

1. ТРАСА ВАНГРАДСКИХ ПУТЕВА

Овај прилог, Техничка упутства за пројектовање ванградских путева, Траса, је конципиран као базни документ за димензионисање и проверу геометријских елемената пута за објекте новоградње, реконструкције и рехабилитације.

Упутства су организована у оквиру следећих поглавља:

- 1) Процес пројектовања;
- 2) Основе за пројектовање;
- 3) Прегледност;
- 4) Попречни профил;
- 5) Пројектни елементи ситуационог плана; 6) Пројектни елементи подужног профила; 7) Пројектни елементи попречног профила; 8) Просторно трасирање.

Вредности појединачних пројектних елемената ванградских путева дефинисаних у 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 контрадикторни 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.

Од утврђених вредности појединачних елемената може се одступити само ако се техничким и економским анализама докаже оправданост другачијег решења и ако се гарантује захтевани ниво безбедности, проточности и заштите животне средине, као и ако је утрошак инвестиционих средстава у складу с пројектним захватом.

У прилогу 3, Површинске раскрснице ванградских путева, и прилогу 4., Денивелисане раскрснице ванградских путева, дефинисани су сви неопходни параметри и елементи за целовит приступ процесу пројектовања ванградских путева за све нивое израде пројектне документације: од генералног пројекта, преко идејног и главног пројекта до архивског пројекта и студије пре и после, како за деонице новоградње, тако и за деонице на којима се предвиђају активности реконструкције или рехабилитације пута.

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

2. ПРОЦЕС ПРОЈЕКТОВАЊА

Изградња путева започиње много пре њихове физичке реализације кроз системски низ уређених поступака планирања и пројектовања. На слици 2-01 овог прилога дефинисане су основне активности изградње, одржавања и праћења стања у области путног инжењерства.

ТЕКУЋЕ КОНТРОЛЕ	ПРАЋЕЊЕ СТАЊА ПОСТОЈЕЋЕГ ПУТА (равност, трење, носивост, расположива прегледност, ...)
	ПРАЋЕЊЕ СТАЊА САОБРАЋАЈА НА ПУТУ (PGDS, Qmer, HY (LOS), незгоде - Ns, V _{50%} , V _{85%} ...)
	ПРАЋЕЊЕ УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ (бука, аерозагађење, вода, тло, фауна, флора, наслеђе, ...)
ОДРЖАВАЊЕ (путеви - П, аутопутеви - АП)	ФУНКЦИОНАЛНО ОДРЖАВАЊЕ ПУТА (зимско одржавање, летње одржавање, ...)
	ГРАЂЕВИНСКО ОДРЖАВАЊЕ ПУТА (рехабилитација) 1. обнова површине коловоза, 2. ојачање коловозне конструкције 3. унапређење пута у границама путног земљишта (све грађевинске активности, по правилу, у границама постојеће експропријације)
ИЗГРАДЊА (пројектовање, грађење) (путеви - П, аутопутеви - АП)	РЕКОНСТРУКЦИЈА ПУТНИХ ПОТЕЗА (ДЕОНИЦА) (промена постојећих граница експропријације)
	НОВОГРАДЊА ПУТНИХ ПОТЕЗА (ДЕОНИЦА) (нове границе експропријације)

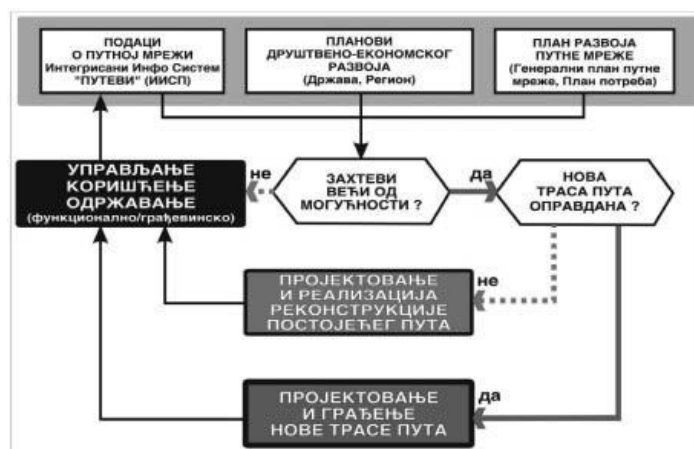
Слика 2-01: Основне активности у области путног инжењерства.

2.1. Фазе у изради пројектне документације

Процес пројектовања путева води се осмишљеним поступцима заснованим на максималном фонду информација о природним и стеченим ограничењима, постојећој просторној и физичкој структури пута, саобраћају (постојећем и прогнозираном) и другим релевантним параметрима како би се могла донети исправна

одлука о нивоу интервенција на путној мрежи: **реhabилитација, реконструкција** или **новоградња** (нова траса), (слика 2-02 овог прилога).

Централно место припада доношењу одлуке о томе да ли су будући захтеви већи од могућности постојећег пута (путне мреже). Процес мора бити документован и јаван како државним институцијама (министарствима, дирекцијама за путеве, јавним предузећима и сл.), тако и у стручној јавности и међу заинтересованим грађанима.



Слика 2-02: Алгоритам утврђивања потребних активности у пројектовању ванградских путева.

Да би процес пројектовања путева дао жељене ефекте, неопходно је доследно поштовати следеће принципе:

- 1) изостављање појединих фаза пројектовања или њихова формална израда доноси само маргиналне уштеде, уз висок степен вероватноће да се неће утврдити најбоље решење;
- 2) рационално и документовано одлучивање у свим фазама планирања/пројектовања засновано на поређењу и вредновању нумеричких показатеља варијантних решења;
- 3) одлагање кључних одлука за следећу фазу пројектовања у супротности је са основним законитостима процеса; свака фаза пројектовања има своје задатке, свој ниво и ширину разматрања;
- 4) полазне поставке сваке фазе, које су резултат закључака претходне, контролишу се и кроз повратну спрегу; мање измене полазних поставки су потребне и неопходне: ако су потпуно демантоване првом итерацијом испитивања, значи да претходна фаза планирања/пројектовања није дала одговарајуће резултате и да се морају проверити основе и начин доношења претходних одлука.

У технолошком погледу, у свакој фази постоји итеративни процес пројектовања који започиње интуитивним стварањем решења, наставља се аналитичком разрадом да би се процениле последице, а завршава повратним утицајем закључака анализе и синтезе на полазне поставке.

Пошто је основни циљ да се у свакој фази пројектовања (**генерални, идејни, главни, и извођачки пројекат**) утврди оптимално решење проблема, који по природи ствари припада тој фази, оптимизација решења је основно начело сваке фазе израде пројектне документације. Цео процес пројектовања представља, у ствари, оптимизацију по четири основне циљне функције: **минимум инвестиционих улагања (грађење + одржавање), максимална безбедност пута, максимална пропусна моћ, односно максимални позитивни ефекти за кориснике пута и минимум еколошких последица** (слика 2-03 овог прилога).

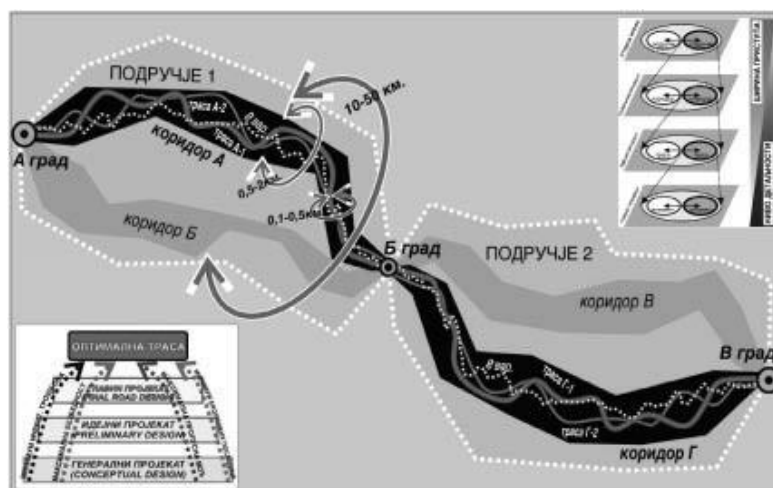
Један од основних циљева процеса пројектовања путева јесте избор оптималне локације путног правца (деонице) из чега проистичу суштинске карактеристике пута. Одредити локацију је кључни проблем у свим фазама планирања и пројектовања путева (слика 2-03 овог прилога).

У генералном пројекту потребно је одредити оптимални коридор на дефинисаном подручју, док се за идејни пројекат истражује и једнозначно дефинише оптимална траса у усвојеном оптималном коридору у претходној фази - генералном пројекту.

У главном и извођачком пројекту траса је фиксирана у апсолутном координатном систему ХоYZ, па се оптимизација своди на избор појединачних елемената и евентуална микро померања у простору; посебна пажња се посвећује избору оптималних метода и поступака грађења пута.

Сваку фазу пројектовања одређују два параметра: ширина приступа проблему и ниво детаљности анализа. Пошто је пројектовање путева вишеравански уређен процес у више равни, он у пуној мери захтева да се издвоје као најбитнији кораци стварање варијантних решења и њихово вредновање будући да се на основу тих активности доносе одлуке о преласку на нову раван (тј. у следећу фазу пројектовања) са степеном сигурности који је сразмеран квалитету спроведених истраживања. При том се издвајају два основна задатка:

- 1) одлука мора бити заснована на детаљним, непристрасним и поузданим параметрима;
- 2) одлука се верификује јавним и демократским одлучивањем будући да је пут јавно добро које се финансира из заједничких средстава.



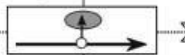
Слика 2-03: Избор оптималне локације зависно од фазе израде пројекта пута.

Посебан значај и специфичност утврђивања оптималне локације имају путеви који пролазе кроз насеље. Ванградски пут у подручју насеља има две основне функције:

- 1) обезбедити континуитет пролазних токова уз заштиту градских садржаја од негативних утицаја путног саобраћаја;
- 2) омогућити брзо и ефикасно вођење токова који имају циљ или извор у градском подручју.

Полазни услов подразумева једнозначно дефинисан став о релативном значају наведених функција истовремено водећи рачуна о хијерархијском нивоу насеља (локални, општински, регионални или главни центар) и функционалној врсти пута (приступни, сабирни, везни, даљински пут). Генерални приступ указује на две могућности: вођење ванградског пута кроз насеље (или његово увођење) или релативно независно вођење деонице ванградског пута у односу на насеље са индиректним или директним везама преко раскрсница. Треба поштовати општије односе приказане на слици 2-04 овог прилога.

Граница насеља одређена је границом планског документа који се по Закону израђује за градска насеља (Генерални урбанистички план). Деоница ванградског пута у подручју насеља одређена је стационажом пресека деонице пута и границе плана (слика 2-05 овог прилога).

центар становника	ЛОКАЛНИ < 5.000	ОПШТИНСКИ 5 000 - 20 000	РЕГИОНАЛНИ 20 000 - 100 000	ГЛАВНИ 100 000 - 300.000 > 300.000	
ПРИСТУПНИ ПУТ					
САБИРНИ ПУТ					
ВЕЗНИ ПУТ					
ДАЉИНСКИ ПУТ					
					
					
	деоница пута прилагођена потребама насеља		у посебним условима деоница пута прилагођена потребама насеља		

Слика 2-04: Однос хијерархијског нивоа насеља и функционалних врста ванградских путева.

Разликују се две врсте деоница:

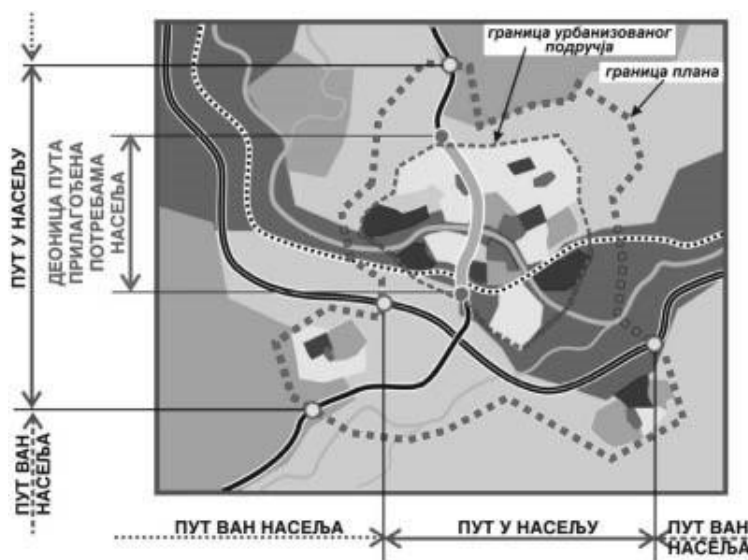
1) Деоница ванградског пута кроз подручје насеља која има доминантну функцију вођења пролазних токова и, преко раскрсница, повезивање насеља (изворни/циљни саобраћај) с ванградским путем. Такве деонице имају доминантну међуградску функцију и у надлежности су организације која управља ванградском мрежом. Оне се планирају и пројектују по правилима за ванградске путеве, с тим што се њихов положај у простору и број раскрсница усклађује с надлежним за развој предметног насеља. Воде се просторима у којима нема урбаних садржаја, а урбанистички развој се не ослања на њих нити угрожава њихову функцију у будућности. У планском документу њихов почетак и крај се одређују стационажом пресека с границама плана. Та врста деоница је доминантна у вишим категоријама путева (даљински и везни путеви), зависно од величине насеља (слика 2-04 овог прилога).

2) Деонице ванградског пута прилагођене потребама насеља (нпр. шири коловози, трасе и станице јавног превоза, бициклисти, пешаци, паркирање, светлосна сигнализација итд.) одређене су стационажама почетка и краја, односно, стационажама пресека деонице с планираним границама континуално урбанизованог подручја (грађевински рејон). Те деонице имају доминантну градску функцију, с тим што захтеви пролазних токова морају бити присутни у њеном обликовању. Планирање и пројектовање таквих деоница мора бити у складу с правилима која важе за градску путну мрежу, уз обавезу сагласности надлежних за управљање ванградском путном мрежом којој деоница припада. Такве деонице су карактеристичне за међуградске путеве

који се воде (или уводе) кроз насеље, односно, поред тога што пропуштају пролазне токове имају и функцију у градским кретањима и активностима. Та врста деоница је карактеристична за ниже функционалне врсте путева (локални и сабирни) док у путевима више категорије зависи од величине насеља (слика 2-04 овог прилога).

Принцип поделе трошкова везује се за дефинисане услове и потребе функционисања пута у насељеном месту у односу на функционисање тог истог пута ван насеља, а дефинисан је у Закону о јавним путевима.

Сагласно наведеном утврђују се и одговарајуће обавезе и права општина, односно, града за послове развоја, планирања, пројектовања, изградње, реконструкције, одржавања, заштите, коришћења и управљања деоницама тих путева са измењеним елементима, објектима и опремом прилагођене потребама насеља.



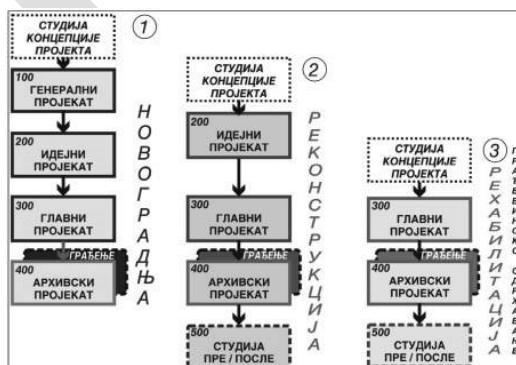
Слика 2-05: Принципи утврђивања деоница пута у насељу и ван насеља.

Процес пројектовања путева се мора водити по строго дефинисаним процедурама зависно од врсте и нивоа инвестиције - новоградња, реконструкција или рехабилитација (грађевинско одржавање), што је приказано на слици 2-06 овог прилога.

Када је у питању новоградња, процес започиње израдом **Студије концепције пројекта**, дефинисањем програмских услова и пројектног задатка за израду генералног пројекта и обухвата генерални, идејни, главни и извођачки пројекат, као и архивски пројекат, који се реализује током грађења пута. Свакој фази пројектовања претходи одговарајући пројектни задатак с прецизно утврђеним активностима и захтевима у погледу његове реализације.

Код реконструкције путних потеза/деоница (слика 2-06 овог прилога) процес почиње израдом идејног пројекта, при чему се мора имати у виду то да се реконструкција обавља у оквиру постојећег путног коридора. Идејни пројекат израђује се на основу програмских услова и пројектног задатка проистеклог на основу **студије концепције пројекта** и утврђених приоритета реконструкције на путној мрежи.

Специфичност процеса реконструкције, као и процеса пројектовања рехабилитације путева јесте **студија пре/после** којом се утврђују ефекти предузетих мера (безбедност, ниво услуге, заштита животне средине) и оправдавају утрешена финансијска средства. Израда главног (евентуално и извођачког) и архивског пројекта одвија се по сличној процедури као и за новоградњу путних потеза уз претходно дефинисане пројектне задатке за сваку појединачну фазу.



Слика 2-06: Кораци у планирању и пројектовању путева зависно од врсте захвата и нивоа инвестиције. Пројектовање рехабилитације (грађевинско одржавање пута) обухвата активности на изради главног пројекта, евентуално извођачког, архивског и студије пре/после. Главни пројекат се израђује у две фазе. У првој се анализира постојеће стање и утврђује ниво рехабилитације, а у другој се за дефинисан ниво рехабилитације формира главни пројекат са осталим пратећим пројектима. Као и за реконструкцију, основа за израду главног

пројекта су програмски услови и пројектни задатак проистекли на основу **студије концепције пројекта** за путну мрежу или њене функционалне целине.

На слици 2-07 и 2-08 овог прилога приказане су алгоритамске структуре пројектовања путева ван насеља (новоградња) садржајно и временски усаглашене с планирањем простора, односно, урбанистичким планирањем.

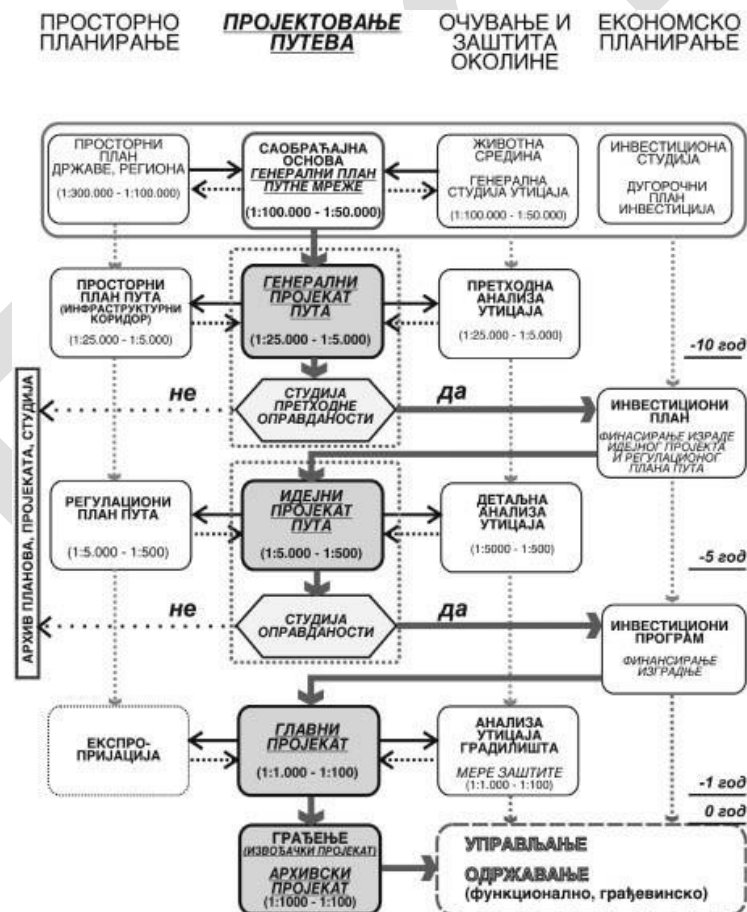
Временска одредница појединих фаза планирања/пројектовања, изражена као број година пре изградње пута када се комплетира документација, у суштини одражава основну карактеристику саобраћајне основе подручја, тј. представља просторни оквир развоја.

Јака међузависност путне мреже и просторног развоја захтева усклађену и правовремену израду пројектне документације путева, при чему треба имати у виду чињеницу да се **пут у суштини гради много пре његове физичке реализације и да треба очувати простор и обликовати садржаје, тако да се избегне конфликт између пута и околних садржаја!**

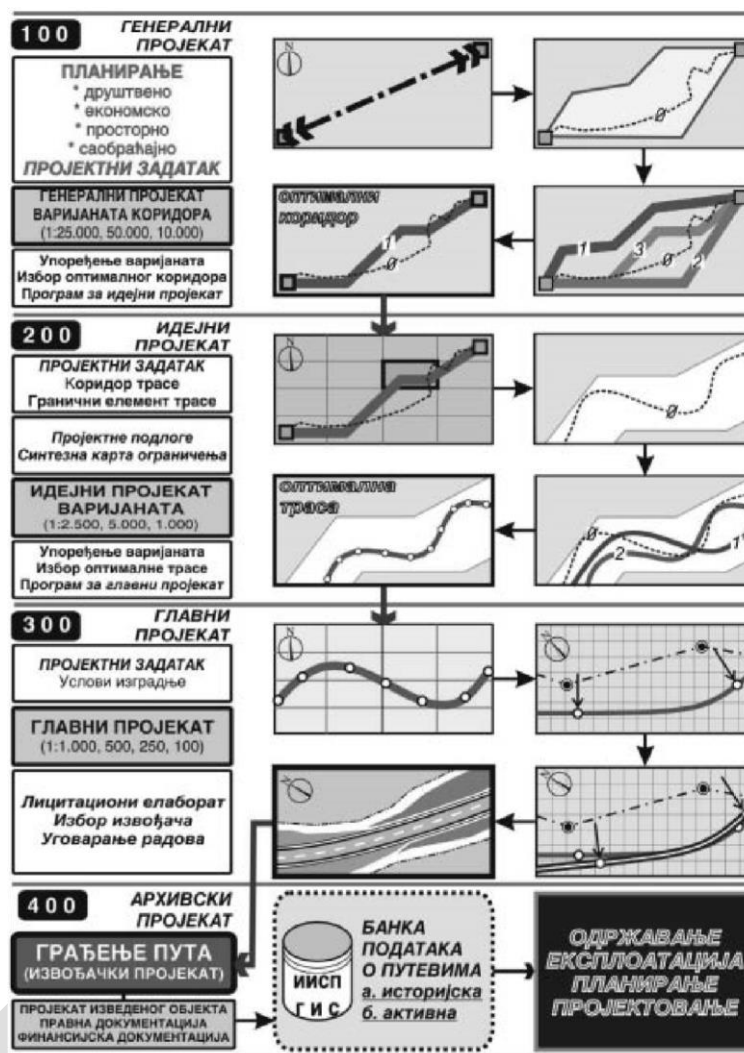
Структура процеса пројектовања путева је хијерархијски уређена и представља вишеравански процес који почиње израдом генералног пројекта, а наставља се идејним, главним, (извођачким) и архивским пројектом.

Генерални пројекат је функционално-техничка провера планерских разматрања као основа регионалног и државног плана просторног развоја. Непосредни програмски услови за формирање пројектног задатка за израду генералног пројекта дефинишу се на основу генералног плана путне мреже државе (региона). Траса (коридор) у генералном пројекту разматра се с гледишта просторних могућности и ограничења, а сви показатељи добијени геометријским, возно динамичким, саобраћајним, еколошким и економским анализама укључују се у процес вредновања да би се изабрао **оптимални коридор**. У тој фази морају се донети и начелне одлуке о етапности грађења, условима експлоатација (слободно или комерцијално), локацији и концепцији раскрсница, систему коловозне конструкције (флексибилна или крута), рачунској брзини деоница и сл.

Основна размера генералног пројекта за путеве ван насеља је 1 : 25.000 (10.000), односно за путеве у насељу 1 : 5.000 (2.500).



Слика 2-07: Алгоритам процеса пројектовања путева и везе с просторним планирањем, заштитом животне средине и економским планирањем.



Слика 2-08: Алгоритам процеса пројектовања ванградских путева (новоградња).

Основни плански документ који кореспондира генералном пројекту је, за путеве ван насеља Просторни план пута, као део ширих планских докумената у просторном плану инфраструктурног коридора, односно Генерални план мреже инфраструктуре за путеве у насељу. Претходном студијом оправданости утврђује се подобност пута за реализацију и њени ефекти.

Захтевана тачност за генерални пројекат је $\pm 20\%$.

Идејни пројекат је истраживачка фаза у којој се једнозначно дефинише траса пута, раскрснице (површинске и/или денивелисане) и сви путни објекти при конкретним условима ограничења. Програмске услове за идејни пројекат чине закључци рада на генералном пројекту и одговарајућим планским документима - просторни план пута, односно генерални план мреже инфраструктуре.

Идејном пројекту се, у оквиру оптималног коридора, детаљно трасирају варијанте са циљем избора **оптималне трасе**. На основу детаљних техничких решења прорачунавају се показатељи вредности сваке разматране варијанте према унапред дефинисаним циљевима и критеријумима, а применом метода вредновања, документовано утврђује оптимално решење трасе будућег пута. Основна размера идејног пројекта за путеве ван насеља је 1 : 2.500 (5.000, 1.000), односно за путеве у насељу 1 : 1.000 (500).

Део идејног пројекта су пратећи пројекти за изабрану трасу (путни објекти, пратећи садржаји, експропријација, саобраћајна и грађевинска опрема, техничке мере заштите животне средине и др.).

Плански документ који кореспондира идејном пројекту за путеве ван насеља је регулациони план пута, односно регулациони план примарне саобраћајнице за путеве у насељу. Коначна одлука о грађењу пута доноси се на основу студије оправданости.

Захтевана тачност за идејни пројекат је $\pm 10\%$.

Главни пројекат обухвата детаљну инжењерску разраду свих елемената пута и путних објеката (мостови, тунели, потпорне и заштитне конструкције и сл.) неопходних за физичку реализацију пута у реалном простору. Тај пројекат обухвата и сложено разрешење инфраструктурних система у зони захвата радова, оптимизацију метода и поступака грађења, одводњавање површинских, прибрежних и подземних вода, разраду изворишта материјала, уређење простора у зони пута, саобраћајну и грађевинску опрему, пратеће садржаје (функционалне и за потребе корисника), експропријацију и др. У тој фази пројектовања дефинише се прецизан предмер и

предрачун радова који ће послужити за лицитациону процедуру и реализацију радова, сагласно законској регулативи. Главни пројекат се израђује на основу детаљних геотехничких, хидротехничких, геодетских и саобраћајних снимања и података. У тој фази рада могу се вршити само микро померања основне трасе из идејног пројекта са циљем оптимизације радова. Део главног пројекта чине и спецификације за извођење свих врста радова. Основна размера главног пројекта за путеве ван насеља је 1 : 1.000 (500), односно за путеве у насељу 1 : 500 (250).

У одређеним ситуацијама израђује се тзв. **извођачки пројекат** током реализације самог објекта у циљу унапређења технолошких поступака и рационализације метода грађења.

Захтевана тачност за главни пројекат је $\pm 3 \%$.

Архивски пројекат, који садржи пројекат изведеног објекта, служи за коначни обрачун изведених радова, представља подлогу за планско и рационално експлоатацију и одржавање пута и чини поуздану основу за даље планерске и/или пројектантске активности у подручју изведеног објекта. Тим пројектом морају бити обухваћени сви подаци о изведеном објекту у границама појаса експропријације (**правна, финансијска и техничка документација**) закључно с техничким пријемом објекта - подаци о тзв. нултом стању објекта. Наведени подаци се складиште у интегрисани информациони систем "Путеви" надлежног јавног предузећа за путеве. Подаци се организују у две глобалне базе података - **историјска** и **активна** - у складу с даљим начином коришћења. Посебно је значајно да се архивски пројекат израђује по јединственом концепту (методолошком и технолошком) за целу путну мрежу државе да би се на конзистентан начин могао укључити у национални гео-информациони систем.

2.2. Управљање пројектовањем путева

Управљање пројектовањем путева представља веома сложен задатак коме је основни циљ успешно реализовање свих активности од генералног пројекта до избора најповољнијег понуђача за изградњу пута и уговарања радова. За извршење тих задатака у савременој пракси се, за разлику од интуитивног приступа, широко примењује аналитички приступ управљању пројектом "Design Management" за који је развијена и одговарајућа методолошка и технолошка основа. Процес управљања пројектовањем може се разматрати са два становишта: са **становишта инвеститора** и са **становишта пројектанта**. Иако је реч о другачијим правима и обавезама, чињеница је да је потпуно дефинисан и ефикасан систем управљања издром пројектне документације у обостраном интересу. При том ваља нагласити да је предуслов за ефикасност реализације сваког појединачног пројекта доследна примена стандардне методологије планирања/пројектовања путева, као и стручни и морални квалитети свих актера тог процеса.

За успешну реализацију инвестиционих пројеката неопходно је једнозначно дефинисати процедуре и поступке, од почетних програмских услова и пројектног задатка за израду генералног пројекта до складиштења података о изведеном путу у интегрисан информациони систем "Путеви". Кључну улогу у том процесу има формирање тзв. **структурних дијаграма** у којима се на нивоу дводимензионалне или вишедимензионалне матричне форме сагледавају све активности поједине фазе рада (нпр. генералног пројекта) у временском и функционалном поретку (слика 2-09 овог прилога).

Тако се омогућава: јасно сагледавање процеса израде пројектне документације, једнозначно разграничење права и обавеза свих учесника (првенствено инвеститора и пројектаната) у процесу, дефинисање неопходног нивоа и смерова размене информација између појединачних активности и целих процеса, активно управљање и континуална контрола тока процеса, како интерна (пројектни тим) тако и екстерна (инвеститор), оптимизација расположивих ресурса (кадрови, опрема, финансије) од стране пројектних организација сагласно уговорним обавезама са инвеститором. Свака фаза пројектовања дефинише се кроз три конзистентно усаглашена параметра: **структурни дијаграм пројекта, опис активности и садржај пројекта**.

Пројектним задатком, за сваку фазу израде пројектне документације, дефинишу се сви релевантни параметри и програмски услови и он представља основу облигационих односа инвеститор-пројектант и кључни је документ за успешну реализацију појединих фаза израде пројекта.

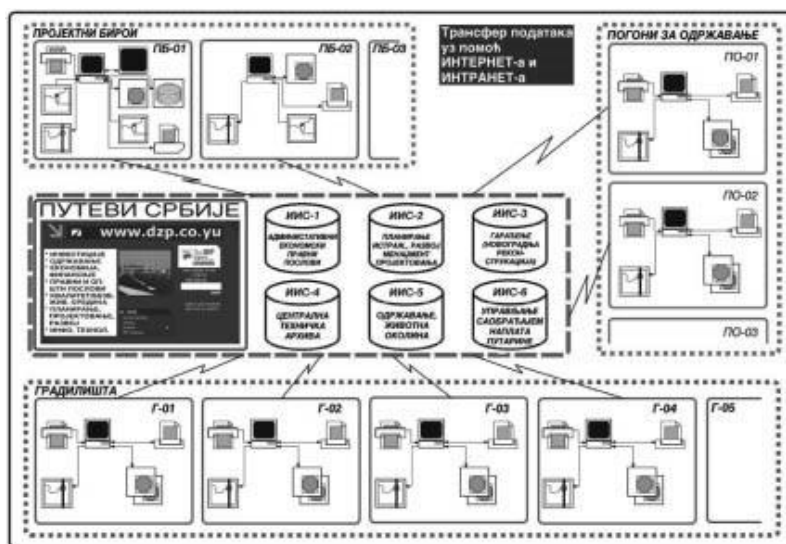


Слика 2-09: Генерални приказ структуре процеса пројектовања путева.

Успешно функционисање целокупног система путне мреже директно зависи од (слика 2-10 овог прилога) ефикасне размене и коришћења релевантних информација на нивоу инвеститор (Јавно предузеће за путеве Србије), пројектни бирои, градилишта, погони за функционално и грађевинско одржавање пута.

Пресудну улогу у томе има интегрисани информациони систем "Путеви". За успешну реализацију сложених задатака газдовања путном мрежом, неопходно је да тај систем испуни и следеће задатке: да омогући припрему и праћење свих активности (на једном или више инвестиционих објеката) и с техничког и с финансијског становишта, да обезбеди релевантне базне информације за планирање и пројектовање, да обезбеди ажурно вођење, брз приступ и дистрибуцију података зависно од потреба и задатака развоја, управљања, изградње и одржавања путне мреже.

Ефикасно управљање процесом планирања и пројектовања путева зависи пре свега од активне улоге инвеститора у свим фазама израде планске и пројектне документације у континуалној стручној ревизији (**квалитет решења, време, финансије**) у циљу правовременог и аргументованог доношења одлука.



Слика 2-10: Токови информација у систему пројектни бирои - Јавно предузеће за путеве Србије - градилишта - погони одржавања.

3. ОСНОВЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ

3.1. Класификација путева

Основна класификација, која је веома значајна за пројектовање путева, јесте функционална класификација (слика 3-01 овог прилога) и детаљно је обрађена у прилогу 1, Функционална класификација ванградских путева.

ВРСТА ПУТА	ТИП ПУТА	ФУНКЦИЈА			
		ОПШТИНАСКО	САБИРАЊЕ	ПОВЕЗИВАЊЕ	ДАЉИНСКО
ПРИСТУПНИ ПУТ (ПП)	ПП-л	●	○	○	○
САБИРНИ ПУТ (СП)	СП-л	○	●	○	○
ВЕЗНИ ПУТ (ВП)	ВП-р	○	○	●	○
ДАЉИНСКИ ПУТ (ДП)	ДП-м	○	○	○	●
	ДП-д	○	○	○	○

● ГЛАВНА ФУНКЦИЈА ○ СПОРЕДНА ФУНКЦИЈА ○ САМО ИЗУЗЕТНО

ОПШТИНСКИ ПУТЕВИ
 ДРЖАВНИ ПУТЕВИ II РЕДА
 ДРЖАВНИ ПУТЕВИ I РЕДА

Слика 3-01: Генерална веза категорија путева према административној и функционалној класификацији.

У студији концепције пројекта ради дефинисања програмских услова и формирања пројектног задатка једнозначно се утврђује тип пута и карактер терена да би се могли дефинисати полазни возно динамички параметри: основна брзина (V_0) и рачунска брзина (V_r), односно рачунска брзина деонице (V_{ri}) која је предмет пројектних анализа.

Да би се прелиминарно одредио карактер терена, користе се показатељи приказани у табели 3-01 овог прилога.

Табела 3-01: Показатељи за прелиминарно дефинисање карактера терена.

Релативна висинска разлика	равничарски	брдовит	планински
на 1.000 m одстојања	$\leq 50 \text{ m}$	50-150 m	$\geq 150 \text{ m}$
нагиб падина	$\leq 1:10$	1:10 - 1:2	$\geq 1:2$

Коначно утврђивање карактера терена дуж трасе и подела на карактеристичне деонице резултат је израде генералног пројекта пута.

Поред функционалне класификације и административне категоризације јавних путева, значајне су и класификације према врсти саобраћаја (за саобраћај моторних возила (аутопутеви и путеви резервисани за саобраћај моторних возила) као и путеви за мешовит саобраћај) и класификација према карактеру саобраћајних токова.

Те класификације су важне за дефинисање једнозначних функционалних и техничких параметара одређене деонице пута у процесу израде пројектног задатка, као завршног документа студије концепције пројекта, било да се ради о новоградњи, реконструкцији или рехабилитацији.

3.2. Саобраћајно оптерећење

Саобраћајно оптерећење, неопходно за процес пројектовања јавних путева, односи се на временски пресек у будућности, па дефинисани плански период зависи од функционалног типа пута (даљински, везни, сабирни, приступни) и врсте и обима грађевинских интервенција (новоградња, реконструкција, рехабилитација).

3.3. Меродавне брзине

Основни параметри у пројектовању путева су брзина и проток на основу којих се дефинишу и димензионишу елементи попречног профила, ситуационог плана и подужног профила. Истовремено, они су и доминантан показатељ пројектних остварења и базни критеријуми за процес вредновања варијантних решења.

У вознодинамичком смислу могуће је проток изразити помоћу брзине, односно дефинисањем полазне вредности брзине, тзв. **основне брзине** - **Vo** па се успоставља веза између планерских захтева и пројектних елемената пута, односно друштвених захтева и могућности њихове реализације у функцији просторних ограничења.

3.3.1. Основна брзина - Vo

Основна брзина - **Vo**, полазни је програмски параметар који показује ниво услуге одређеног путног правца при меродавном саобраћајном оптерећењу - **Q_{mer}**. Основна брзина - **Vo** приближно једнака средњој брзини саобраћајног тока, па када се дефинише основна брзина, истовремено се дефинише и дозвољено саобраћајно оптерећење - **Q_d**, при коме је **Vo** реално остварљива.

У табели 3-02 овог прилога, односно на слици 3-02 овог прилога дате су вредности основне брзине - **Vo** у функцији ранга пута (функционална класификација) и макропоказатеља просторних ограничења - топографије терена.

Табела 3-02: Вредности основне брзине (Vo).

Врста пута	Карактеристике на тере		
	равничарски	брдовит	планински
даљински	100	80	60
везни	80	70	50
сабирни	60	50	40
приступни	50	40	30

3.3.2. Рачунска брзина - Vr

Рачунска брзина - **Vr** усвојена је теоријска вредност која служи за прорачун граничних геометријских елемената који се могу применити у пројектовању путева. Њоме се практично одређује доња граница пројектних елемената у најсложенијим теренским условима одређеног пута. Тиме се индиректно изражава колики је прихватљив обим инвестиционих улагања.

Рачунска брзина зависи од програмиране основне брзине - **Vo**, а истовремено има значење највеће безбедне брзине возила у слободном саобраћајном току у најоштријим условима пута.

Вредности рачунске брзине у функцији ранга пута и услова терена дате су у табели 3-03 овог прилога, односно приказане су на слици 3-02 овог прилога.

Табела 3-03: Вредности рачунске брзине (Vr).

Врста пута	Карактеристике на тере
------------	------------------------

	равничарски	брдовит	планински
даљински	130*	100	80
везни	100	80	70
сабирни	80	60	50
приступни	60	50	40

*) за двотрачне и вишетрачне путеве $V_r \leq 100 \text{ km/h}$.

Дефинисана рачунска брзина меродавна је за утврђивање најстрожих геометријских елемената. Они ће бити примењени само на критичним одсечима, где би комфорнији елементи изазвали неприхватљиве инвестиционе трошкове. На осталим одсечима најчешће ће постојати могућност примене повољнијих елемената који пружају могућност за остварење већих брзина од рачунске. Пошто повољнији елементи најчешће повлаче за собом и већа инвестициона улагања, суштински задатак пројектанта је да из односа **ефекти - трошкови** оцени реалну границу прекорачења V_r .

У том смислу, за горњу границу рачунске брзине - **maxV_r** утврђују се вредности дате у табели 3-04 овог прилога.

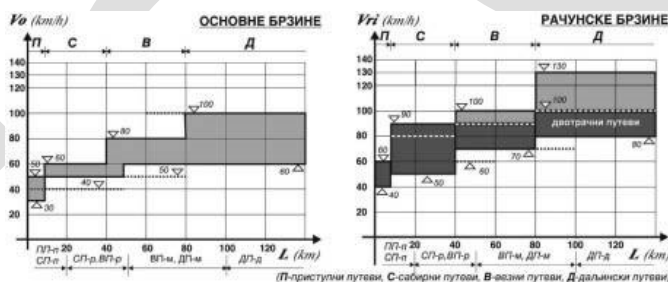
Табела 3-04: Максималне вредности рачунске брзине.

Врста пута	Даљински	Везни	Сабирни	Приступни
maxV_r	140(120)*	120(100)*	100-80	80-60

*) вредности за двотрачне, односно вишетрачне (међупрофили) путеве.

Максимална брзина на правцу једнака је **maxV_r**, односно **V_{ri}+20**. Вредност **V_{ri}+20**, компарише се са **maxV_r** уз услов да се не прекораче вредности дате у табели 3-04 овог прилога. У пројектима рехабилитације вредност **maxV_r** може бити везана за вредност максималне дозвољене брзине, односно брзине која обезбеђује хомогену несигурност трасе при условима њене геометријске имперфекције.

У одређивању рачунске брзине битан фактор је карактер терена. Рачунска брзина деонице са једнаким карактеристикама терена - **B_{ri}** одређује се кроз процес израде генералног пројекта и представља основни програмски параметар за израду идејног пројекта пута.



Слика 3-02: Приказ основне (V_0) и рачунске (V_r) брзине зависно од функционалне класификације ванградских путева и услова ограничења.

Минимална дужина деонице са константном вредношћу рачунске брзине је 20 - 30 km, а у изузетним случајевима $\geq 5 \text{ km}$.

На двотрачним путевима, наведене брзине могу се постићи само ако је на путу у задовољавајућој мери остварена претицајна прегледност. Тај услов исказује се процентуалном дужином деоница на којима је могуће претицање (поглавље 4. овог прилога, Прегледност).

3.3.3. Пројектна брзина - V_p

Пројектна брзина - **V_p** је теоријска вредност брзине меродавна за димензионисање одређеног елемента пута, саобраћајне и грађевинске опреме, као и за вредновање варијантних решења ако је сигурна и удобна вожња у слободном саобраћајном току. Та брзина се одређује на основу геометријских карактеристика трасе у плану и профилу, при чему је геометрија елемента меродавни фактор безбедности и удобности вожње.

Пројектна брзина - **V_p** се одређује као последица и мора се налазити у следећем распону: **V_{ri} ≤ V_p ≤ maxV_r**.

У одређеним анализама везаним за пројектовање саобраћајне и грађевинске опреме максимална рачунска брзина представља брзину ограничења за дату категорију пута, на основу Закона о безбедности саобраћаја.

Алгоритам формирања меродавних брзина у пројектовању путева приказан је на слици 3-03 овог прилога, док је општи приказ профила пројектне брзине са осталим меродавним брзинама дат на слици 3-04 овог прилога.

Конструкција профила пројектне брзине спроводи се на основу дефинисаних законитости:

1. пројектна брзина - радијус хоризонталне кривине (**V_{p-R}**);
2. пројектна брзина - подужни нагиб (**V_{p-iN}**);

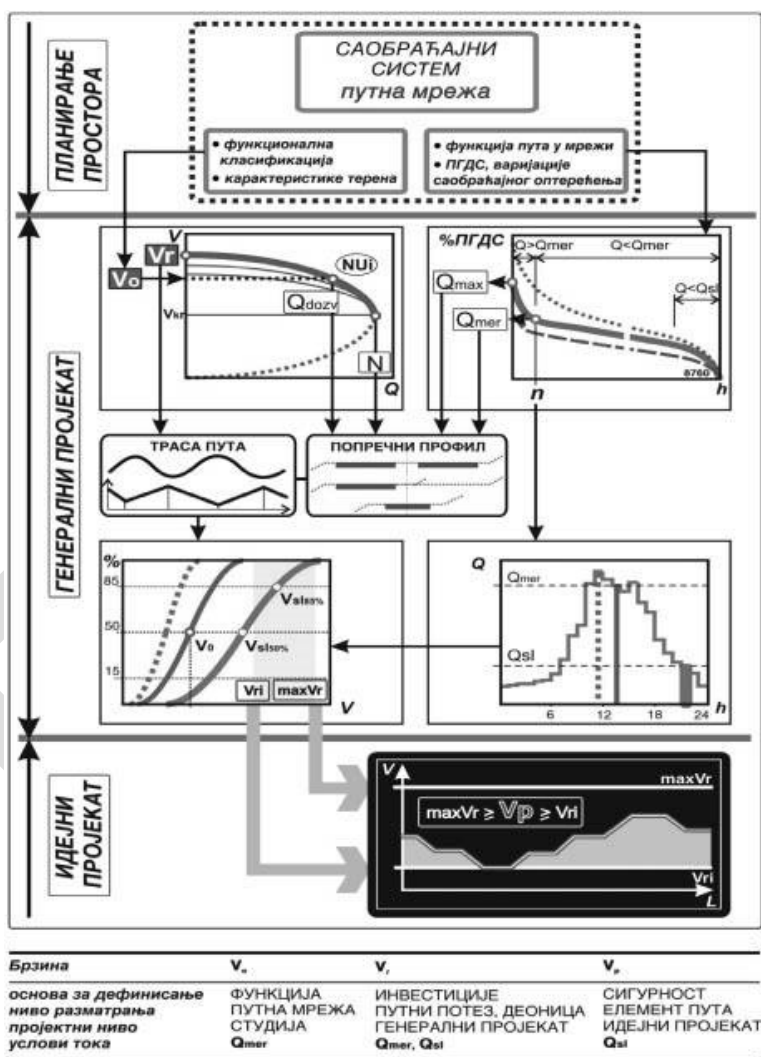
3. модела вожње којим се апроксимира варијација брзина у слободном саобраћајном току (убрзање/успорење) у функцији елемената ситуационог плана и подужног профила.

Детаљна анализа пројектне брзине спроводи се током процеса израде идејног и главног пројекта пута.

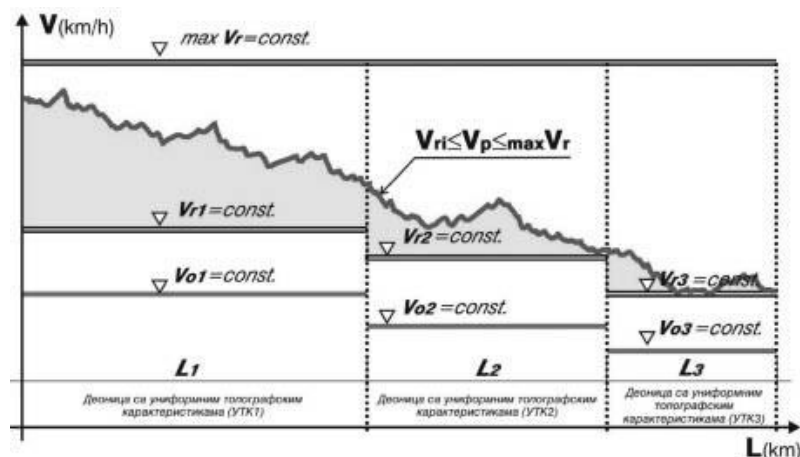
На основу резултујућег профила пројектне брзине:

- димензионишу се и проверавају пројектни елементи пута;
- димензионишу се и проверавају пројектни елементи пута у функцији захтеване прегледности - Pzp ;
- динамички се усклађују суседни пројектни елементи (DV_{i-1}) и хомогенизују трасе пута (средња пројектна брзина - V_{psr} , стандардно одступање - s и коефицијент динамичке хомогености трасе пута - Dh);
- пројектују се саобраћајна и грађевинска опрема пута;
- пореде се варијантна решења траса и одређује (прогнозира) степен несигурности будућег путног правца.

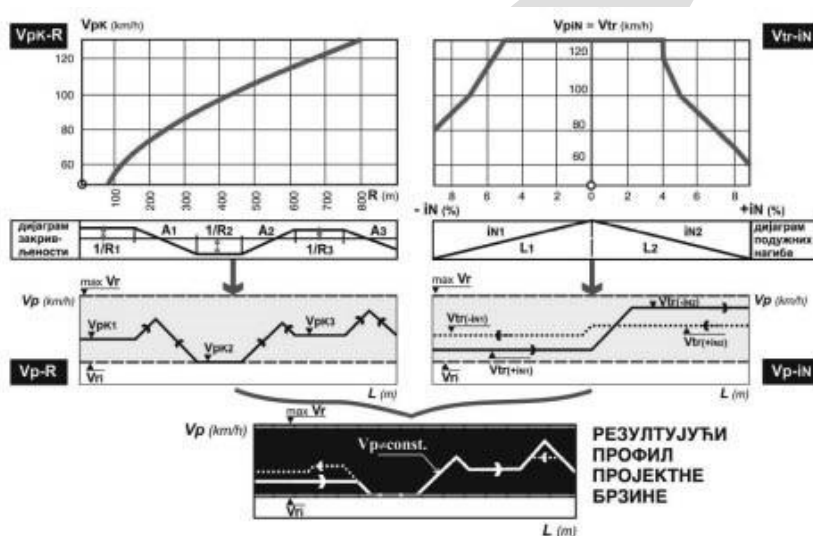
На слици 3-05 овог прилога приказана је конструкција резултујућег профила пројектне брзине за модел вожње са константним и једнаким вредностима убрзања и успорења, односно $a=d=0,8 \text{ m/sec}^2$.



Слика 3-03: Алгоритам формирања меродавних брзина.



Слика 3-04: Општи приказ профила пројектне брзине.



Слика 3-05: Конструкција резултујућег профила пројектне брзине.

3.4. Мередавни параметри возача, возила и пута

3.4.1. Возач

3.4.1.1. Видно поље и мередавне визуре

а) Исоштрана визура прегледности - P_i ;

Исоштрана визура прегледности везује се за дубину прилагођавања ока возача у слободном саобраћајном току и представља дужину која обезбеђује да се у временском интервалу 10-12 секунди донесе одлука о предстојећем маневру и безбедно спроведе. Одређује се на основу израза:

$$P_i = 3V \text{ (m)}, \text{ где је брзина } V \text{ дата у km/h.}$$

Визура која значајно премашује дужину зауставне прегледности користи се у анализи маневара у слободном саобраћајном току, успостављању складних просторних односа у трасирању, као и у пројектовању денивелисаних и површинских раскрсница.

б) Слободна визура прегледности - P_s ;

Слободна визура прегледности представља основу за оптичку анализу траса ванградских путева, а примењује се и у пројектовању и оптичким анализама денивелисаних раскрсница. Одређује се на основу израза:

$$P_s = 6V \text{ (m)}, \text{ где је брзина } V \text{ дата у km/h.}$$

в) Највећа дубина видног поља;

Највећа дубина видног поља, односно крајње тачке усмерене визуре возача, при којој се (под стандардним условима видљивости) могу разазнати контуре возила на путу износи од 1,5 до 2,0 km. г) Минимални угао перцепције;

Минимални угао перцепције дефинисан је физиолошким карактеристикама ока и износи $\tau = 3^\circ$.

д) Мередавна позиција ока возача;

За различите анализе прегледности које се спроводе у току процеса пројектовања путева меродавна висина ока возача (путничко возило) је $h_v = 1,10 \text{ m}$, а висина непокретне сметње $h_s = 0,10 \text{ m}$.

Положај ока возача на возној траци утврђује се на $b_v = 1,50 \text{ m}$ мерено од ивичне траке ка средини возне траке.

3.4.1.2. Реакција возача

Процес реаговања возача на тренутно настале ситуације састоји се из: перцепције, идентификације, процене и спровођења одлуке и за потребе пројектних анализа утврђује се на $t_r = 2 \text{ sec}$. У току трајања реакције, возило пређе пут: $L_r = 0,556 V \text{ (m)}$, где је брзина V дата у km/h .

3.4.1.3. Физиолошка ограничења

Вредности физиолошких параметара дефинисане су величином **убрзања** (m/sec^2) и **трзаја** (m/sec^3) у нормалном (бочном) и тангенцијалном смеру. Дефинисан је распон примењивих вредности од пражних (минималних) до удобних које неће проузроковати непожељне и опасне повреде при стандардним маневрима у вожњи. Пројектни елементи пута (гранични елементи плана и профила) димензионишу се за убрзања у распону од $u_T = 4,5$ до $u_T = 2,7 \text{ m/sec}^2$, односно $u_N = 2,2$ до $u_N = 1,0 \text{ m/sec}^2$ за распон брзина 40-130 km/h .

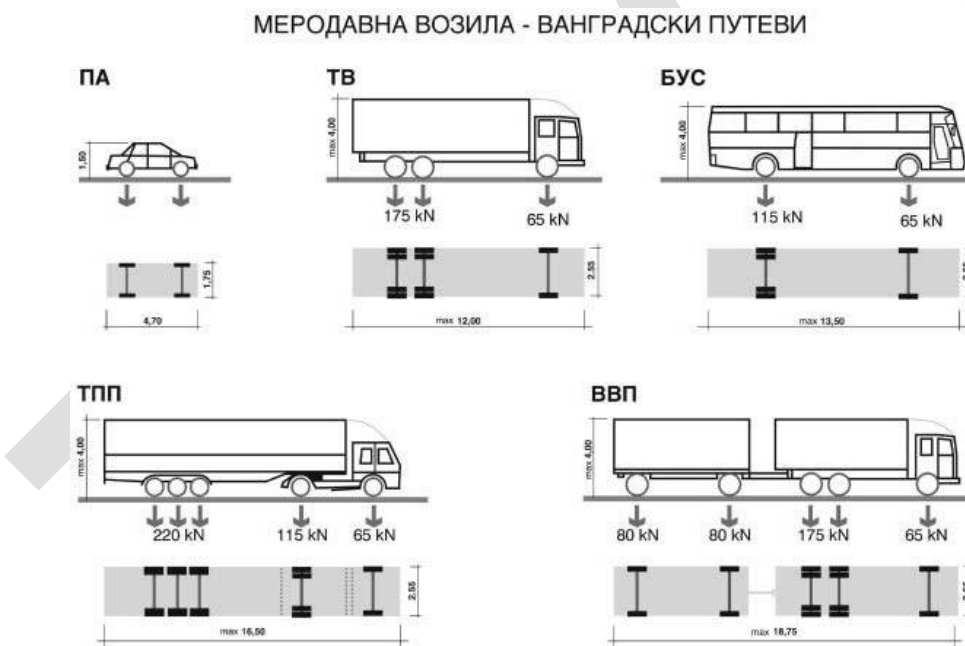
Празна вредност $u_{Nmin} = 0,5 \text{ m/sec}^2$ користи се код димензионисања минималног радијуса хоризонталне кривине са контра нагибом ($i_{pk} = - 2,5 \%$).

Вредности нормалне (бочне) компоненте трзаја дефинисане су у распону $s_N = 0,8-0,3 \text{ m/sec}^3$, за распон брзина $V = 40-130 \text{ km/h}$.

3.4.2. Меродавна возила

Статички и динамички параметри (габарит, вучно-брзинске карактеристике) меродавних возила (путничких и теретних) основа су за обликовање саобраћајног простора и димензионисање путних елемената.

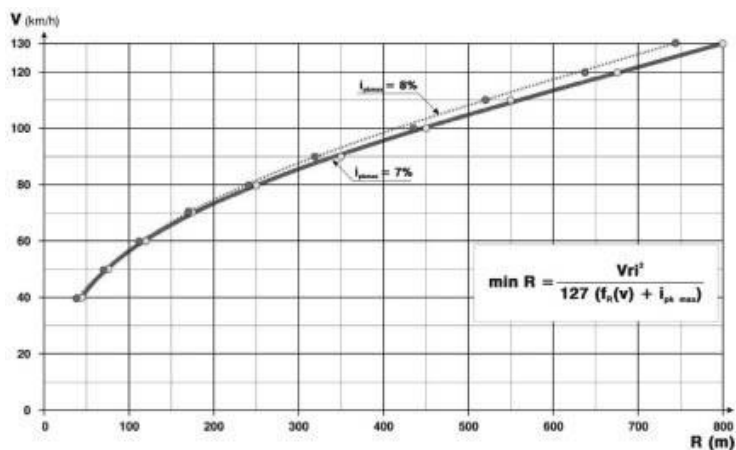
Меродавни параметри статичког габарита карактеристичних представника моторних возила на ванградској путној мрежи приказани су на слици 3-06 овог правилника, у складу са Правилником о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима.



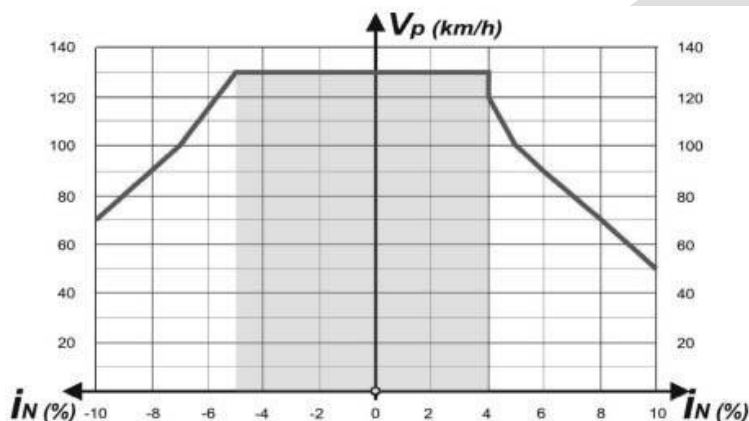
Слика 3-06: Карактеристичне габаритне мере меродавних возила.

3.4.2.1. Возно динамички параметри меродавног путничког возила

За анализе са становишта безбедности и удобности вожње примењују се вредности пројектне брзине у функцији радијуса хоризонталних кривина и подужних нагиба дате на слици 3-07 и 3-08 овог прилога.



Слика 3-07: Теоријска зависност пројектне брзине од радијуса хоризонталне кривине.



Слика 3-08: Теоријска зависност пројектне брзине од подужног нагиба.

За конструкцију профила пројектне брзине користе се напред наведене зависности у подручјима с константним брзинама [кружне кривине, подужни нагиби (успони, падови)], док се за подручја прилагођавања брзина (убрзања, успорења) утврђују вредности убрзања и успорења:

$$a = d = 0,8 \text{ m/sec}^2.$$

Један од услова безбедности вожње је да дужина расположиве прегледности (Pr), односно дужина захтеване прегледности (Pzp) треба да буде већа или једнака дужини пута успорења (X_d) тј: $Pr (Pzp) \geq X_d$.

На слици 3-09 овог прилога приказане су дужине пута убрзања и успорења при наведеним претпоставкама које се користе код конструкције профила пројектне брзине.

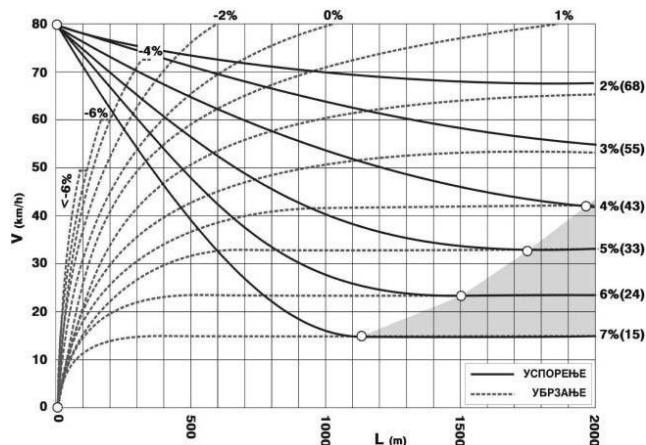
		пут успорења/убрзања																			
		$L_{a,d} = 0,1(V_{sr} \cdot \Delta V)$																			
		$a=d=0,8 \text{ m/sec}^2$																			
V (km/h)	i_n (%)	140	135	130	125	120	115	110	105	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45
140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
135	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
130	-	260	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
125	-	319	184	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	375	240	110	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
115	-	429	294	165	105	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	-	480	345	210	155	95	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105	-	529	394	260	205	150	95	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	575	440	305	245	195	140	90	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95	-	484	345	290	235	185	135	85	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	-	330	275	225	175	125	80	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	-	365	310	260	210	165	120	75	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	-	345	295	245	200	155	110	70	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	-	330	280	230	185	145	105	70	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	-	310	260	215	175	135	100	65	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	-	335	290	245	205	165	125	90	60	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	315	270	230	190	150	115	85	55	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	-	295	250	210	175	140	105	75	50	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	270	230	195	160	125	95	70	45	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	-																				
40	-																				

Слика 3-09: Дужине пута убрзања и успорења за конструкцију профила пројектне брзине.

3.4.2.2. Возно динамички параметри меродавног теретног возила

За возно динамичке анализе траса путева са становишта меродавног теретног возила користи се нормални дијаграми вуче/кочења и потрошње горива, а за приближне прорачуне и конструкцију профила брзина за одређивање почетка и краја додатних трака на успонима (падovima) може се (с довољном тачношћу) користити и V-L дијаграм, приказан на слици 3-10 овог прилога.

Брзина бочног померања када се мења возна трака износи $v_{\text{боc}} = 1,0 \text{ m/sec}$.



Слика 3-10: Дијаграм пута убрзања и успорења меродавног теретног возила.

3.4.3. Пут

Пут чине елементи просторне и физичке структуре у појасу експропријације. Саобраћајни и слободни профил и нормиране вредности коефицијената трења у тангенцијалном и радијалном смеру и значајни су за димензионисање елемената плана и дефинисања профила пута.

3.4.3.1. Саобраћајни и слободни профил

Сви јавни путеви морају да обезбеде услове за саобраћај возила с највећим габаритним димензијама. То је возило ширине $b_v = 2,50 \text{ m}$ висине, $h_v = 4,00 \text{ m}$, дужине $l_v = 18,00 \text{ (18,35) m}$ (слика 3-06 овог прилога). У складу са Законом о путевима и међународним конвенцијама о путном саобраћају за наведене габаритне мере неопходно је обезбедити путни простор у зони коловозног профила тзв. саобраћајним и слободним профилом.

а) Саобраћајни профил;

Простор у коме се могу наћи физичке контуре меродавног возила у кретању назива се саобраћајни профил. Он је ограничен збирном ширином свих коловозних трака и висином $H_d = 4,20 \text{ m}$, која садржи статичку висину меродавног возила увећану за величину динамичких осцилација ($\Delta H_d = 0,20 \text{ m}$). б) Слободни профил;

Саобраћајни профил увећан по ширини и висини због могућих промена статичког габарита возила или промена стања коловоза представља слободни профил пута на којем не сме бити никаквих сталних физичких препрека. У пројектовању путних профила те обавезе морају бити доследно поштоване.

За прелазак нисконапонских и/или високонапонских водова преко јавних путева потребно је да обезбедити слободан профил дефинисан релевантном техничком и законском регулативом за изградњу електроенергетских водова.

За прелазак јавног пута преко пловне реке или канала, као и за прелазак преко железничке пруге морају бити у потпуности испуњени услови слободног профила које диктирају наведене комуникације (сагласно домаћој и иностраној законској и техничкој регулативи).

Ако се јавни пут пројектује у утицајној зони аеродрома, потребно је у потпуности испунити захтеве заштићених зона и слободним профилом пута не угрозити безбедност ваздушног саобраћаја.

Графички приказ карактеристичних типова саобраћајних и слободних профила дат је у поглављу 5. овог прилога, Попречни профил.

3.4.3.2. Нормиране (меродавне) вредности коефицијената трења

Карактеристике коловоза пута су доминантне при димензионисању појединих пројектних елемената. Стандардна стања коловозне површине подразумевају: раван, чист и влажан коловоз нормалне храповости. За наведене услове дефинисане су и меродавне вредности тангенцијалног (f_T) и нормалног (радијалног) (f_R) коефицијената трења (табела 3-05 овог прилога).

Табела 3-05: Меродавне вредности коефицијената трења.

$V_r \text{ (km/h)}$	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
f_T	0,44	0,41	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27
f_R	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10

4. ПРЕГЛЕДНОСТ

У пројектним анализама примењују се следеће карактеристичне врсте прегледности:

4.1. Заустановка прегледност (Pz)

Заустановка прегледност, (Pz) представља дужину за безбедно заустављање возила испред непокретне сметње на коловозу ($R=\infty$, $iN=0\%$). Одређује се на основу вредности рачунске брзине деонице V_{ri} , као гранични елемент пројектне геометрије (табела 4-01 овог прилога).

Табел 4-01: Заустановка прегледност у функцији рачунске брзине деонице.

V_{ri} (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
P_z (m)	40	55	70	90	115	145	180	215	255	300

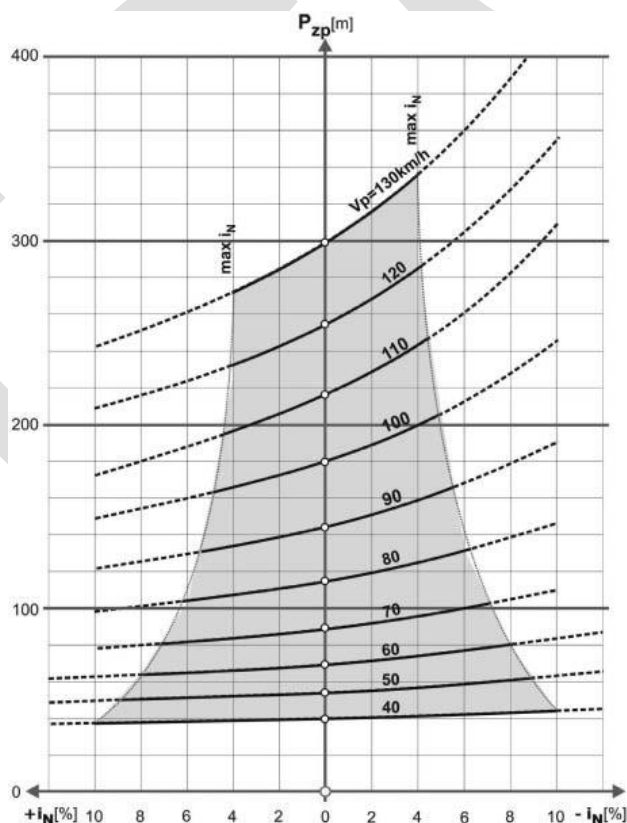
4.2. Захтевана прегледност (Pzp)

У пројектовању путева тежи се примени елементима комфорнијих од граничних, па се може остварити брзина вожње која је већа од рачунске брзине деонице. Међутим, да би се остварила та брзина, неопходно је да на сваком месту трасе буде обезбеђена прегледност која директно зависи од вредности пројектне брзине (V_p) и стварних (примењених) елементима пројектне геометрије пута.

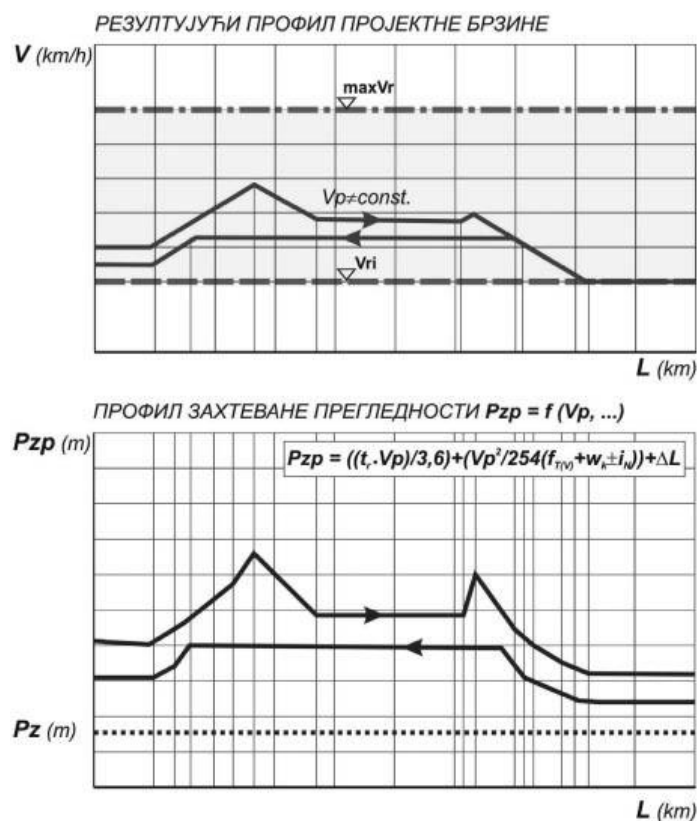
Та прегледност се назива "захтевана прегледност" (P_{zp}) и на основу ње проверавају се и димензионишу елементи пројектне геометрије пута у све три пројекције (радијуси вертикалних кривина, берме прегледности, зоне прегледности на раскрсницама и др.).

Визура захтеване прегледности треба да буде остварена на сваком месту пута и она представља неопходан услов за испуњење полазне претпоставке да пут гарантује безбедну вожњу пројектном брзином. На слици 4-01 овог прилога приказана је зависност визуре захтеване прегледности (P_{zp}) у функцији пројектне брзине (V_p) и величине подужног нагиба (iN).

На основу резултујућег профила пројектне брзине ($V_p rez$) за оба смера вожње, конструише се "профил захтеване прегледности" (P_{zp} профил), такође за оба смера вожње, како је то приказано на слици 4-02 овог прилога. На основу овог профила димензионише се берме прегледности, проверавају и димензионишу вредности примењених радијуса вертикалних кривина, димензионишу зоне прегледности на раскрсницама, димензионише хоризонтална и вертикална сигнализација, саобраћајна и грађевинска опрема пута и сл. Профил захтеване прегледности служи и као параметар за вредновање варијантних решења.

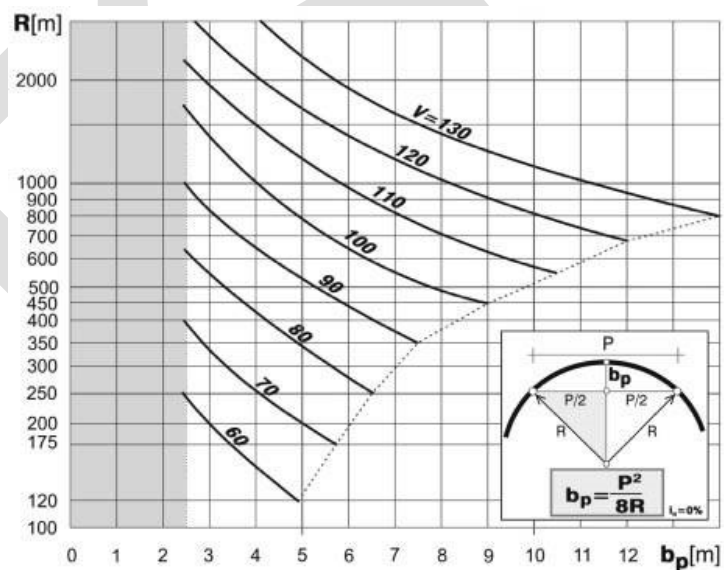


Слика 4-01: Дијаграм захтеване прегледности (P_{zp}) у функцији пројектне брзине (V_p) и величине подужног нагиба ($\pm iN$).



Слика 4-02: Профил захтеване прегледности на основу кога се проверавају и димензионишу елементи пројектне геометрије пута.

Дијаграм за одређивање берме прегледности приказан је на слици 4-03 овог прилога.



Слика 4-03: Вредности берме прегледности у средини кружне кривине.

4.3. Претицајна прегледност (Pp)

Због разлика у брзинама кретања возила, на путевима постоји потреба за претицањем. У табели 4-02 овог прилога дате су вредности претицајне прегледности за двотрачне путеве.

Табела 4-02: Потребне дужине претицајне прегледности.

V_{ri} (km/h)	40	50	60	70	80	90	100
Pp (m)	260	320	370	430	480	540	600

4.4. Распожива прегледност (Pr)

Зависно од физичке и просторне структуре пута неопходно је утврдити "**расположиву прегледност**" - **Pr** с места ока возача ($h_o = 1,10$ m). Она се утврђује просторном (3D) анализом трасе или мерењем in situ у пројектима реконструкције или рехабилитације и приказује дијаграмом расположиве прегледности који се конструише за оба смера војње (слика 4-04 овог прилога).

На основу дијаграма расположиве прегледности по смеровима, одређује се проценат претицајне прегледности (**%Pr**) на траси за оба смера војње на основу следећег израза:

$$\%Pr = \frac{\sum l_{pi}}{L} (\%)$$

где је:

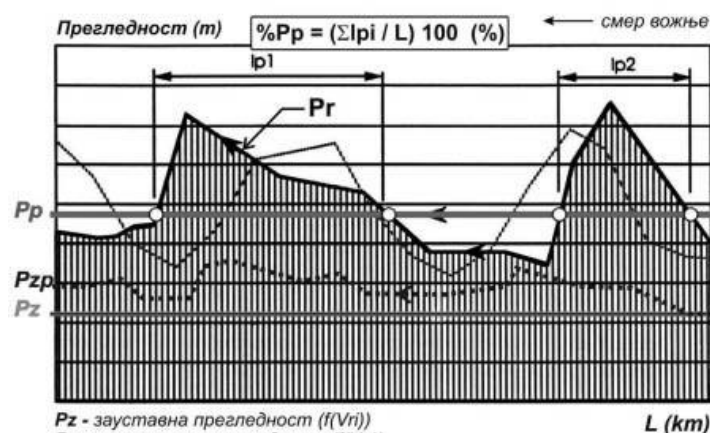
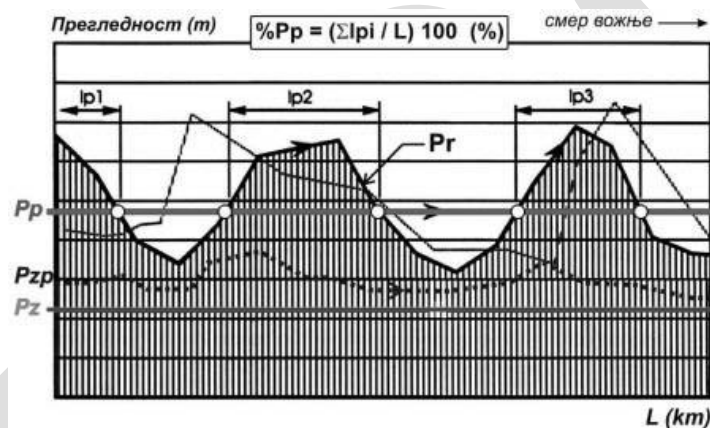
l_{pi} (m) - дужина на којој је расположива прегледност већа или једнака од претицајне прегледности тј. **Pr** $\geq$ **Pp** (m);

L (m) - укупна дужина трасе.

Процент остварене претицајне прегледности дуж трасе користи се у анализама пропусне моћи на двотрачним путевима, као и када се утврђује ниво сигурности одређеног путног правца (табела 4-03 овог прилога).

Табела 4-03: Минимално захтевани проценат претицајне прегледности (по смеру војње).

V _r (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
% Pr	← 20 →							-	-



Pz - зауставна прегледност ($f(V_{ri})$)
Pzp - захтевана прегледност ($f(V_{pi})$)
Pp - претицајна прегледност ($f(\Delta V, t, V_{ri})$)
Pr - расположива прегледност ($f(A, R, l_n, x, y, z)$)

Слика 4-04: Профил расположиве прегледности.

5. ПОПРЕЧНИ ПРОФИЛ

У складу са Законом о јавним путевима дефинисана је просторна и физичка структура пута и приказана на сликама 5-01 и 5-02 овог прилога.



Слика 5-01: Основни елементи просторне и физичке структуре двотрачног пута.



Слика 5-02: Основни елементи просторне и физичке структуре аутопута.

Попречни профил пута утврђује се кроз геометријски попречни профил, нормални попречни профил и карактеристичне попречне профиле.

Геометријским попречним профилном (ГПП) једнозначно се дефинише врста, број и поредак коловозних трака и пратећих елемената коловоза (слике 5-03 и 5-04 овог прилога) ширина појединачних трака, етапност реализације профила, као и саобраћајни и слободни профил за различите позиције пута (слободне деонице, пут на мосту, пут у тунелу и сл.).

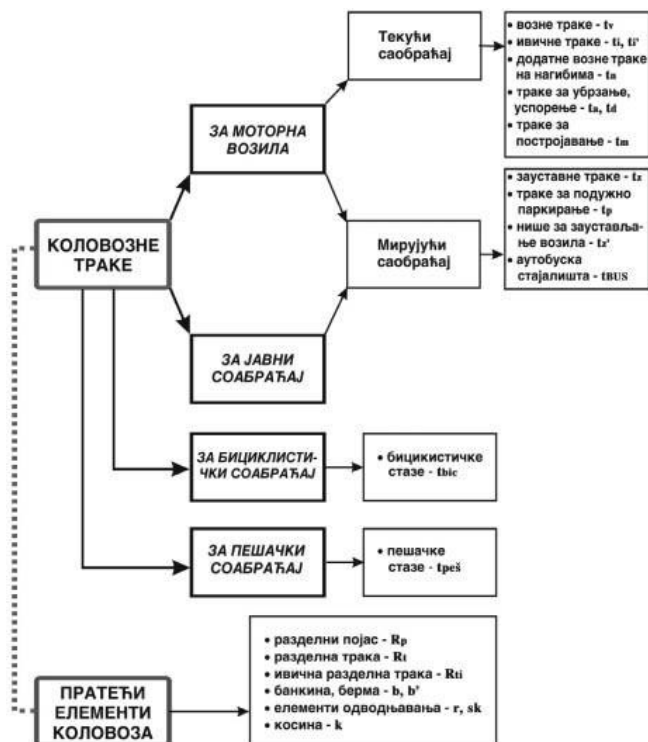
Геометријски попречни профил пута одређује се на основу функције пута у мрежи, програмских услова за пројектовање датог путног потеза и/или деонице (V_r , V_{ri}) и топографских карактеристика терена.

Нормални попречни профил (НПП) пута дефинише се на основу његовог геометријског попречног профила и представља типско решење за стандардне природне и стандардне саобраћајне услове уз уважавање захтева заштите животне средине. Тај профил обухвата физичку структуру пута дефинисану кроз геометрију и конструктивно решење свих елемената профила, релативне нивелационе односе у односу на позицију нивелете у ситуационом плану, обликовање косина и осталих рубних елемената пута, примењени систем одводњавања за прихватање и одвођење површинских, прибрежних и подземних вода, типске конструктивне детаље доњег строја пута и коловозне конструкције, саобраћајну и грађевинску опрему, као и етапност грађења ако је предвиђена пројектом.

Нормалним попречним профилем једнозначно се утврђују границе грађења, границе експропријације, заштитни појас пута и појас контролисане изградње, у свему према Закону о јавним путевима.

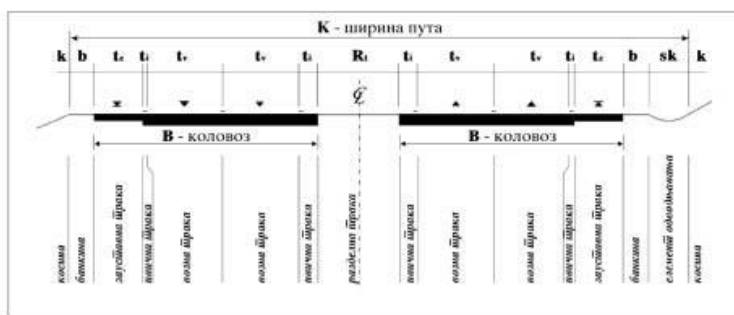
Нормални попречни профил пута се пројектује у правцу и у кривини за позицију пута на насипу, у усеку, у засеку као и на мосту и у тунелу. За све типичне случајеве који се јављају у различитим позицијама пута пројектује се одређени тип нормалног попречног профила за сваку појединачну деоницу пута @f (Vri).

Карактеристичним попречним профилима (КПП) се дефинише пројектно решење пута на свакој појединачној стационажи (еквидистантној и/или некој посебној) деонице која се пројектује и служи за формирање предмерских количина и израду предрачуна радова, као и за изградњу пута када постоје захтеви и ограничења (топографија, геотехника, намена површина, заштита животне средине, безбедност возње и др.).

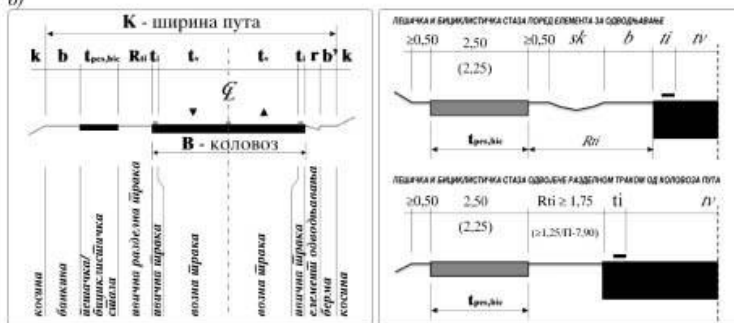


Слика 5-03: Елементи попречног профила пута.

а)



б)



Слика 5-04: Карактеристични елементи геометријског попречног профила:
а) аутопут;

б) двотрачни пут с карактеристичним позицијама пешачке и бициклистичке стазе.

5.1. Елементи попречног профила

5.1.1. Коловозне траке

Коловоз пута чине саобраћајне траке за кретање и мировање возила. Према намени, разликују се следеће врсте коловозних трака:

Возне траке - t_v намењене су искључиво проточном саобраћају. Њихов број зависи од меродавног саобраћајног оптерећења и захтеваног нивоа услуге. Ширина тих трака директно зависи од рачунске брзине деонице (V_{ri}) и дефинисана је у табели 5-01 овог прилога, док су попречни нагиби у границама од 2,5-7 %.

Табела 5-01: Ширина возних трака (t_v).

V_{ri} (km/h)	t_v (m)	Тип пута и карактер терена
$V_{ri} > 100$	$t_v = 3,75$	АП (равничарски)
$80 < V_{ri} \leq 100$	$t_v = 3,50$	АП (брдски, планински), ВП, П
$60 < V_{ri} \leq 80$	$t_v = 3,25$	П
$40 < V_{ri} \leq 60$	$t_v = 3,00$	П
$V_{ri} \leq 40$	$t_v = 2,75$	П

Додатне возне траке на нагибима (успони/падови) - t_n , граде се на деоницама с већим подужним нагибима. Основна сврха тих трака је одржавање захтеваног нивоа услуге аутопутева и путева за даљински и везни саобраћај. Потреба за увођењем додатне траке утврђује се на основу возно динамичких и саобраћајних услова и услова безбедности вожње. Возно динамичка анализа спроводи се за меродавно теретно возило (тачка 3.4.2. овог прилога), а почетак и крај додатних трака на нагибима одређује се на основу профила брзина одређеног меродавног теретног возила уз услове приказане у табели 5-02 овог прилога.

Табела 5-02: Меродавне граничне брзине за одређивање почетка и краја додатне возне траке на нагибима (t_n).

V_{ri} (km/h)	V_{min} (km/h)	V_{gr} (km/h)
$130 \geq V_{ri} > 100$	50	60
$100 \geq V_{ri} \geq 80$	40	50
$80 > V_{ri}$	30	40

Стандардна ширина додатне траке на нагибима је $t_n = 3,50$ m, а ако је ширина $t_v < 3,50$ m, онда је ширина $t_n = t_v$, али не мање од **3,00 m**.

Минимална дужина тих трака износи **1.000 m** на аутопутевима и **400 m** на осталим путевима. Ако је међусобни размак тих трака на аутопутевима мањи од **700 m**, односно **300 m** на осталим путевима, треба их повезати у једну континуалну траку. Коначна одлука о изградњи доноси се на основу поређења трошкова грађења и одржавања с добитима корисника (пропусна моћ, безбедност саобраћаја, еколошке последице).

На аутопутним профилима додатну траку на нагибима (успони / падови) обавезно прати зауставна трака - t_z , стандардне ширине **2,50 m**.

Траке за успорење и убрзање - t_d / t_a , су додатни елемент основног коловоза у зони денивелисаних раскрсница. Служе за прилагођавање брзина приликом изливања и уливања у главни саобраћајни ток и изливања и уливања из главног саобраћајног тока. Изводе се уз десну ивицу проточног дела коловоза на дужини потребној за прилагођавање брзине и задовољење захтева саобраћаја и безбедности вожње. Стандардна ширина тих трака износи $t_{d,a} = 3,50$ m.

Траке за престојавање - t_m , улазе у састав коловоза у зони површинских раскрсница. Служе за престојавање возила која скрећу на раскрсници. Стандардна ширина тих трака је $t_m = 3,00$ m.

Ивичне траке и ивичне разделне линије - t_i , t_r служе, у првом реду, за визуелно разграничење проточног дела коловоза од осталих елемената пута. У аутопутним профилима примењује се ивична трака уз разделну траку, док се ивичне линије примењују за разграничења између возних трака, као и возне траке и траке намењене заустављању возила.

Ширине ивичних трака се у аутопутним профилима крећу од **0,50 m** до **1,00 m**. Ширине **1,00 m** примењује се на шестотрачним профилима као и на четвотрачним профилима при рачунским брзинама $V_{ri} > 100$ km/h за ефикасно одвојење површинских вода уз минималну интервенцију у контактном подручју возна трака - разделна трака, као и за позитивно психолошко дејство при вожњи. Ако је економски оправдана примена специфичних елемената за површинско одводњавање и ако је рачунска брзина деонице $V_{ri} < 100$ km/h може се

применити ужа ивична трака, али не мања од 0,50 m. Нормалне ширине ивичних трака дате су у табели 5-03, овог прилога.

Ширина ивичне линије је $t_i = 0,20$ m.

Табела 5-03: Ширине ивичних трака (t_i).

Vr (km/h)	Ивична трака t_i (m)
$Vr \geq 100$	$t_i = 1,00$ (0,75), (0,50)
$80 \leq Vr < 100$	$t_i = 0,35$
$Vr < 80$	$t_i = 0,25$

Зауствавна трака - t_z је непрекидна саобраћајна трака која прати проточни део коловоза. Она је обавезан елемент аутопутних профила, односно прве етапе аутопутног профила - међупрофил **M1(ВП1)**, у складу с тачком 5.3. овог прилога. Намењена је за привремено зауствљање оних возила која, због квара или других оправданих разлога треба да се искључе из саобраћајног тока. Нормална ширина зауствавне траке износи $t_z = 2,50$ m, а попречни нагиб прати основни коловоз возних трака.

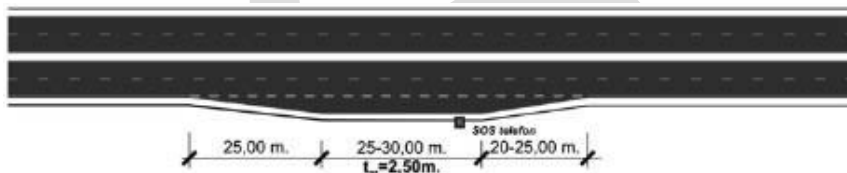
У аутопутним тунелима дужине $L > 300$ m зауствавна трака се може изоставити ако се изграде одговарајуће нише за уклањање возила, а саобраћајном и грађевинском опремом обезбеди захтевани ниво безбедности, удобности и ефикасности вожње.

На путевима с раздвојеним коловозима где се изоставља зауствавна трака (нпр. међупрофил **M-3(ВП3)**) (тачка 5.3. овог прилога), неопходно је обострано на одстојању не већем од **1000 m** у профили предвидети нише за привремено зауствљање возила у квару опремљене одговарајућим уређајима саобраћајне телематике.

Траке за паркирање - t_p представљају местимична проширења коловоза за подужно паркирање возила. Примењује се само на приступним путевима. Нормална ширина тих трака износи, $t_p = 2,50$ m.

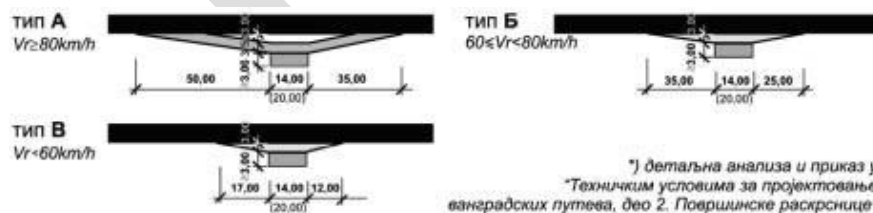
На путевима вишег ранга паркиралишта се граде као самосталне коловозне површине изван основног путног профила.

Нише за зауствљање возила - t_z представљају посебна проширења изван проточних возних трака на важним путним деоницама [нпр. профил. ВП3(М-3)], где нема континуалне зауствавне траке. Та проширења користе се само у случају изненадне потребе (нпр. квар на возилу). Опремају се одговарајућом саобраћајном и телекомуникационом опремом. Стандардни облик те нише приказан је на слици 5-05 овог прилога.



Слика 5-05: Стандардни облик нише за зауствљање возила.

Аутобуска стајалишта - t_{bus} су посебни пратећи објекти ванградског пута само на деоницама где је организован јавни линијски приградски превоз аутобусима. Обухватају издвојен коловоз и простор за чекање аутобуса. Најчешће се граде на сабирним путевима, али и на везним, односно приступним путевима. Приказ аутобуског стајалишта дат је на слици 5-06 овог прилога.



Слика 5-06: Стандардно решење аутобуског стајалишта.

5.1.2. Пратећи елементи коловоза

Укупну ширину пута (круна пута) формирају коловозне траке, разделна трака, банке и евентуално риголе.

Разделна трака - R_i или **разделни појас** - R_p служи за физичко раздвајање смерова вожње, за обезбеђење психичке сигурности возача, за смештај саобраћајне и грађевинске опреме пута и сл. Посебно се истиче оправданост примене разделног појаса (R_p) ширине најмање **11,50 m**, када се планира изградња шестотрачног аутопута који се реализује етапно (тачка 5.3. овог прилога).

У осталим аутопутним профилима примењују се ширине разделних трака $R_i = 4,00 - 2,50$ m с класично обликованом разделном траком, односно ширина од $R_i = 1,50$ m ако се разделна трака обликује применом специфичних сигурносних ограда.

На одређеним местима, односно на растојању **2 - 3 km** прекида се разделна трака (појас) да би се за случај саобраћајних незгода, оправки пута и сл. омогућило каналисање саобраћаја с једног коловоза на други. Ти прекиди су обавезно испред и иза денивелисаних раскрсница, великих мостова и тунела. Геометријска и конструктивна обрада прекида треба да омогући промену саобраћаја с једног на други коловоз аутопута при брзинама од **Vp ~ 50 km/h**.

Банкина - b, је ивични елемент пута у насипу. Њена функција је да обезбеди бочну стабилност путне конструкције, допринесе психичкој сигурности возача и послужи за смештај саобраћајне и грађевинске опреме (сигнализација, сигурносне заштитне ограде и сл.). С обзиром на чињеницу да се у аутопутним профилима банкина ослања на зауставну траку, која представља сигурносни појас, њене димензије могу бити знатно мање него на путевима без посебно утврђене зауставне траке. Ширине банкина утврђују се зависно од типа пута и карактера терена и дефинисане су у табели 5-04 овог прилога, док се попречни нагиби налазе у границама **12 % - 6 %** усмерени ка спољашњој ивици пута.

Табела 5-04: Ширине банкина (b).

Vri (km/h)	Коловоз без tz		Коловоз са tz	
	norm b	min b	norm b	min b
Vri > 100			1,50	1,25
80 < Vri ≤ 100	1,50(2,50)	1,25	1,00	0,75
60 < Vri ≤ 80	1,50	1,25		
Vri ≤ 60	1,25	1,00		

Ригола - r, је пратећи елемент путног профила у усеку и служи за прихватање површинских вода и њихово усмерено вођење до канализационих сабирника. На аутопутевима потреба за таквим елементом јавља се и у разделним тракама где се ефикасно одводњавање мора обавити уз услов да облик и конструкција канала не утиче на сигурност корисника пута. С тог становишта се као повољно решење примењује широка ивична трака (**t = 1,00 m**) уз разделну траку завршену са ивичњаком. То је, поред саобраћајно-психолошког, главни разлог за примену широке ивичне траке у стандардним попречним профилима за највишу класу шестотрачних и четворотрачних аутопутева. Димензије риголе се одређују на основу меродавних хидролошких података за дефинисани повратни период у складу с категоријом пута. Из конструктивних разлога ширина риголе је **0,60 - 1,00 m**, док се висина ограничава на **0,15 m**.

Уместо риголе, на путевима виших категорија уобичајено се примењују сегментни канали за бочно прихватање површинских вода и дела прибрежних вода у усеку чиме се побољшавају општи услови безбедности возње, трајност коловозне конструкције и значајно унапређује прегледност пута.

Берма - b' је зараван између риголе и косине усека и њена димензија износи **b' = b - r**, али не мање од **0,50 m**. На путним профилима који се налазе у недовољно прегледним кривинама, берма се проширује према захтевима прегледности (поглавље 4.2. овог прилога).

Бициклистичке стазе - t_{bic} се граде изван основне равни коловозног профила. Укупна ширина стазе зависи од интензитета бициклистичког саобраћаја. Саобраћајни и слободни профил бициклистичких стаза приказан је у тачки 5.2. овог прилога. Основни модул за димензионисање (саобраћајни профил) износи **1,00 x 2,25 m**. Попречни нагиб тих стаза је **2,5%**.

Пешачке стазе - t_{peš} на ванградским путевима могу се градити у зонама које су у непосредном контакту са урбанизованим подручјем и њихов положај и димензије у профилу зависе од конкретних услова. Саобраћајни и слободни профил пешачких стаза приказан је у тачки 5.2. овог прилога. Основни модул за димензионисање (саобраћајни профил) износи **0,75 x 2,25 m**. Попречни нагиб тих стаза је **2,5 %**.

Косине пута - k имају значајну улогу у стабилности путне конструкције, пејзажном уклапању тупа пута ради побољшања визуелних ефеката путног простора с места ока возача, заштити животне средине и смањењу проблема са завејавањем зими.

Уз испуњење услова стабилности неопходно је обратити пажњу и на следеће принципе:

а) мањим висинама тупа пута, када је **h_k ≤ 2,00 m**, одговарају блажи нагиби косина (слика 5-07 овог прилога), па у простору најприродније делују оне трасе чије косине уместо једноликог нагиба имају једнаке дужине;

б) оптичко вођење у оштрим кривинама у усеку побољшава се несиметричним нагибима косина; унутрашњој страни кривине одговара блажа, а спољашњој страни стрмија косина;

в) плитки насипи и усеци на падинским трасама најбоље се уклапају у терен ако се круна пута с ниже стране прошири до природних косина.

С ликовне тачке, пожељни су нагиби косина $1:n \leq 1:2$, а најстрмији нагиб са гледишта одржавања травнатог покривача је $1:1,5$. Контакт косине с природним тереном изводи се заобљењем чије су тангенте од 2,00 до 3,00 m.

Ако су косине насипа или усека високе, не треба реметити природну равнотежу, па се оне изводе с променљивим нагибима једнаким или блажим од оних условљених геотехничком стабилношћу. Обликовање косина треба усагласити са једноставним и ефикасним одржавањем, како у зимским, тако и у летњим условима.

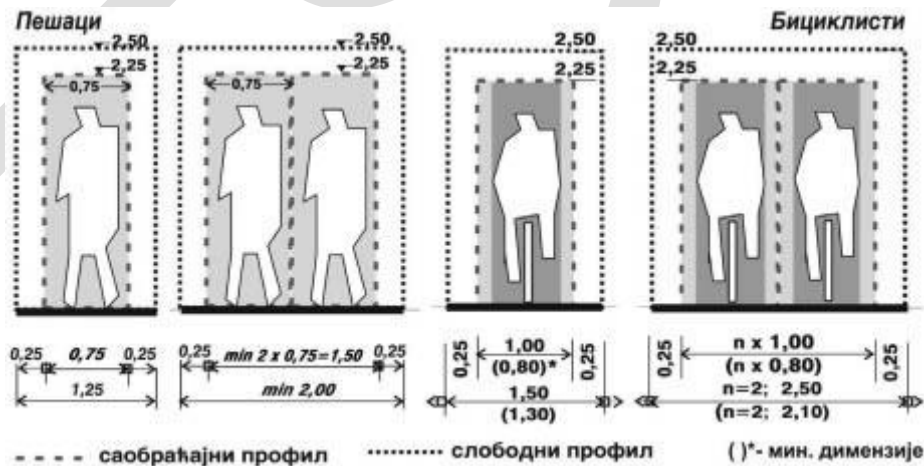
Техничка инфраструктура (водови) за потребе пута могу се наћи у подручју банке, удаљени најмање 2,00 m од ивице саобраћајног профила и на дубини до 1,10 m. У новоградњи, елементи путне телематике смештају се у посебну траку ширине 2,00 m на спољњу страну од заобљења пута.

Висина косине	$h_k \geq 2,00 \text{ m}$	$h_k < 2,00 \text{ m}$
ПУТ НА НАСИПУ		
ПУТ У УСЕКУ		
Станд. нагиб	1:2 (1:1,5)	$k = 4,00 \text{ m}$ (3,00 m)
Нагиб косине	1 : n	$k = 2 \text{ n}$
Дуж. тангенти	3,0 m	1,5 h ($\geq 2,00 \text{ m}$)

Слика 5-07: Обликовање косина и уклапање трупа пута у околни терен.

5.2. Саобраћајни и слободни профил

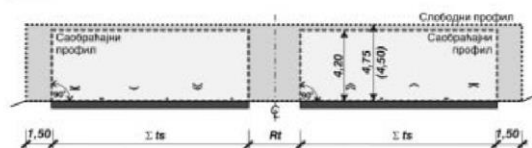
У складу с тачком 3.4.3.1, на слици 5-08 овог прилога приказани су слободни и саобраћајни профили пешачких и бициклистичких стаза, док су на сликама од 5-09 до 5-12 овог прилога приказани карактеристични типови саобраћајних и слободних профила аутопутева и двотрачних/вишетрачних путева.



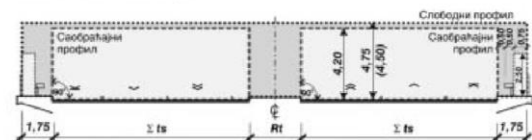
Слика 5-08: Саобраћајни и слободни профили пешачких и бициклистичких стаза.

САОБРАЋАЈНИ И СЛОБОДНИ ПРОФИЛ

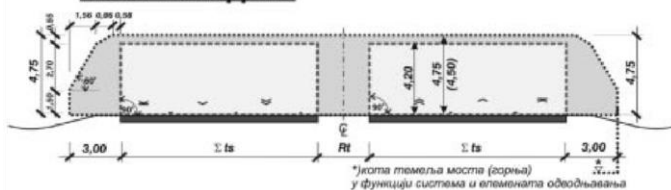
АП



АП на мосту



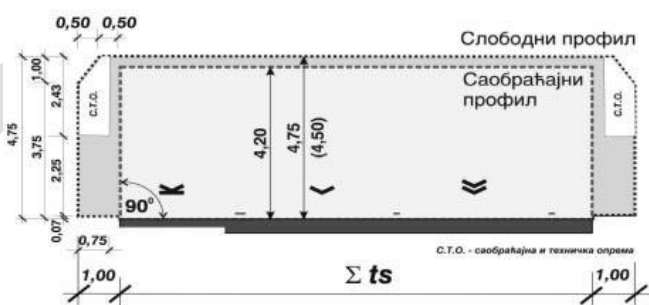
Мост изнад АП



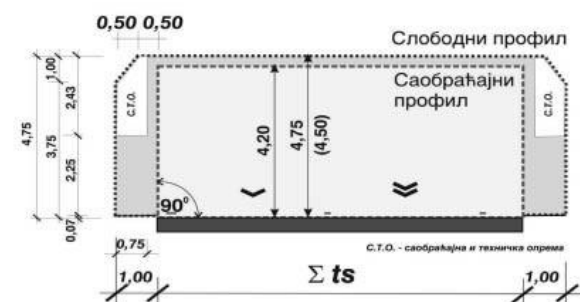
Слика 5-09: Слободни и саобраћајни профил аутопута.

САОБРАЋАЈНИ И СЛОБОДНИ ПРОФИЛ

АП деоница у тунелу са зауставном траком - t_z



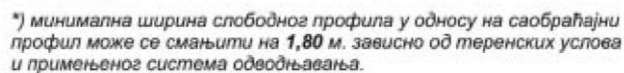
АП деоница у тунелу без зауставне траке



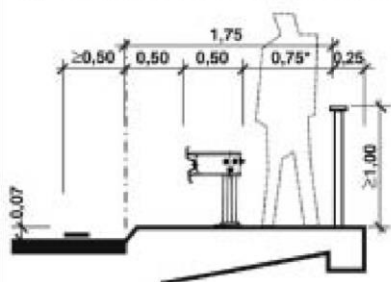
Слика 5-10: Слободни и саобраћајни профил аутопута у тунелу.

Слика 5-11: Слободни и саобраћајни профил двотрачног / вишетрачног пута.

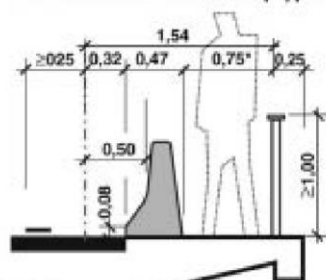
Мост изнад двотрачног (вишетрачног) пута

[illegible]

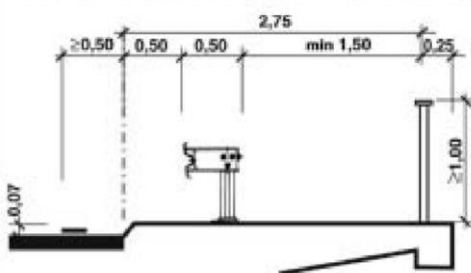
А) Радна стаза, на мосту с металном заштитном оградом



Б) Радна стаза, на мосту с бетонском заштитном оградом

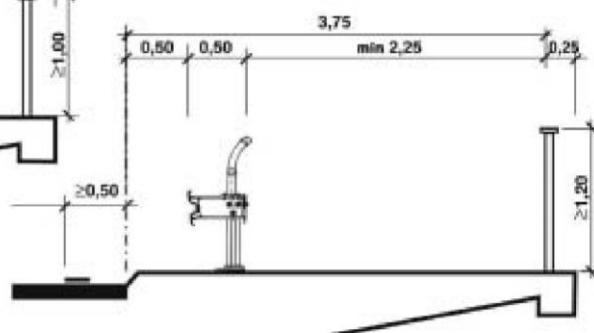


В) Пешачка стаза поред металне зашт. ограде

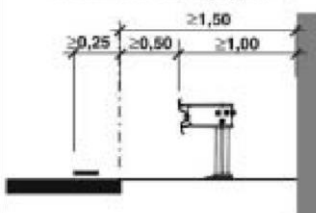


**) ширина радне стазе: када се користи као пешачка или бициклистичка стаза, примењују се друге димензије (дет: Е, Ж)*

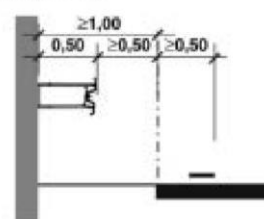
Г) Бициклистичка или комбинована стаза (биц. / пеш.) поред металне зашт. ограде



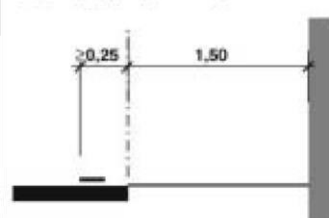
Д) Поред објекта (нпр. стуб моста) са заштитном оградом



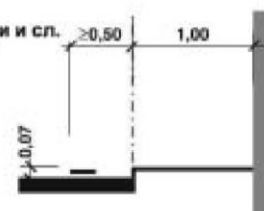
Ђ) Поред објекта (нпр. стуб моста) са заштитном оградом на објекту (изузетно)



Е) Поред чврстог објекта без заштитне ограде



Ж) У тунелу, галерији и сл.

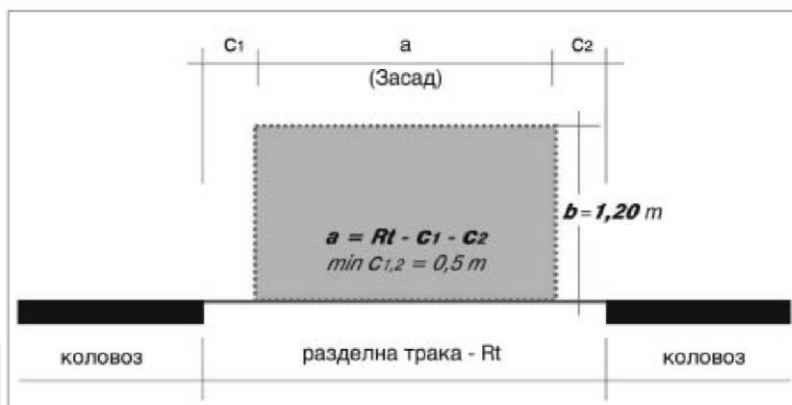


Слика 5-13: Радне, пешачке и бициклистичке стазе на путним објектима.

ОГРАНИЧЕЊА ЗА ОЗЕЛЕЊАВАЊЕ (трава, жбуње, дрвеће)



ОГРАНИЧЕЊА ЗА ОЗЕЛЕЊАВАЊЕ РАЗДЕЛНЕ ТРАКЕ



Слика 5-14: Стандардна ограничења у пејзажном уређењу рубног појаса пута.

5.3. Стандардни геометријски попречни профили

На сликама од 5-16 до 5-20 овог прилога приказани су основни типови стандардних геометријских профила аутопутева, вишетрачних путева (међупрофила) и двотрачних путева.

Што се аутопутева тиче, наведеном стандардизацијом обухваћени су само профили на јединственом путном плану, што не искључује могућност раздвајања коловоза у сложеним теренским условима. Основу за то пружају појединачне димензије коловозних и пратећих елемената.

Поред наведених стандардних типова путних профила могуће су и одговарајуће варијације једног типа профила при чему треба уважавати специфичне теренске услове и рационализацију улагања средстава не угрожавајући при том ниво услуге пута (проточност), безбедност вожње и животну средину.

Проблем етапне градње, било по деоницама с пуним профилем, било по деоницама с редукцијом профила (тзв. полуаутопут), мора се решавати током процеса израде генералног пројекта и коначна структура профила, односно геометријски попречни профил путног потеза (деонице) треба да буде резултат израде генералног пројекта и један од програмских услова за израду идејног пројекта пута.

Стандардни профил се дефинише у првој фази пројектних истраживања - генералном пројекту када су сагледани макро показатељи ситуационих и нивелационих могућности за развој трасе. Тада су створени услови да се елементи саобраћајног програма ($Q_{\text{тер}}$, NUP, V_0 и др.) доведу у реалан однос с капацитетом (Q_d) и из тих поређења донесу закључци о потребној структури и димензијама профила.

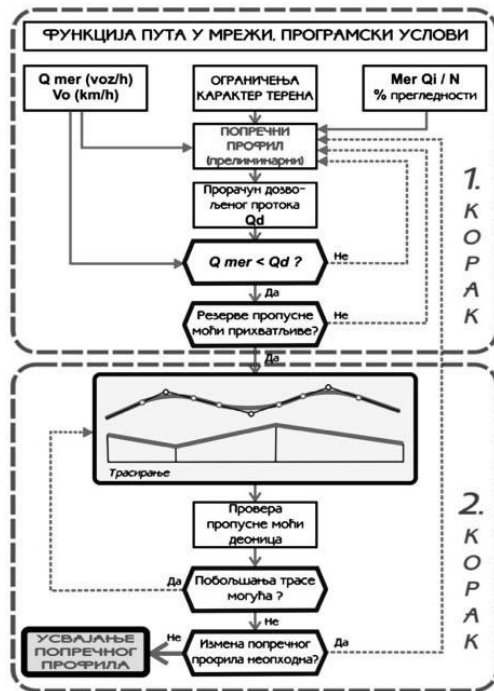
Сам процес димензионисања спроводи се у два корака: први даје основу за одлуку аутопут, међупрофил или двотрачни пут, док други корак обезбеђује правилан избор коловозног профила и утврђује резерву пропусне моћи.

Ако је саобраћајно оптерећење $PGDS > 20.000$ воз/24 h, јасно је да се ради о аутопутном профилу, као што и саобраћајно оптерећење $PGDS < 12.000$ воз/24 h указује на то да је решење одговарајуће. За оптерећења између 12.000 воз/24 h и 20.000 воз/24 h оправдана је примена вишетрачних путева, тзв. међупрофила. Они се

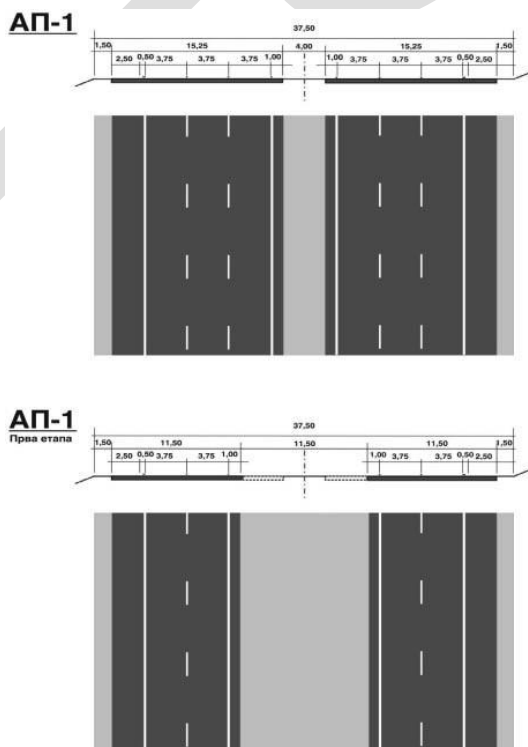
могу примењивати као коначно решење, али и као прва етапа у развоју аутопутног профила када то обим и пораст саобраћаја оправдавају.

У другом кораку димензионисања користе се резултати процеса трасирања и коначно утврђује карактер терена дуж трасе. На основу дефинисане трасе пута и прелиминарног попречног профила спроводи се детаљан прорачун пропусне моћи за целу трасу и за поједине критичне деонице на њој и утврђују резерве капацитета. На основу тако спроведених анализа доноси се коначна одлука о структури и димензијама попречног профила и могућој етапности његове реализације.

Стандардни геометријски попречни профил бира се на основу алгоритма приказаног на слици 5-15 овог прилога.

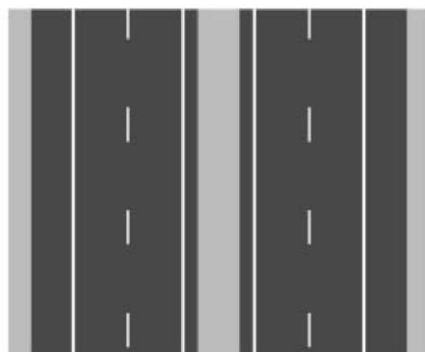
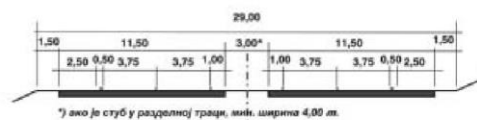


Слика 5-15: Алгоритам избора стандардног геометријског попречног профила пута.

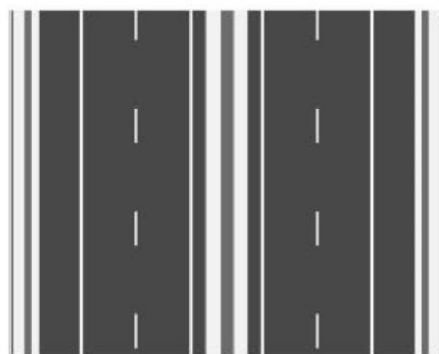
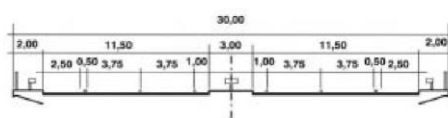


Слика 5-16: Стандардни геометријски попречни профил АП-1.

АП-2

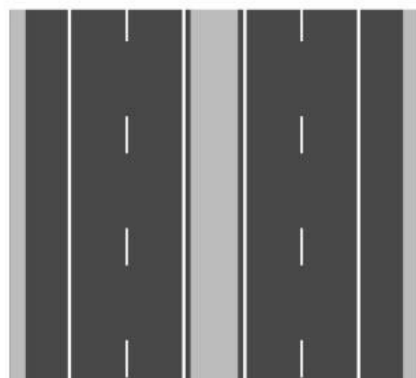
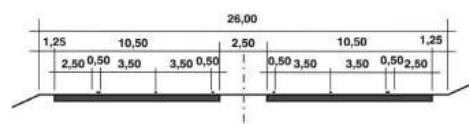


АП-2 на мосту



Слика 5-17: Стандардни геометријски попречни профил АП-2.

АП-3

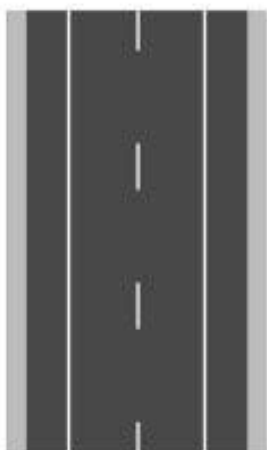
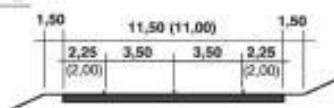


Слика 5-18: Стандардни геометријски попречни профил АП-3.

ВП-1

М-1

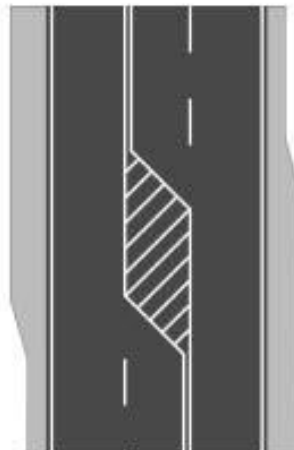
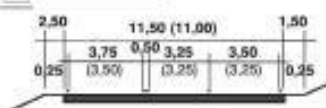
2(tv+tz)



ВП-2

М-2

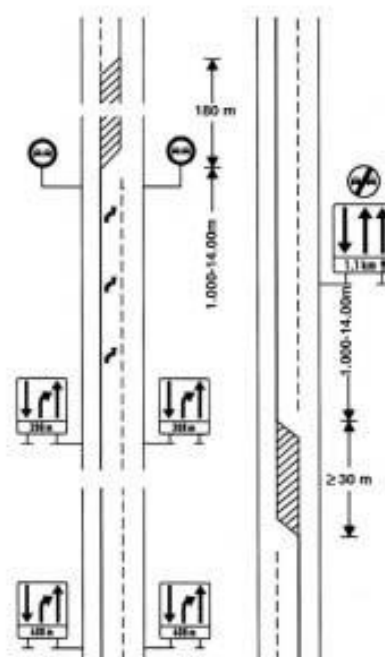
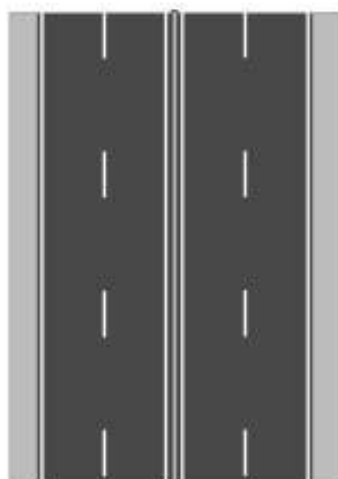
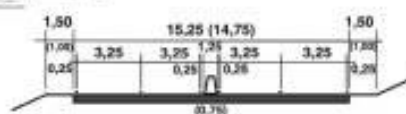
(2+1(1+2))tv



ВП-3

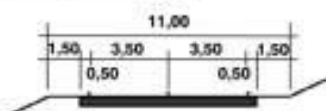
М-3

(2+2)tv

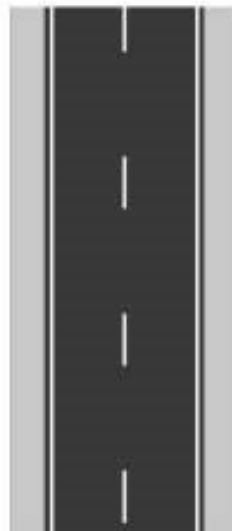
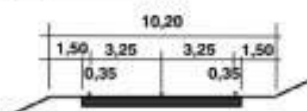


Слика 5-19: Стандардни геометријски попречни профил вишетрачних путева (међупрофила).

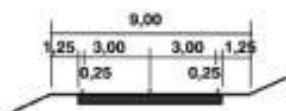
П-1 2 tv ($V_{rl}=100$ km/h)



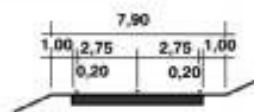
П-2 2 tv ($V_{rl}=80$ km/h)



П-3 2 tv ($V_{rl}=60$ km/h)



П-4 2 tv ($V_{rl}=40$ km/h)



Слика 5-20: Стандардни геометријски попречни профил двотрачних путева.

6.1. Правци

Правца се у пројектовању путева примењује само у изузетним случајевима, као што су: уклапање у фиксне регулације, специфичне мостовске конструкције великих распона, прилагођавање постојећим објектима, обезбеђење подручја за претицање на двотрачним путевима и специфични топографски услови.

Деонице правца треба ограничити на следеће вредности:

а) На супротно усмереним кривинама међуправац, као везни елемент, примењује се у следећим границама:

$$2V_r \leq L \text{ (m)} \leq 20V_r$$

Ако су вредности мање од $L = 2V_r$, не треба примењивати међуправац, већ се две супротно усмерене кривине повезују континуалном "S" кривином.

б) На истосмерним кривинама међуправац, као везни елемент, примењује се у следећим границама:

$$4V_r \leq L \text{ (m)} \leq 20V_r$$

6.2. Кружне кривине

Ради савлађивања теренских препрека примењују се криве линије погодних геометријских облика. Најпростији облик криве је кружни лук, односно крива линија константне закривљености ($1/R = \text{const.}$). Водећи рачуна о топографским карактеристикама терена треба тежити примени што је могуће већих радијуса кружних кривина јер се тиме директно утиче на: смањење укупне дужине трасе, побољшање прегледности, повећање сигурности и удобности вожње.

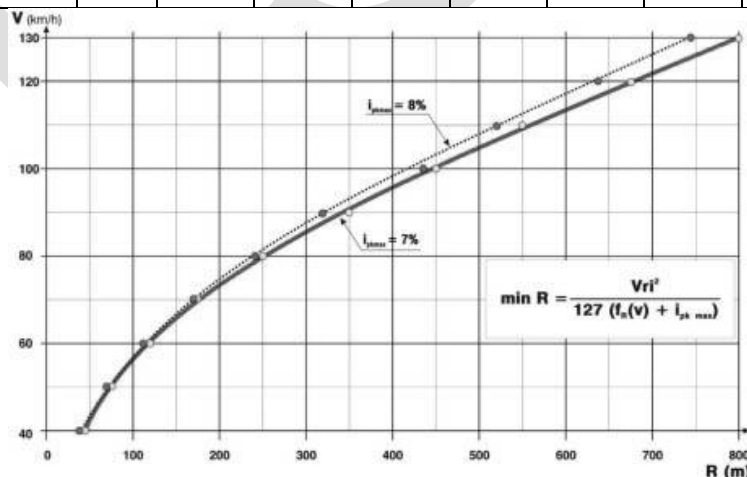
У пројектовању путева могу се применити кружни лукови чији су радијуси: $\min R \leq R \leq \max R$.

Минимални радијус, ($\min R$)

Одређује се ради сигурности вожње при максималној вредности попречног нагиба коловоза у кривини ($\max i_{pk} = 7\%$, изузетно у пројектима рехабилитација $\max i_{pk} = 8\%$). Минималне вредности радијуса кружних кривина заједно с минималним дужинама кружних лукова за вредности рачунске брзине (V_{ri}) дате су у табели 6-01 и приказане на слици 6-01 овог прилога. У процесу трасирања треба примењивати дуже кружне лукове (дужина већих од минималних) кад год је то могуће, пре свега ради безбедности вожње, $L_k \geq 5 \cdot v_r$ (v_r m/sec). У свим случајевима, када то не изазива додатна финансијска средства, треба примењивати дужине кружних лукова већих од минималних.

Табела 6-01: Минималне вредности радијуса кружних кривина и минималне дужине кружних лукова зависно од рачунске брзине деонице.

V_{ri} (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$\min R$ (m)	45	75	120	175	250	350	450	550	675	800
$\min L_k$ (m)	22	28	33	39	44	50	56	61	67	72



Слика 6-01: Вредности радијуса хоризонталних кривина у функцији брзине вожње и вредности максималног попречног нагиба.

Максимални радијус, ($\max R$)

Максимална вредност радијуса се ограничава на вредност с којом се не губи осећај закривљеност. Због тога се у нормалним околностима, када постоји могућност слободног избора, за горњу граничну вредност препоручује: $\max R = 5.000 \text{ m}$ (изузетно $\max R = 10.000 \text{ m}$).

Геометријска и динамичка хомогеност елемената трасе пута постиже се складним и уравнотеженим избором радијуса на деоници, при чему посебно значајан однос суседних радијуса. С тог становишта захтева се да суседни радијуси хоризонталних кривина буду у границама датим на слици 6-02 овог прилога.

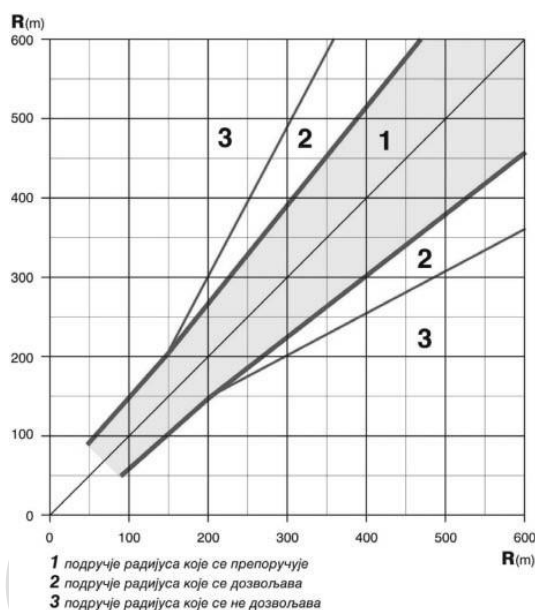
На прелазу с правца на закривљени део трасе, захтева се да, зависно од претходне дужине правца, вредност примењеног радијуса кружног лука буде: $L_{\text{pravca}} < 300 \text{ m} \rightarrow R_{\text{prim}} > L_{\text{pravca}}$

$L_{\text{pravca}} \geq 300 \text{ m} \rightarrow R_{\text{prim}} \geq 400 \text{ m}$, а на аутопутевима

$L_{\text{pravca}} \geq 500 \text{ m} \rightarrow R_{\text{prim}} \geq 1,5 \min R$

При том R_{prim} мора да задовољи и остале услове (возно динамичке, конструктивне и естетске).

На прелазу с једног кружног лука на други исте закривљености, али различитих радијуса, захтева се примена прелазне кривине, тзв. "О" - криве.



Слика 6-02: Поље избора радијуса суседних кривина.

6.3. Прелазне кривине

Да би се задовољили возно динамички, конструктивни и саобраћајно-психолошки захтеви, на свим јавним ванградским путевима обавезна је примена прелазних кривина облика клотоиде: $A^2 = R \cdot L$ где је:

A (m) - параметар клотоиде;

R (m) - радијус (прикључни радијус на крају прелазне кривине);

L (m) - дужина прелазне кривине (од почетка прелазнице до прикључног круга).

Минималне вредности параметра прелазне кривине ($\min A$) дефинисане су у функцији рачунске брзине деонице (V_n) и приказане у табели 6-02 овог прилога.

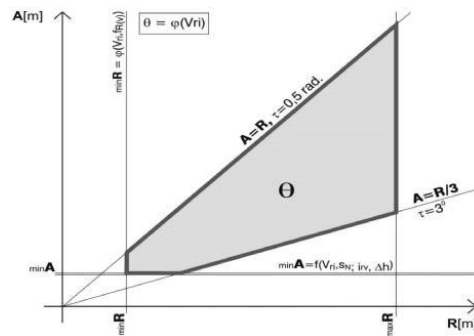
Табела 6-02: Минималне вредности параметара прелазних кривина.

$V_{\text{брзина}}$	A (m)	$\min A$ (возно-динам.)	$\min A=R/3$ (естетски)	$\min A$ (конструктивни крит.) (воо-П)	$\min A$ (вои-П)	$\min A$ (вои-АП)
40		35 (27,22)*	15	25	35	
50		55 (40,33)	25	30	50	
60		75 (46,88)	40	45	60	
70		100 (57,14)	60	55	80	
80		125 (62,50)	85	80	115	
90		155 (68,64)	120	100 (ВП** -120)	140 (ВП-170)	
100		195 (84,50)	150	120 (ВП-140)	170 (ВП-200)	190
110		230 (96,18)	185			220
120		270 (108,00)	225			245
130		300 (112,50)	270			270

*) вредности у заградама су одговарајуће дужине прелазних кривина (m)
 **) ВП - вертикални профили (метупрофиле М1 и М2)
 воо - витоперена око осовине коловоза, вои - витоперена око навице коловоза

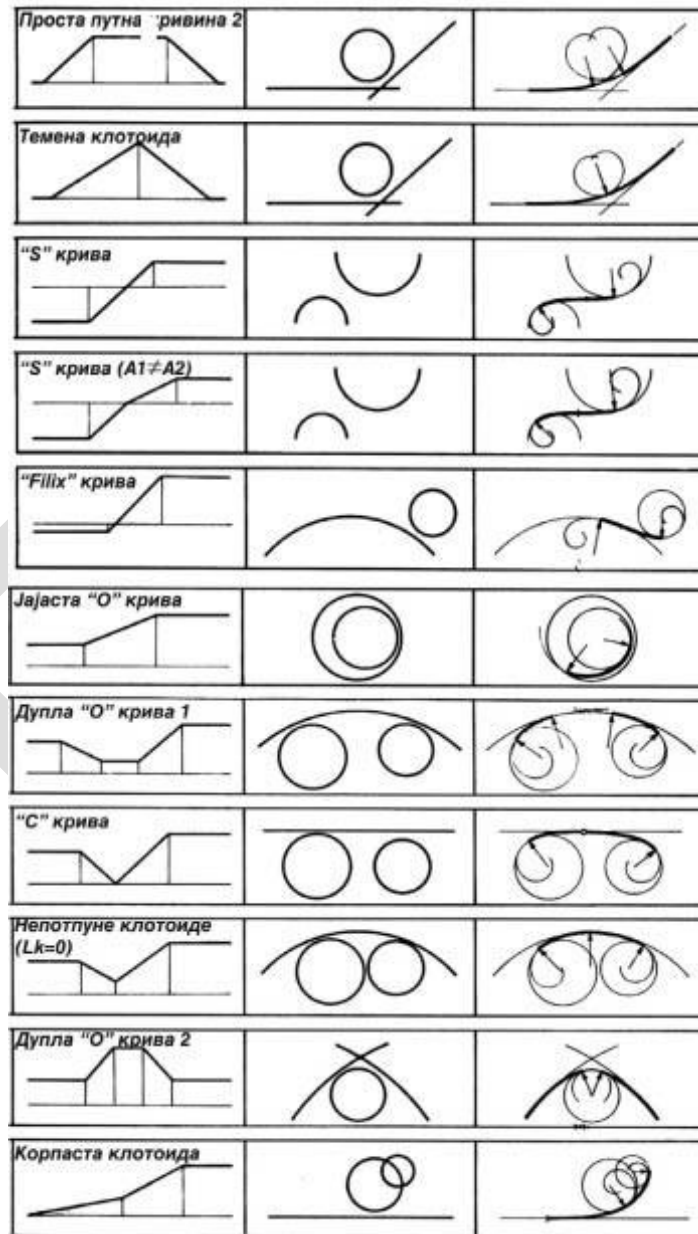
Максимални нагиби рампи витоперња: $V_p \leq 70 \text{ km/h} \rightarrow 1,5\%$; $V_p = 80 \text{ km/h} \rightarrow 1,0\%$; $V_p \geq 100 \text{ km/h} \rightarrow 0,9\%$

Вредности параметара прелазних кривина које се могу примењивати у пројектовању дефинисане су тзв. пољем клотоида које се конструише за сваку поједину вредност рачунске брзине деонице. Поље избора прелазних кривина за једну вредност V_{ri} приказано је на слици 6-03 овог прилога.



Слика 6-03: Поље избора параметра клотоиде у функцији рачунске брзине деонице.

У пројектовању путева примењују се различити облици прелазних кривина. Најчешће примењиване форме приказане су на слици 6-04 овог прилога.



Слика 6-04: Могући облици примене клотоиде као прелазне кривине.

а) Клотоида као посредник у преласку са правца на круг и обрнуто

У овом случају може се говорити о тзв. симетричној ($A_1 = A_2$) и несиметричној ($A_1 \neq A_2$) кривини. Минимална дужина кружног лука у складу је с вођом константном брзином у трајању од најмање две секунде.

б) Прекретна линија "S" - крива

Примењује се између две кружне кривине супротне закривљености, чиме се обезбеђује поступност промене закривљености и континуитет кривинских облика. Нормална је примена клотоиде истог параметра ($A_1 = A_2$).

в) Јајаста "О" - крива

Примењује се као везни елемент између два кружна лука различитих радијуса, а истосмерне закривљености. Са становишта оптике трасе, минимална вредност припадајућег угла те клотоиде је $\tau \geq 3^\circ$. г) Темена клотоида Ако је $\alpha = 0$, тј. $\tau_1 + \tau_2 = \gamma$, добија се $L_k = 0$, што значи да је читав кривина састављена од две прелазнице; то је тзв. темена клотоида ($A_1 = A_2$ или $A_1 \neq A_2$). Примењује се само када су вредности скретних углова мале, а примењени радијус кружне кривине знатно већи од минималног. Примена темене клотоиде ограничава се уз услов: $R \geq 450 \text{ m}$. Попречни профил у теменој зони се обликује тако да се његова константност обезбеди за минимум две секунде вожње константном брзином.

д) Прекретна "S" - крива са два различита параметра

Примена овог облика је оправдана када су већи прикључни радијуси и веће разлике између радијуса.

Ако се примењују клотоиде различитих параметара и када је $A_2 \geq 200 \text{ m}$, однос је:

$A_1 \leq 1,5 A_2$ где је:

A_1 (m) - већи параметар клотоиде; A_2

(m) - мањи параметар клотоиде. ђ)

Двострука јајаста линија

Примењује се само када су у питању сложени геометријски облици који се не могу решити другачијим средствима, нпр. у пројектовању саобраћајних чворова и уклапању у фиксне регулације. е) "С" - крива крива

Веома ретко се примењује, а најчешће у пројектовању индиректних рампи на денивелисаним раскрсницама.

Да би се успешно и ефикасно применили наведени облици у слободном вођењу траса, треба примењивати номограме за одређивање параметара прелазних кривина, приказане на сликама 6-05 и 6-06 овог прилога.

Кружне кривине без прелазница могу се применити изузетно када је $V_p \leq 80 \text{ km/h}$, а $R \geq 1.500 \text{ m}$ (изузетно $R \geq 1.000 \text{ m}$), односно када је $V_p \geq 80 \text{ km/h}$, а $R \geq 3.000 \text{ m}$.

6.4. Кривинска карактеристика

Кривинска карактеристика (K) представља средњу вредност скретног угла трасе пута и одређује се на основу угловне слике деонице. Дефинише се следећим изразом:

$$\alpha^K = \sum_{i=1}^n (\tau_i + \tau_i') / L \text{ (}^\circ/\text{km)} \text{ или}$$

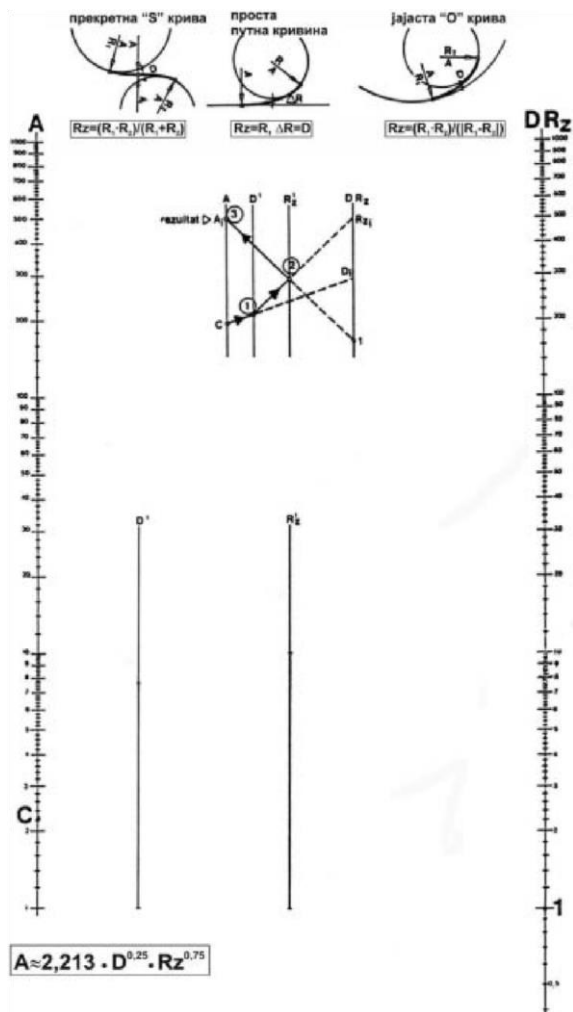
($^\circ/\text{km}$), где је:

α_i ($^\circ$), ($^\circ$), угао i-те кружне кривине τ_i

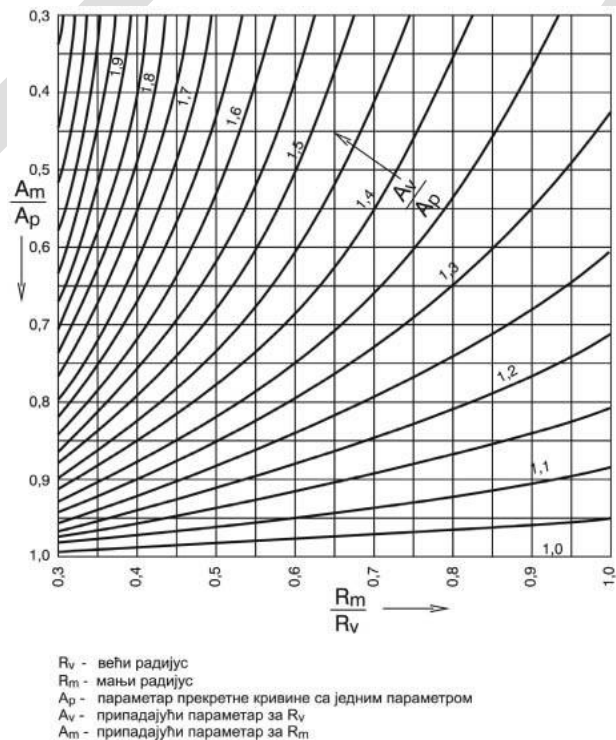
($^\circ$), ($^\circ$), угао i-те прелазне кривине

L = укупна дужина деонице (km).

Поред параметра (K), за геометријску анализу трасе одређује се стандардно одступање (σ ($^\circ/\text{km}$)) и коефицијент геометријске хомогености $Gh = (\sigma/K)100$ (%).



Слика 6-05: Номограм за одређивање параметра прелазне кривине "A".



Слика 6-06: Номограм за одређивање параметара прелазних кривина "A₁ ≠ A₂".

6.5. Специјални облици путних кривина

Ови облици путних кривина примењују се у оним случајевима када је брзина кретања релативно мала, $V_r \leq 30 \text{ km/h}$, а доминантни су захтеви за минималним коришћењем простора. То су пре свега: површинске раскрснице, окретнице, серпентине, приступи сервисним објектима и сл.

6.5.1. Крива трагова

Крива трагова се пројектује као сложена троцентрична кривина како би на најбољи могући начин апроксимирала трактису кретања.

Детаљна анализа ове криве и њена примена дата је у прилогу 3, Површинске раскрснице ванградских путева.

6.5.2. Серпентинске окретнице

У ограниченим условима развијања трасе, јавља се потреба за применом сложеног кривинског облика, тзв. серпентине која се састоји из окретнице минималног проходног радијуса са централним углом $\alpha > 180^\circ$ и две прикључне кривине исте или супротне закривљености (слика 6-07, овог прилога).

У табели 6-03 овог прилога дати су основни типови серпентинских окретница за чију конструкцију се дају табеларни подаци у додатку ових упутстава.

Табела 6-03: Типови серпентинских окретница.

Ширина коловоза пута	Радијус унутрашње ивице окретнице - R_u (m)				
	6	8	10	15	20
6 (m)	6/6	6/8	6/10	6/15	6/20
7 (m)	7/6	7/8	7/10	7/15	7/20

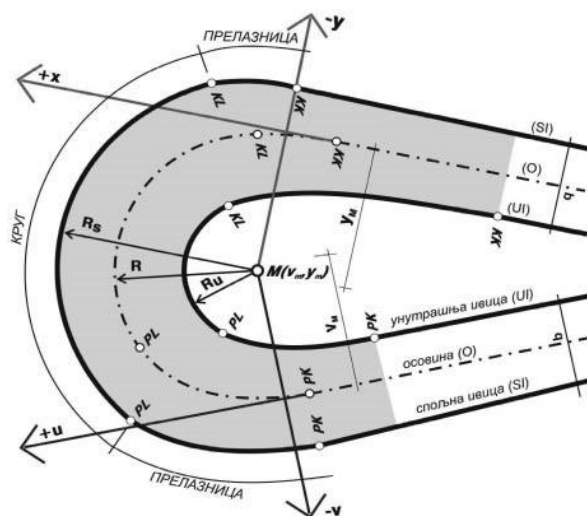
Подручје окретнице подлеже специфичним условима нивелационог обликовања. Максимална вредност попречног нагиба $i_{pk} = 9\%$, док се вредност резултујућег нагиба коловоза ограничава на $max i_{ez} = 10\%$.

Конструкција геометрије ивичних линија и осовине серпентинске окретнице са позицијом релативних

координатних система (x, y односно u, v) приказана је на слици 6-08 овог прилога.



Слика 6-07: Основни елементи серпентинске окретнице.



Слика 6-08: Конструкција серпентинске окретнице.

6.6. Проширење коловоза у кривини

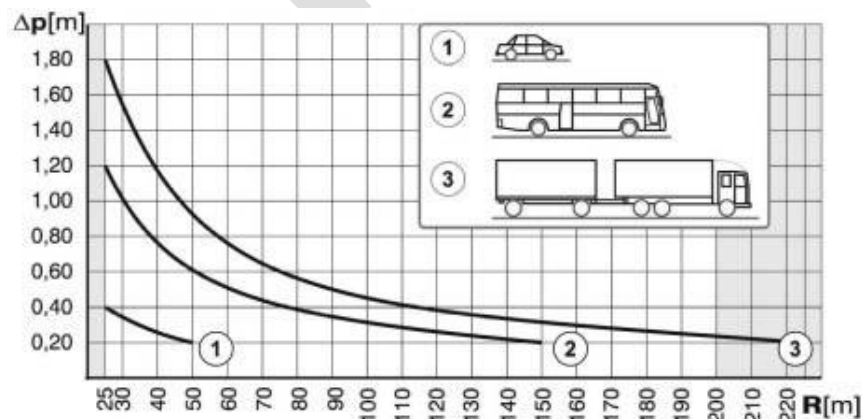
6.6.1. Величина проширења

Проширење коловоза изводи се за све кривине радијуса $25 < R < 200 \text{ m}$. За кривине $R > 200 \text{ m}$ вредност проширења је веома мала па се може занемарити, док се кривине радијуса $R < 25 \text{ m}$ морају посебно обликовати према кривој трагова (тачка 6.5.1 овог прилога).

Потребно проширење поједине возне траке одређује се зависно од типа меродавног возила. Вредности проширења за меродавна возила приказане су на слици 6-09 овог прилога.

Укупно проширење за n саобраћајних трака износи $P = \sum^n (\Delta p_i)$, где је Δp_i - вредност проширења за поједину возну траку.

У анализи укупног проширења меродавне су димензије стандардних типова возила која се могу наћи у ситуацији да се мимоилазе у кривини.

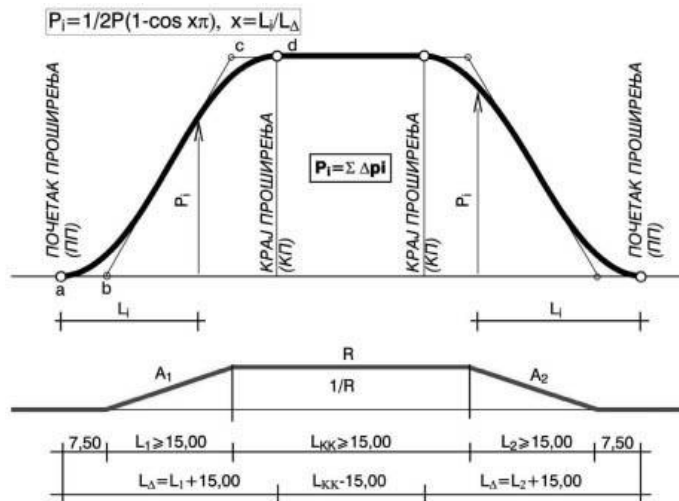


Слика 6-09: Потребна величина проширења возне траке у кружној кривини.

6.6.2. Извођење проширења

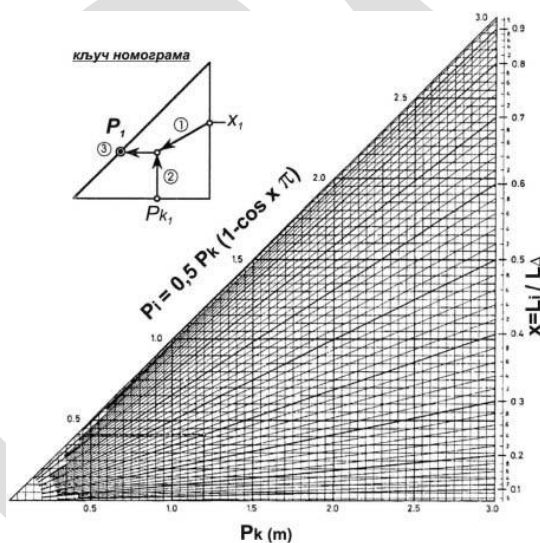
Проширење се изводи са унутрашње стране кривине. При томе се захтева да се одржи континуитет ивичне линије пута. Да би се то остварило, минимална дужина кружног лука мора бити већа од 15,00 m, а минимална дужина прелазнице такође мора бити већа од 15,00 m. Ако нису испуњени ти геометријски услови, обликовање ивичних линија се мора вршити применом криве трагова.

Расподела проширења се врши као што је то приказано на слици 6-10 овог прилога.



Слика 6-10: Шематски приказ расподеле проширења у простој путној кривини.

Вредности проширења на произвољном месту подручја проширења одређује се на основу номограма приказаног на слици 6-11 овог прилога.



Слика 6-11: Номограм за одређивање расподеле проширења на прелазној кривини.

7. ПРОЈЕКТНИ ЕЛЕМЕНТИ ПОДУЖНОГ ПРОФИЛА

7.1. Нагиби нивелете

Са становишта безбедности саобраћаја, експлоатационих ефеката, еколошких последица и квалитета саобраћајног тока, треба да имају што је могуће мање вредности подужних нагиба, односно нагиба нивелета.

7.1.1. Минимални нагиб нивелете, $\min i_N$ (%)

Минимални нагиб нивелете одређује се из услова одводњавања, при чему се пут може пројектовати и са хоризонталном нивелетом ($\min i_N = 0$ %) ако се површинске воде могу ефикасно одводити попречним нагибом коловоза. Ако се труп пута налази у усеку, а одводњавање се решава подужним вођењем воде риголама или каналима, тада се захтева да је $\min i_N \geq 0,8$ (1,0) %, који обједињује услове витоперења коловоза и минималне хидролошке услове отицања, односно треба бити испуњен услов:

$$i_N - i_{iv} \geq \min i_{hid} \text{ где}$$

је:

i_N (%) - нагиб нивелете; i_v (%) -

нагиб рампе виоперења;

$\min i_{hid}$ (%) - минимални хидраулички пад за отицање вода у функцији примењеног типа ригола или канала (бетонски, камени, затрављен и др.).

Када није могуће постићи услове за наведене минималне вредности, неопходно је применити посебне системе виоперења и обраде површине коловоза (примена тзв. кровастог (дијагоналног) виоперења и/или примена специфичних коловозних конструкција, нпр. "порозни асфалт").

Угрожена подручја пута са становишта отицања површинских вода са коловоза треба посебно анализирати применом тзв. нивелационих планова коловозне површине са еквидистанцом изохипси 2-5 см. и детаљном анализом отицања површинских вода применом тзв. **дијаграма резултујућих нагиба** (поглавље 8. овог прилога).

Минимални нагиб нивелете на мостовима и у тунелима износи 0,5 %.

7.1.2. Максимални нагиб нивелете, $\max i_N$ (%)

Максимална вредност нагиба нивелете за ванградске путеве зависи од категорија терена и пута (табела 7-01 овог прилога).

У примени $\max i_N$ битан фактор је дужина на којој постоји тај нагиб, а утицај који тај нагиб има на проточност, безбедност вожње, еколошке последице и инвестициона улагања мора се посебно утврдити како са становишта обликовања елемената пројектне геометрије, тако и са становишта вредновања варијантних решења.

Табели 7-01: Максималне вредности нагиба нивелете.

Vr (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$\max i_N$ (%)	10(12)*	9(10)	8(9)	7(8)	6(7)	5,5(6)	5	4,5	4	4

*) у изузетни случајевима.

На подручју површинских раскрсница ограничава се примена максималних подужних нагиба на 4 % из пројектних и саобраћајно-техничких разлога.

На тунелским деоницама препоручује се примена подужних нагиба не већих од 2,5 %, а као апсолутни максимум може се применити подужни нагиб $\max i_N \leq 4$ %.

7.2. Вертикалне кривине

Вертикални преломи се заобљавају кружним луком радијуса R_v . Облик функције заобљења је квадратна парабола која са довољно тачности апроксимира круг и која је дата изразом:

$$y = x^2 / 2R_v \text{ где}$$

је:

y (m) - ордината квадратне параболе; x

(m) - апсциса квадратне параболе;

R_v (m) - окулаторни круг квадратне параболе (радијус заобљења вертикалне кривине).

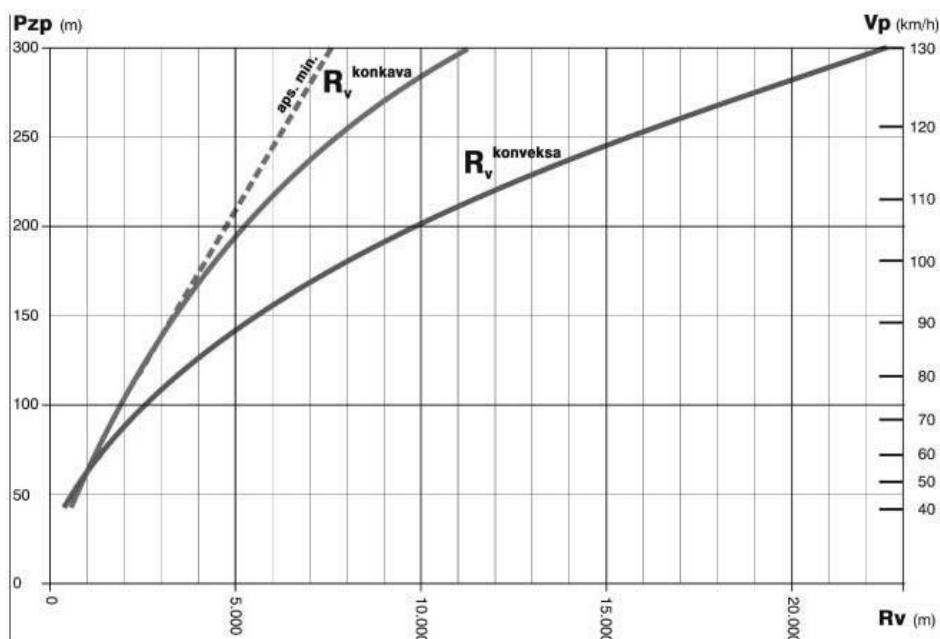
7.2.1. Минималне вредности радијуса заобљења

Минималне вредности конвексних и конкавних вертикалних кривина одређене су у складу са обезбеђењем зауставне прегледности за дневну и ноћну вожњу.

У табели 7-02 овог прилога дате су минималне вредности радијуса вертикалних кривина за конвексна и конкавна заобљења у функцији рачунске брзине, док је на слици 7-01 овог прилога приказана зависност радијуса вертикалних кривина од зауставне/захтеване прегледности и брзине вожње.

Табели 7-02: Минималне вредности радијуса вертикалних кривина.

Vr (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$\min R_v \text{ konk. (m)}$	550	900	1.250	1.800	2.500	3.250	4.250	5.750	8.250	11.250
$\min R_v \text{ konv. (m)}$	400	800	1.250	2.000	3.500	5.500	8.000	11.500	16.500	22.500



Слика 7-01: Радијуси вертикалних кривина (конвексних и конкавних).

7.2.2. Максималне вредности радијуса вертикалних кривина

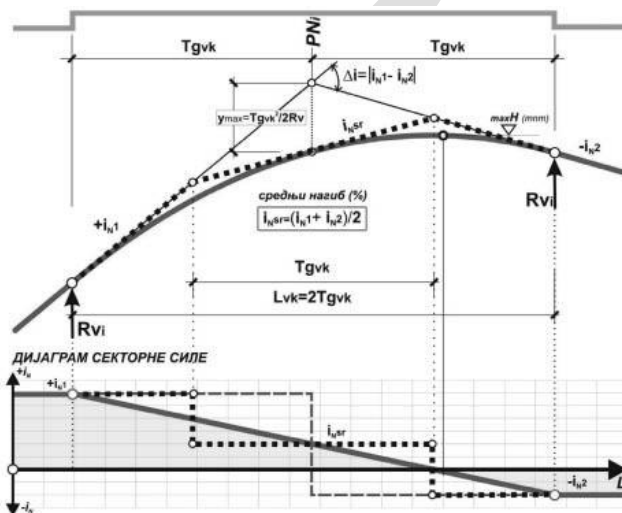
У примени максималних вредности радијуса вертикалних кривина практично не постоји ограничење, али се мора водити рачуна о односу суседних радијуса вертикалних кривина (конкавних и конвексних) и усклађености дужина вертикалних кривина. У погледу услова геометријске компатибилности облика могу се применити величине радијуса које као гранични случај имају заједничку тачку додира двеју вертикалних кривина исте или супротне закривљености.

Препорукује се да се примењују дужине вертикалних кривина (L_{vk}) не мање од двоструке вредности пројектне брзине (V_p), односно:

$$L_{vk} (m) \geq 2 V_p (km/h).$$

7.2.3. Апроксимација вертикалне кривине

За геометријске и возно динамичке анализе траса путева, као и за анализе прегледности може се апроксимирати вертикална кривина средњом вредношћу нагиба прелома који влада на половини њене дужине (слика 7-02 овог прилога).



Слика 7-02: Апроксимација вертикалне кривине.

8. ПРОЈЕКТНИ ЕЛЕМЕНТИ ПОПРЕЧНОГ ПРОФИЛА

8.1. Димензионисање попречног нагиба коловоза

Ради ефикаснијег савлађивања центрифугалне силе, побољшања оптичког вођења и ефикаснијег одводњавања површинских вода, коловоз се у хоризонталним кривинама гради са увећаним попречним нагибом. Величина и смер тог нагиба зависе од примењеног радијуса и ширине пута, односно меродавних возно динамичких параметара. Попречни нагиб коловоза је оријентисан према средишту кривине и изводи се у

једностраном паду. Попречни нагиб на правцу је у једноличном нагибу и његова вредност одговара минималним условима успешног одвођења површинских вода с коловоза.

8.1.1. Граничне вредности поправног нагиба коловоза (i_p - правац, i_{pk} - кривина)

Минимални поправно нагиб ($\min i_p$, односно $\min i_{pk}$) износи **2,5 %** у правцу и у кривини чији је радијус једнак или већи од граничног, односно у кривини с негативним нагибом (тзв. контра нагибом).

Максимални поправно нагиб ($\max i_{pk}$) износи **7%**. Изузетно, вредност поправног нагиба коловоза у кривинама може се повећати на **8 %** у пројектима рехабилитације путева, посебно рехабилитације аутопутева, када би економски била неприхватљива промена радијуса кривина минималног радијуса (нпр. изведено стање $R_{\min} = 750 \text{ m}$ за $V_r = 120 \text{ km/h}$ према раније важећим прописима, односно, $V_{ri} = 130 \text{ km/h}$, $R_{\min} = 800 \text{ m}$, према овим прописима).

На серпентинским окретницама примењује се максимална вредност поправног нагиба **9%**. При том се ограничава вредност резултујућег нагиба коловоза на **10%**, тј. $i_{rez} \leq 10\%$, што значи да је максимална вредност подужног нагиба у подручју окретнице $i_N \leq 4,5 \%$.

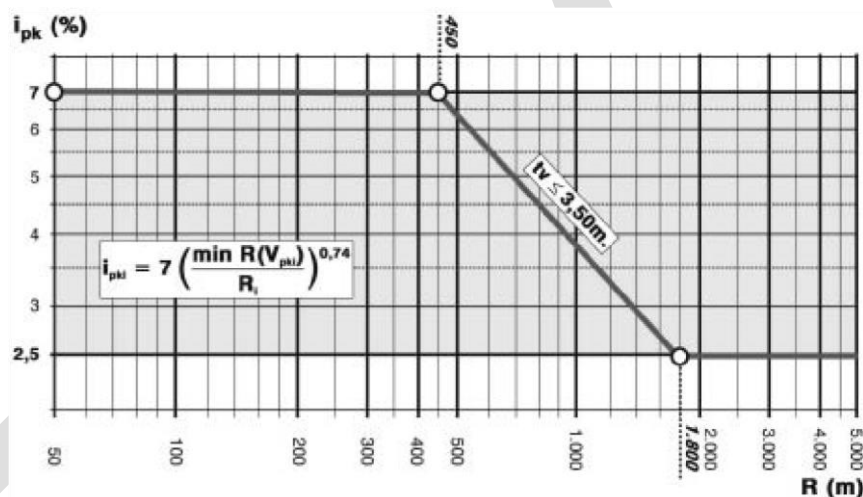
8.1.2. Поправно нагиб коловоза у кривинама

Поправно нагиб коловоза у кривинама различитих радијуса и различитих класа путева одређује се на основу дијаграма датих на сликама 8-01 и 8-02 овог прилога. Вредност поправног нагиба заокружује се на већих 0,5 %. По дефиницији максимална вредност поправног нагиба примењује се у кривинама минималног радијуса $\max i_{pk} = 7\%$. Ако се у кружној кривини смањује пројектна брзина под утицајем подужног нагиба, тада се вредност поправног нагиба одређује на основу израза: $i_{pk} = 7(\min R(V_{pk}) / R_i)^{0,74} (\%)$, где је:

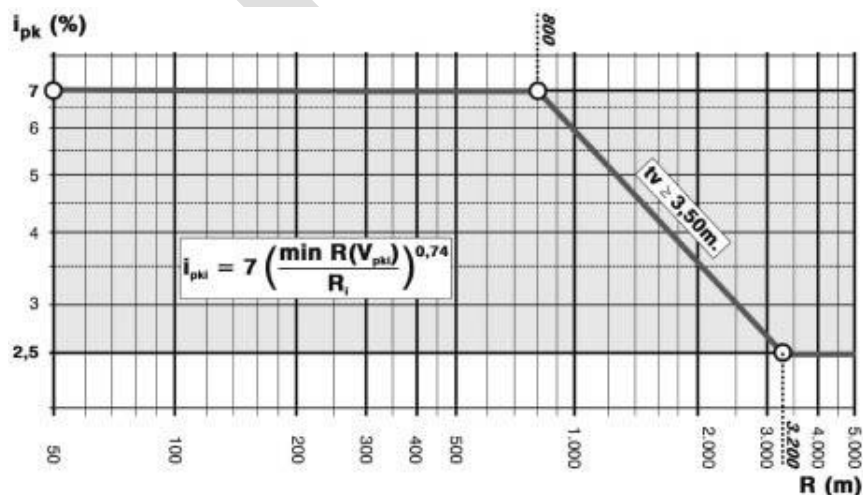
i_{pk} - поправно нагиб коловоза у i -тој кривини (%);

$\min R(V_{pk})$ - минимални радијус хоризонталне кривине у функцији резултујуће вредности пројектне брзине у i -тој кривини (m); R_i -

радијус i -те кривине (m).



Слика 8-01: Номограм за одређивање величине поправног нагиба коловоза у кривинама (двотрачни путеви и вишетрачни путеви).



Слика 8-02: Номограм за одређивање величине поправног нагиба коловоза у кривинама (аутопутевима).

У кривинама одређених радијуса (табела 8-01 овог прилога), могућа је примена негативног попречног нагиба, тзв. контранагиба ($i_{pk} = -2,5\%$), ако се таквим решењем битно утиче на смањење инвестиционих улагања.

Табела 8-01: Полупречници кривина (R') са негативним попречним нагибом ($i_{pk} = -2,5\%$).

Vr (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R' (m)	-	-	-	-	2.500	2.500	3.000	4.000	4.500	5.000

Попречни нагиб осталих коловозних трака (ивичне траке, зауставне траке и сл.) прате основни попречни нагиб возних трака, док од тога може одступити једино у нивелационом уклапању изливних, односно уливних трака ако се појаве тзв. грбине када се оштрина прелома (Δi) ограничава на 5 %.

8.2. Витоперење коловоза

Витоперење коловозне плоче ради постизања потребног попречног нагиба врши се око осовине коловоза или око једне коловозне ивице на прелазној кривини ако се на почетку кружне кривине постигне потребан попречни нагиб (i_{pk}).

8.2.1. Витоперење око осовине коловоза

Витоперење око осовине коловоза се примењује на свим двосмерним путевима и аутопутевима са самостално вођеним коловозима.

8.2.2. Витоперење око ивице коловоза

Витоперење око ивице коловоза се примењује углавном на једносмерним коловозима у склопу денивелисаних раскрсница и на аутопутевима који су пројектовани с минималном ширином средње разделне траке ($R_t = 4,00-1,50$ m). У првом случају витоперење се обавља око унутрашње ивице коловоза у кривини, док се у другом случају (тј. на аутопутевима) витоперење обавља око коловозне ивице уз разделну траку (лева ивица коловоза), чиме се постиже стандардно нивелационо решење средње разделне траке, што има и техничке и естетске предности у односу на другачији третман.

8.2.3. Граничне вредности рампе витоперења

Нагиб рампе витоперења (i_{rv}) јесте разлика подужног нагиба ивице витоперења и осовине око које се врши витоперење. Одређује се на основу израза:

$$i_{rv} = b \cdot (i_{pk} - i_p) / L_{rv} (\%) \text{ где}$$

је:

i_{rv} - нагиб рампе витоперења (%);

b - одстојање ивице коловоза од осовине витоперења (m); i_{pk} - попречни нагиб коловоза на крају подручја витоперења (%); i_p - попречни нагиб коловоза на почетку подручја витоперења (%); L_{rv} - рампа витоперења (m).

Вредности максималног нагиба рампе витоперења дате су у табели 8-02 овог прилога.

У свим преломима рампи витоперења оштрине веће од 1 % заобљавају се ивице коловоза радијусом заобљења који је дефинисан следећим изразом:

$$R_v \geq 2 \cdot 15 / i_{rv} (m).$$

Табела 8-02: Максималне вредности нагиба рампе витоперења.

Vr (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
max i_{rv} (%)	1,5				1,0		0,9			

Најмање допуштене вредности нагиба рампе витоперења су:

за витоперење око осовине коловоза: **min $i_{rv} = 0,2\%$** за

витоперење око ивице коловоза: **min $i_{rv} = 0,4\%$**

Вредност критичног попречног нагиба утврђује се на: **krit $i_p = 2,5\%$** , односно **min.krit $i_p = 1,5\%$** и ове вредности су меродавне код двостепеног витоперења у зони инфлексije.

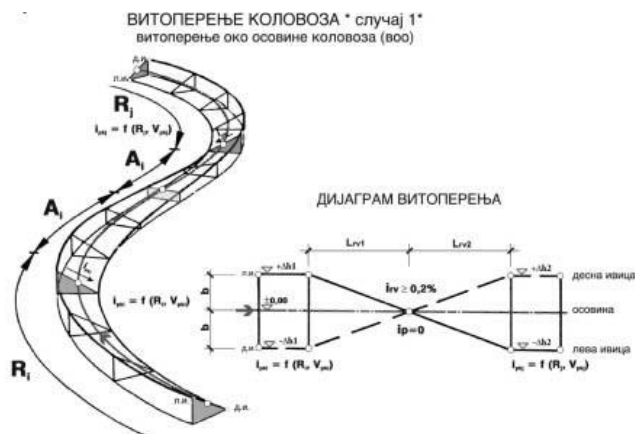
Ако су вредности резултујућег нагиба коловозне површине (најчешће у зонама инфлексije) мање од вредности критичног нагиба отицања површинских вода, могу се применити и специјалне форме витоперења формирањем кровастог профила у угроженој зони на дужини која је дефинисана у табели 8-03 овог прилога.

Табела 8-03: Минималне дужине "кровастог (дијагоналног) витоперења".

Vp (km/h)	60	70	80	90	100	110	120	130
L_k (m)	40	50	60	70(80*)	100	125	135	150

*) важи за вишетрачне путеве.

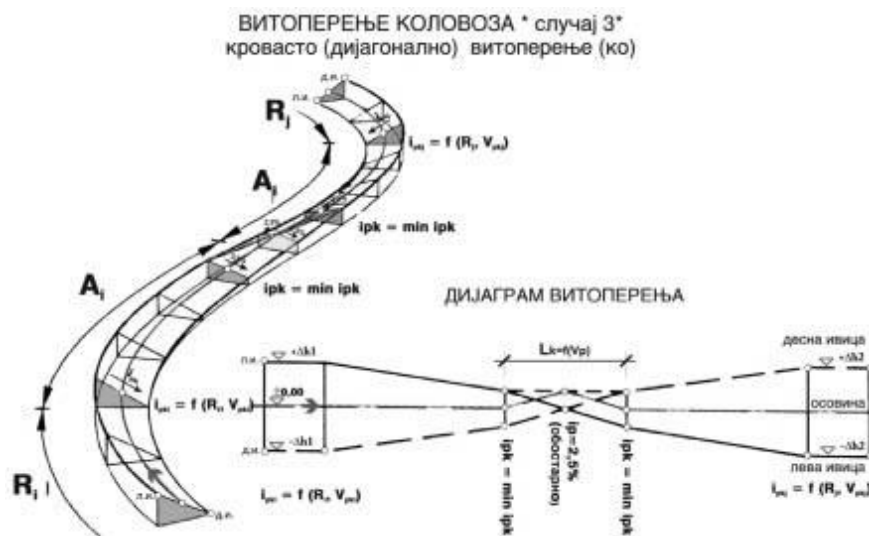
Основне шеме витоперења приказане су на сликама 8-03, 8-04, 8-05 и 8-06 овог прилога. На слици 8-07 овог прилога приказани су начини витоперња постелице (планума) пута. Дијаграм резултујућег нагиба одводњавања приказан је на слици 8-08 овог прилога.



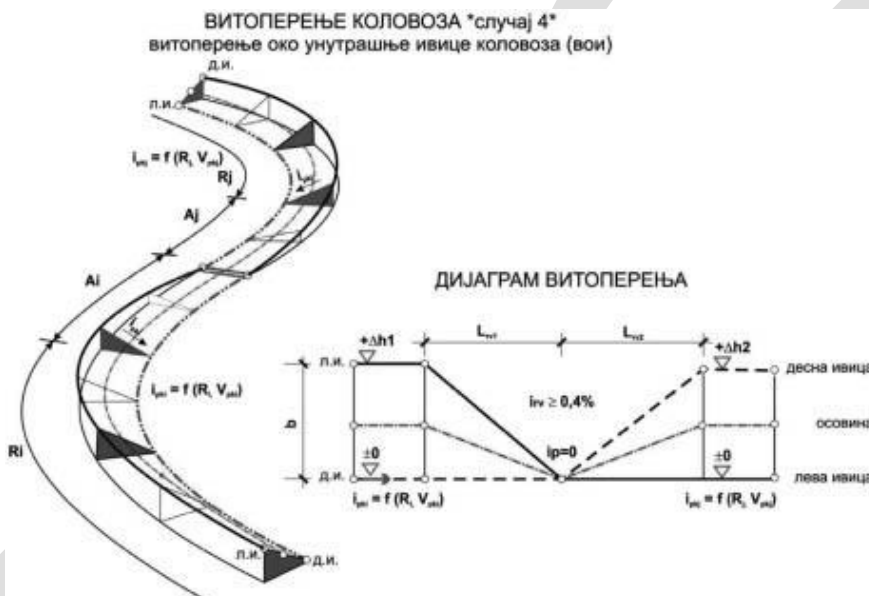
Слика 8-03: Континуална промена попречног профила.



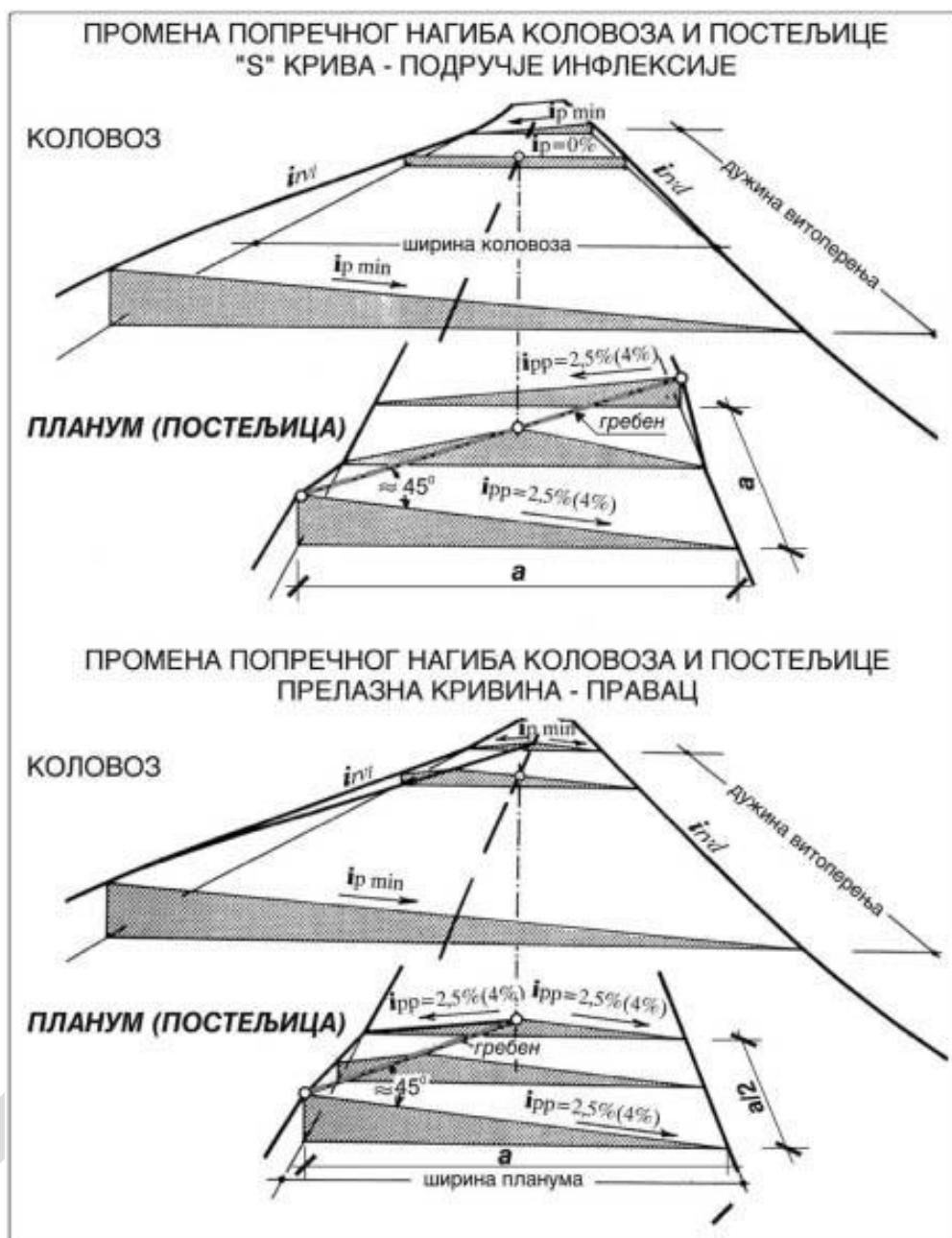
Слика 8-04: Двостепена промена попречног профила.



Слика 8-05: Двостепена промена попречног профила са кровастим (дијагоналним) витоперењем.

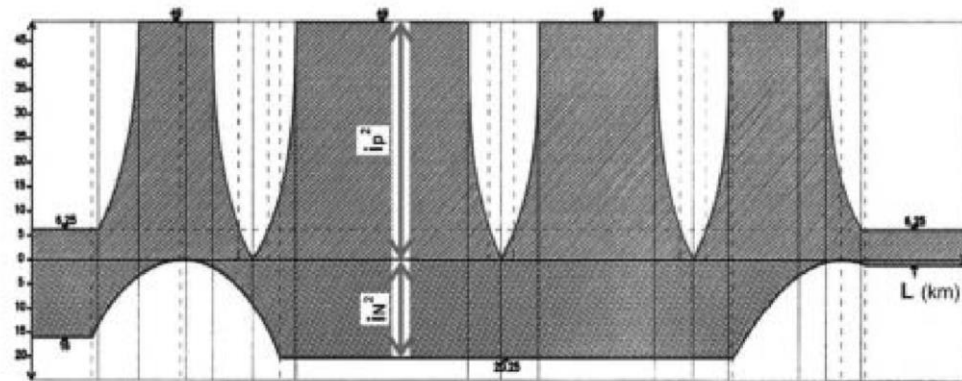
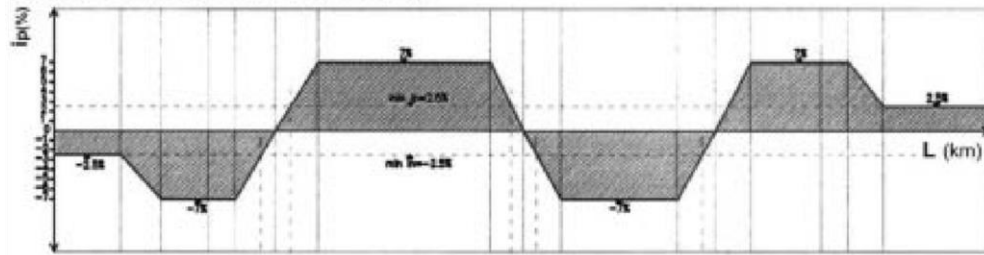


Слика 8-06: Континуална промена попречног профила - витоперење око ивице коловоза.

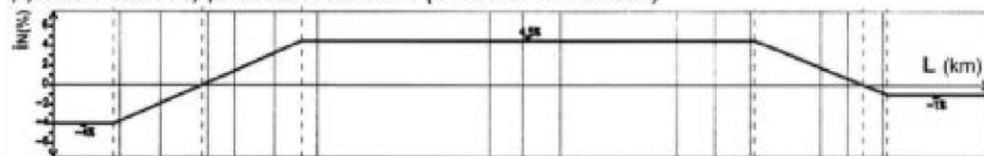


Слика 8-07: Витоперење планума (постељице) пута.

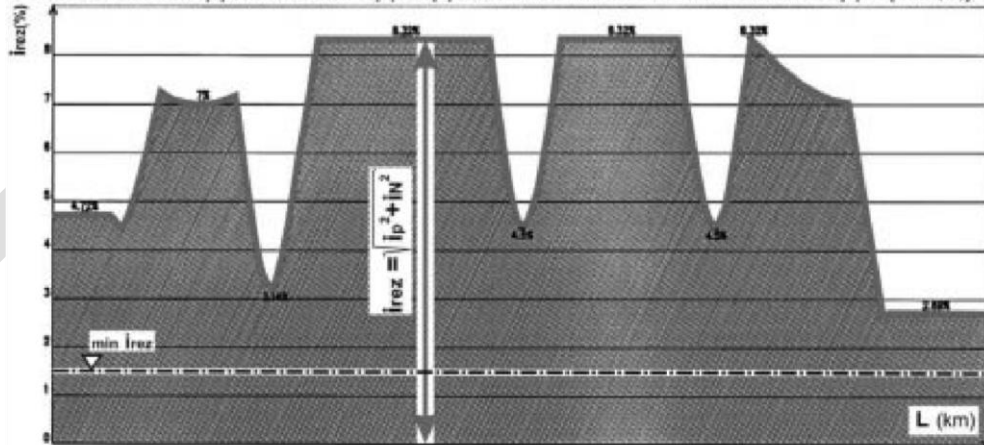
ДИЈАГРАМ ПОПРЕЧНИХ НАГИБА



ДИЈАГРАМ ПОДУЖНИХ НАГИБА (СЕКТОРНА СИЛА)



РЕЗУЛТУЈУЋИ ДИЈАГРАМ ОДВОДЊАВАЊА ПОВРШИНСКИХ ВОДА (i_{rez} %)



Слика 8-08: Дијаграм резултујућег нагиба одводњавања.

9.1. Геометријско обликовање

Геометријско обликовање је складно компоновање пројектних елемената са циљем стварања просторне слике пута која оставља визуелно позитивне утиске и возачима улива осећај сигурности.

У визури слободне прегледности $P_s = 6 V_p$ у видном пољу возача једновременно се може наћи више геометријских облика који заједно оцртавају просторни ток трасе, па је неопходно у трасирању водити рачуна и о оптичким својствима сваког пројектног облика и о геометријским комбинацијама из којих се ствара целовита просторна слика.

Потребно је да буду усклађени геометријски елементи трасе пута у ситуационом плану и подужном профилу, како у појединачним пројекцијама, тако и здружено у простору. Основно правило просторног трасирања везује се за континуитет попречног профила, ситуационог плана и подужног профила.

9.1.1. Попречни профил

Промене у попречном профилу треба да буду постепене. У том погледу правац није погодан због могућности стварања погрешних утисака о ширини коловоза. Све промене попречног профила треба реализовати у кривинама. Изузетак од овог правила је деоница почетка траке за спору возњу коју треба предвидети на правцу или у зони инфлексije због повољнијих услова прегледности.

9.1.2. Ситуациони план

Величина и међусобни однос примењених елемената битно утичу на обликовне квалитете трасе пута.

Са оптичког аспекта правац је геометријски облик у којем је најизразитији феномен недогледа, где се ствара илузија о односу величина одстојање, што за последицу може имати погрешну процену и neodговарајућу реакцију возача уз неповољан психолошки ефекат монотоније услед фиксне визуре. Стога је примена правца оправдана само у случајевима дефинисаним у тачки 6.1. овог прилога, у ком су дате и границе примене тог елемената.

Кружни лук, за разлику од правца, има ликовне квалитете који се могу успешно реализовати ако су испуњени услови дефинисани у тачки 6.2. овог прилога, који се пре свега односе на његову дужину. Примењена дужина кружног лука је:

$$1,4 V_p \leq L_k \leq 6 V_p, \text{ где је: } V_p \text{ у (km/h), а } L_k \text{ у (m).}$$

Клотоида као равноправан елемент у трасирању ствара најповољније оптичке ефекте, па та њена особина надмашује уско схваћен возно динамички смисао тзв. прелазне кривине. Зато се у избору и примени одговарајућег параметра клотоиде мора полазити не са гледишта минималних конструктивних потреба, већ знатно шире - са гледишта путне естетике. У том погледу најповољнија ликовна решења постижу се при односу:

$$L_p : L_k : L_p = 1 : 1 : 1, \text{ при } R/3 \leq A \leq R$$

Истосмерне кривине с кратким међуправцем стварају утисак полигоналне осовине пута, па их треба заменити применом једне кривине већег радијуса или сложеном "јајастом кривом" са помоћним кругом изван прикључних кривина.

Неоправдана је примена кривине супротне закривљености с кратким међуправцем. Исправно решење је континуална "S" - кривина истог или евентуално различитог параметра клотоиде.

Примена неусаглашених радијуса хоризонталних кривина изазива поред динамичке и оптичку нехомогеност, па се у сваком случају треба придржавати услова дефинисаних у тачки 6.2. овог прилога.

Основни просторни облици у трасирању приказани су на слици 9-01 овог прилога.

9.1.3. Подужни профил

Нагиби нивелете су практично неуочљиви ако су вредности мање од $i_n \leq 3 \%$. Нагиби нивелете $i_n \geq 4 \%$ могу да делују веома непријатно ако се експонирају дугом правцу због тзв. ефекта зида, па се у тим случајевима оптичко побољшање постиже вијугањем трасе.

Вертикалне кривине делују оптички повољно само ако имају одговарајућу дужину. Као најбоља мера оптичке удобности узима се дужина вертикалне кривине у границама изострене визуре прегледности:

$$L_{vk} = P_i = 3 V_p, \text{ а као пожељни минимум: } L_{vk} = 2 V_p.$$

У ликовном погледу конкавна вертикална кривина је осетљивији елемент од кривине конвексног типа, па се у њеном димензионисању мора полазити са становишта сагледљивости као што је наведено.

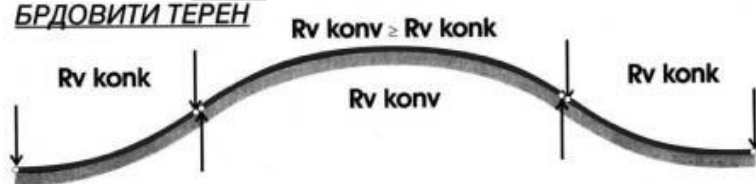
Када се нивелета пута стриктно повија по терену, може се догодити "губитак трасе" у видном пољу, па је у том случају задовољавајуће решење само укрупњавање потеза нивелете.

У брдовитим и планинским теренима конвексне вертикалне кривине су генерално већег радијуса од конкавних вертикалних кривина, док је у равничарским теренима обрнута ситуација (слика 9-02 овог прилога).

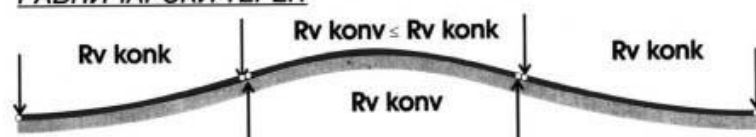
ситуациони план	подужни профил	просторни ток трасе

Слика 9-01: Основни просторни елементи трасе пута.

БРДОВИТИ ТЕРЕН



РАВНИЧАРСКИ ТЕРЕН



Слика 9-02: Односи конкавних и конвексних заобљења.

9.1.4. Просторно трасирање

На трасама које се у ситуационом плану воде континуалним кривинским облицима једино исправно место за прелом нивелете је у средишту кружне кривине, чиме се постижу повољни оптички и конструктивни ефекти (слика 9-03 овог прилога).

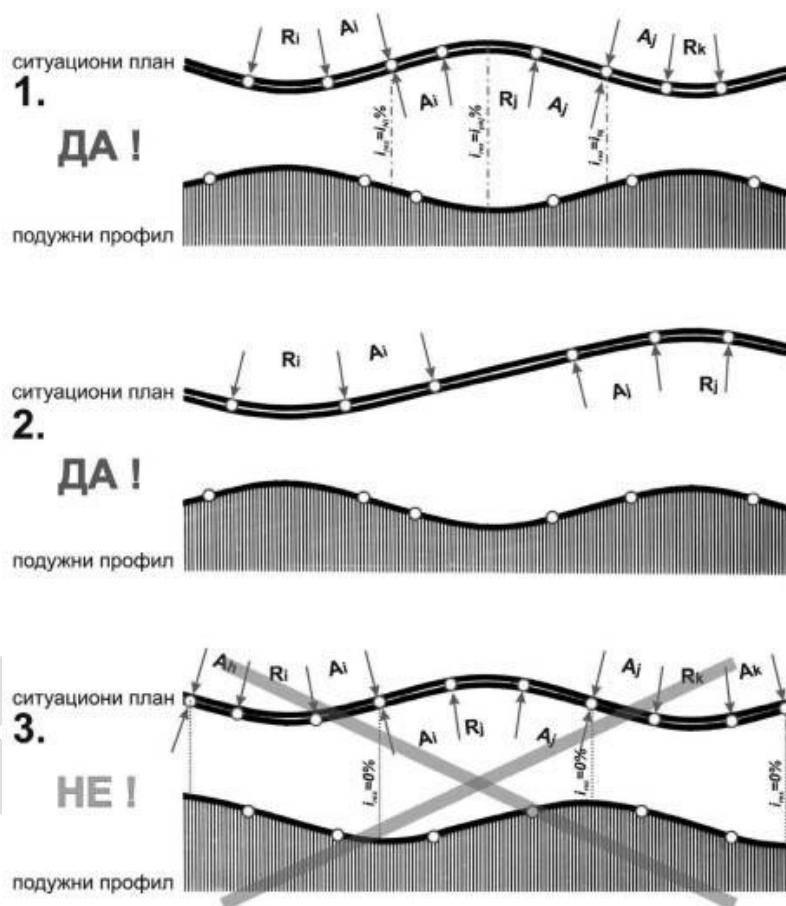
Повољан просторни ток трасе постиже се ако је однос радијуса вертикалних (R_v) и хоризонталних (R_h) кривина:

$R_{vert.} \sim 8-10 R_{horiz.}$

У том случају, уз поклапање вертикалног прелома са средином хоризонталне кривине, може се говорити о формирању тзв. једнораванске кривине која има најповољнија својства просторне прегледности.

Преломи нивелете у правцу захтевају брижљиво преиспитивање с гледишта утицаја на сагледљивост хоризонталних кривина. То посебно важи за конвексне прелома који могу потпуно да сакрију закривљеност трасе. Стога крај заобљења вертикалне кривине и почетак хоризонталне кривине морају да буду на одстојању $\geq 2 V_p$ (m).

Највећи оптички промашаји настају због уситњеног ритма нивелете и неадекватних дужина вертикалних кривина. Због тога је нужно ускладити дужине хоризонталних и вертикалних кривина и проверити примењене елементе анализом статичких и/или динамичких перспектива с положаја ока возача, тзв. визуализацијом пројектних решења.



Слика 9-03: Просторно усклађење путних пројекција:

1. најбоље решење (поклапање хоризонталних и вертикалних радијуса);
2. задовољавајуће решење ($i_{кр} \geq i_{krit}$);
3. незадовољавајуће решење ($i_{кр} = 0$).

9.2. Пут и околина

9.2.1. Пејзажно обликовање

За успешно уклапање пута у пејзаж потребно је да буду предузете две врсте мера: геометријско обликовање контурних линија путног појаса и оплемењивање путног појаса зеленилом у складу с природном средином и захтевима оптике пута.

Поред значајног удела у стабилности путне конструкције, косине имају значајну улогу у ликовном уклапању трупа пута у терен, а такође и у побољшању визуелних утисака места возача, о чему је излагано у тачки 5.1. овог прилога.

Зеленило је посебно значајан елеменат обликовања путног појаса којим се постиже физичка и ликовна равнотежа природне средине поремећене насилним захватима у терену, стварају визуелне доминанте које оцртавају просторни ток пута и директно утичу на перцепцију возача, смањују утицај завејавања и засењивања фаровима, ублажавају дејства ветра и смањују утицај аеро загађења.

Мерама пејзажног обликовања не сме се угрозити безбедност вожње, односно захтеви прегледности (захтевана Рзр, претицајна Рр) морају бити у потпуности испуњени.

9.2.2. Обликовање путних објеката

Инжењерске конструкције које се примењују на путевима поред своје примарне улоге (стабилности и функционалности) имају и изражену ликовну димензију која равноправно учествује у формирању просторне слике пута.

Потпорни зидови могу се приближити природи, околини пута, ако имају континуалну линију, ако су умерене висине и ако су им видне површине брижљиво обрађене. У комбинацији са зеленилом могу бити искоришћени за оптичко вођење трасе.

За мостове постоји више могућности обликовања, а да би се у потпуности искористиле, треба да буду испуњена два услова:

- а) мост треба да буде подређен току трасе у свим пројекцијама;
- б) мост мора да поседује унутрашњу хармонију конструктивних облика.

Надвожњаке треба радити с максималним могућим светлим отвором, а мостове на траси треба укомпоновати у кривинске облике који омогућавају пуну сагледљивост.

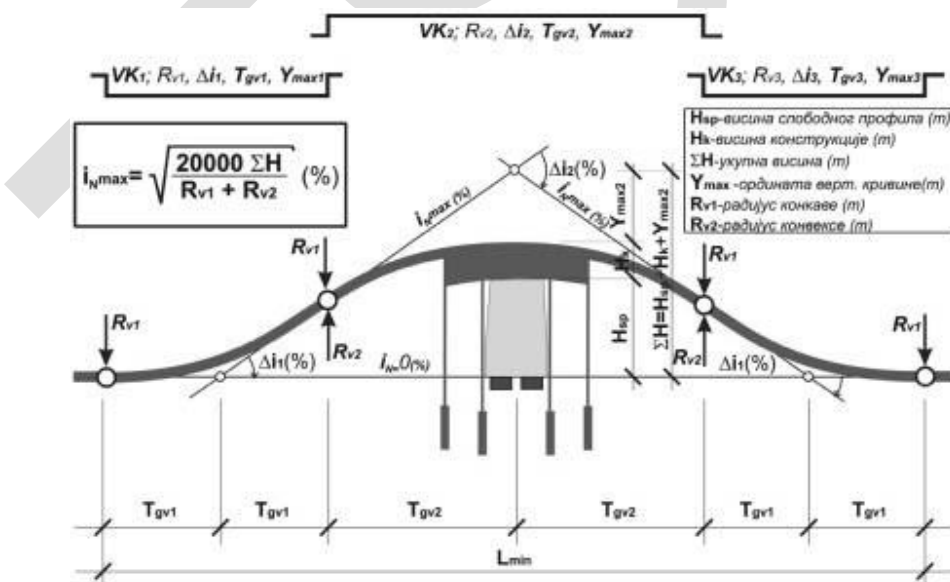
У погледу оштрине прелома нивелете, а у циљу минимизације конструкције моста и навоза, важе следећи принципи:

1) Кад аутопут прелази преко сувоземних комуникација, оштрина прелома (конвексе) не треба да буде већа од $\Delta i \leq 4,5\%$, уз поштовање услова о односу конкавног и конвексног заобљења утврђеног у тачки 7.1.2. и 9.1.3. овог прилога.

На преласцима осталих категорија путева (вишестрачни или двотрачни) преко сувоземних комуникација максимални нагиб навоза се ограничава на 3 % (оштрина прелома 6 %), изузетно 4 % (оштрина прелома 8 %) уз поштовање ставова о односу суседних радијуса конвексе и конкаве (тачка 9.1.3. овог прилога). Геометријски услови за прорачун максималног нагиба уз минимизацију укупне дужине приказани су на слици 9-04 овог прилога.

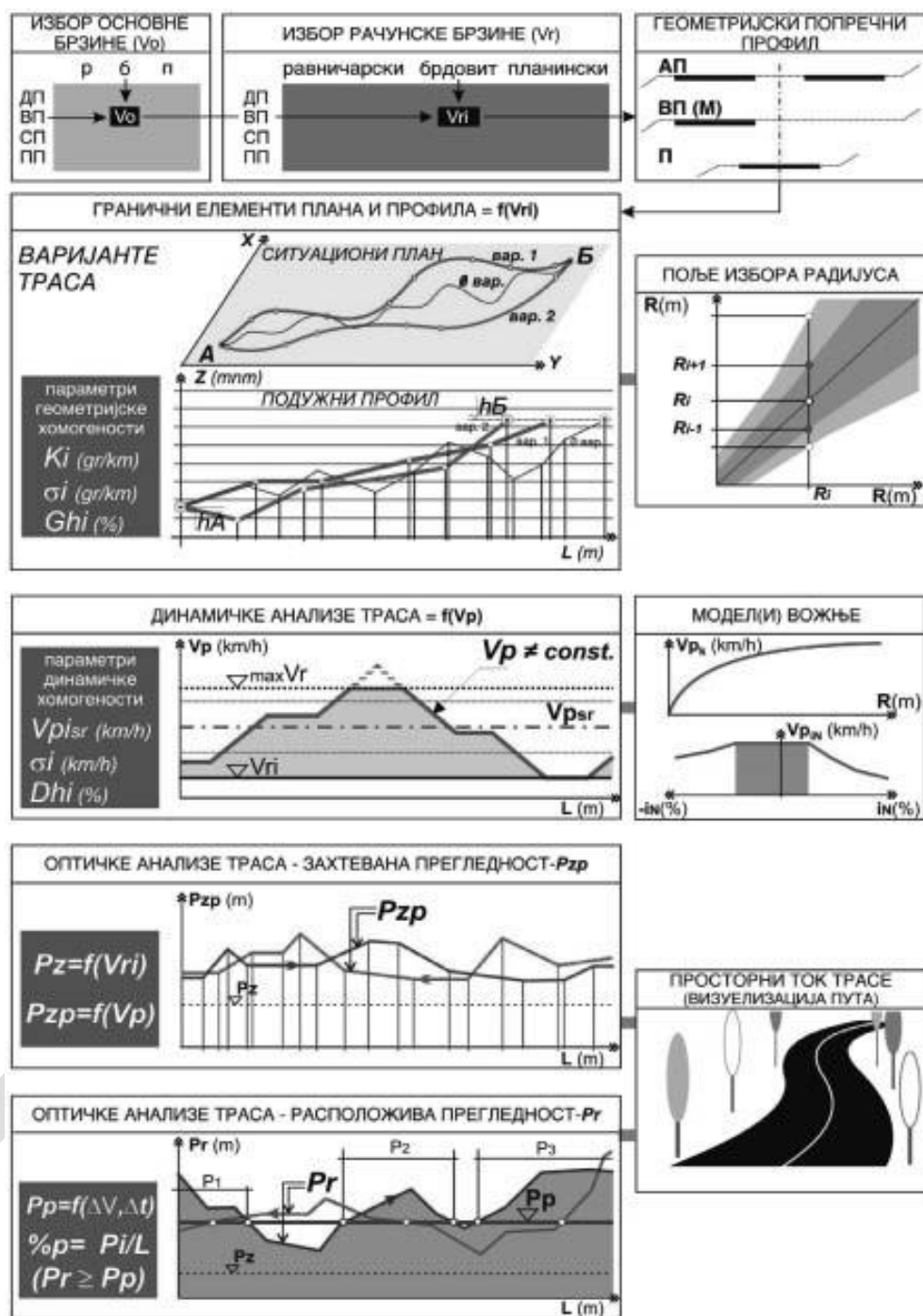
Обликовање тунелских портала треба усагласити са околним тереном и прилагодити порталну конструкцију функционалним и естетским принципима да би оставила што је могуће повољнији утисак на возача. Треба тежити једноставним решењима уз примену лаких и транспарентних конструкција, чије детаље треба веома брижљиво пројектовати.

Посебна пажња мора се посветити и саобраћајној и грађевинској опреми, као што су: маркација коловоза, заштитне и сигурносне ограде, смерокази, вертикална сигнализација, путна сигнализација и сл. Та опрема има улогу оптичког вођења и изузетно је значајна са становишта безбедности вожње, па се примена наведених елемената мора веома брижљиво анализирати.



Слика 9-04: Геометријско одређивање минималних дужина навоза (max iN) када пут прелази преко сувоземних комуникација.

9.3. Синтезни приказ процеса пројектовања путева



Слика 9-05: Синтезни приказ процеса пројектовања ванградских путева.

ГРАНИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ ПЛАНА И ПРОФИЛА ПУТА		Рачунска брзина деонице Vri (km/h)									
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
СИТУАЦИОНИ ПЛАН	Највећа дужина правца (m)	-	-	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.600
	Најмања дужина правца (m) 	-	-	120	140	160	180	200	220	240	260
	Минимални радијус minR (m)	45	75	120	175	250	350	450	550	675	800
	Минимални радијус R'(i _м = -2,5%) (m)	-	-	-	-	2.500	2.500	3.000	4.000	4.500	5.000
	Минимални параметар клотоида minA (m)	35	55	75	100	125	155	195	230	270	300
ПОДУЖНИ ПРОФИЛ	Максимални подужни нагиб max <i>i_п</i> (%)	10(12)	9(10)	8(9)	7(8)	6(7)	5,5(6)	5	4,5	4	4
	Минимални подужни нагиб min <i>i_п</i> (%)	← на напону 0%, у усеку 0,8% (ригол), 1% (сегментни канал) →									
	Минимални радијус конкавног заобљења minRv конк. (m) 	550	900	1.250	1.800	2.500	3.250	4.250	5.750	8.250	11.250
	Минимални радијус конвексног заобљења minRv конв. (m) 	400	800	1.250	2.000	3.500	5.500	8.000	11.500	16.500	22.500
ПОПРЕЧНИ ПРОФИЛ	Максимални попречни нагиб max <i>i_п</i> (%)	7% (изузетно 8%)									
	Минимални попречни нагиб min <i>i_п</i> (%)	2,5%									
	Ширина возне траке tv (m)	2,75	3,00	3,00	3,25	3,25	3,50	3,50	3,75	3,75	3,75
ПРЕГЛЕДНОСТ	Минимални дужина зауставне прегледности minPz (m)	40	55	70	90	115	145	180	215	255	300
	Минимални дужина претицајне прегледности minPp (m)	260	320	370	430	480	540	600	-	-	-
	Минимални проценат (по смеру) претицајне прегледности min%Pp	20%							-	-	-