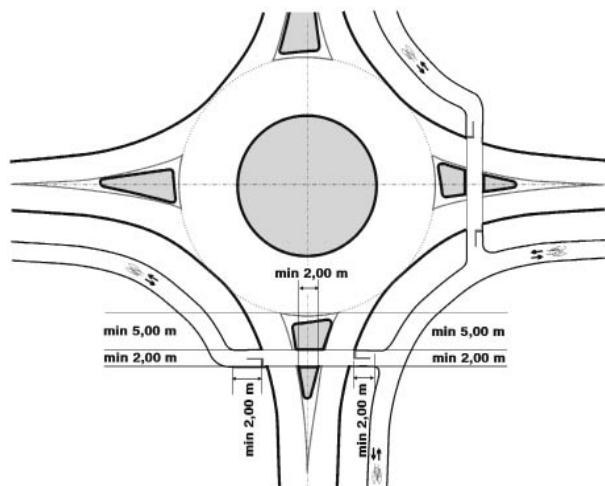


Слика 4-23: Стајалиште линијских аутобуса: а - иза и б - испред кружне раскрснице.

Пешачки прелази, у складу с тачком 4.5.3. овог прилога, минималне су ширине 2,00 м. Ако се ради о интензивнијем јавном приградском превозу (> 20 аутобуса/вршном часу укупно на раскрсници) примењује се одговарајући градски тип кружне раскрснице (поглавље 5 - Техничка упутства за пројектовање површинских раскрсница у градовима). Перони се изводе целом дужином стајалишта L (слика 4-23 овог прилога) са обавезном заштитом путника од временских услова и димензијама као на површинским раскрсницама са пресецањем саобраћајних струја (тачка 3.5.9. овог прилога).

4.5.3. Пешаци и бициклисти у зони кружне раскрснице

Пешаци и/или бициклисти се јављају само у посебним условима ванградских путева у приградском подручју и воде се изван коловоза с једне стране ванградског пута с минималном ширином од 2,50 м (2,25 м), па се и попречни прелази преко уливно/изливних трака кружне раскрснице такође обезбеђују једнострано (слика 4-24 овог прилога). Ако су интензивнији токови пешака и/или бициклиста (више од 100 пешака и/или бициклиста у вршном часу на било ком прелазу), примењује се одговарајући градски тип кружне раскрснице (поглавље 5 - Техничка упутства за пројектовање површинских раскрсница у градовима).



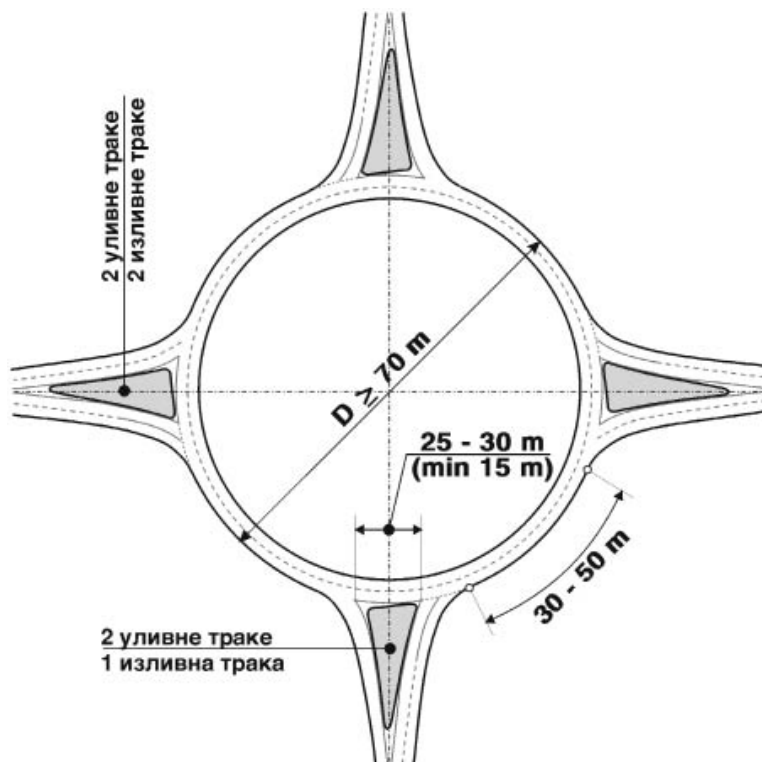
Слика 4-24: Пешачке и/или бицикличке стазе у подручју ванградске кружне раскрснице.

4.6. Кружне раскрснице великог пречника

Кружне раскрснице великог пречника ($D \geq 70 \text{ m}$) примењују се само на раскрсницама највиших функционалних рангова (ДП/ДП, евентуално ДП/ВП) или као саставни елемент денивелисане кружне раскрснице. Оне су увек четворокраке раскрснице. Возила у кружном току имају приоритет пролаза у односу на возила која се уливају.

4.6.1. Основни пројектни услови

Овај тип кружне раскрснице функционише с маневром преплитања на деоници кружног коловоза, за шта је неопходно обезбедити довољну чисту дужину (слика 4-25 овог прилога).



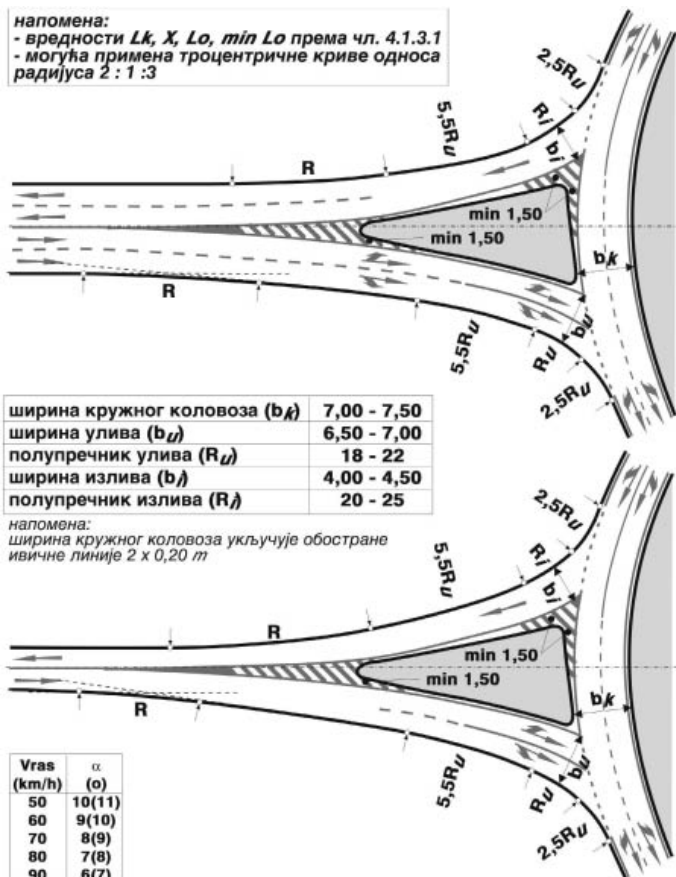
Слика 4-25: Основни пројектни услови за кружне раскрснице с преплитањем саобраћајних токова.

Број уливних трака било ког прикључног правца се ограничава на највише две, док су две возне траке кружног коловоза или са значајним саобраћајним оптерећењем највише три возне траке. Ширина возних трака кружног коловоза је 3,50-3,75 m; претходне ширине укључују и потребна проширења возних трака, као и ивичне линије од 0,20 m. Елементи нивелационог плана су као и на претходним типовима кружних раскрсница (тачка 4.2.4. овог прилога). Пројектна решења се проверавају као што је утврђено у поглављу 4.3. овог прилога.

Уливи и изливи се раздвајају и максимално усмеравају уз обезбеђење довољне дужине странице острва према кружном коловозу. Примењује се само једна возна трака за излив чиме се смањује вероватноћа конфликта у изливању из кружног тока и разврставају се саобраћајне струје на кружном коловозу. Две изливне возне траке примењују се у комбинацији са три возне траке на кружном коловозу када је могуће хоризонталном сигнализацијом усмерити изливне токове на крајњу десну возну траку кружног коловоза.

4.6.2. Пројектни елементи и обликовање улива и излива

Пројектни елементи и обликовање улива и излива дати су на слици 4-26 овог прилога, за прикључне правце са две и једном возном траком у основном профилу, и то за типско решење са једном изливном траком.



Слика 4-26: Пројектни елементи и обликовање улива и излива за кружне раскрснице са преплитањем саобраћајних токова.

5. САОБРАЋАЈНА И ПУТНА ОПРЕМА

5.1. Сигнализација

Хоризонтална, вертикална и путоказна сигнализација предмет су посебних Техничких упутстава у којима се једнозначно дефинишу стандардна решења за слободне деонице ванградских путева и раскрснице на њима (површинске и денивелисане). Због тога су у овим техничким упутствима само назначени елементи сигнализације који су у директној вези с грађевинским решењем појединачних површинских раскрсница (са пресецањем саобраћајних струја или кружних).

5.2. Осветљење

Површинске раскрснице на ванградској путној мрежи у принципу нису осветљене, осим ако нису у склопу денивелисаних раскрсница и/или објеката за комерцијалну експлоатацију. Ако се површинске раскрснице примењују у транзиционој зони између ванградских и градских деоница, параметри осветљења подлежу релевантној техничкој и законској регулативи за ту област. Ако се на површинској раскрсници налазе пешаци, бициклисти и јавни превоз, обавезно се она мора осветлити.

5.3. Остала путна опрема

Путна опрема, као што су: сигурносне ограде, смерокази и сл. подлежу релевантној техничкој и законској регулативи за ту област са основним циљем унапређења безбедности и проточности путног саобраћаја. Пројекат те опреме је саставни део пројектне документације, као што су то и пројекти одводњавања, пејзажног уређења и сл.