



# SMJERNICE ZA PROJEKTOVANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I NADZOR NA PUTEVIMA

## KNJIGA I: PROJEKTOVANJE

### DIO 1: PROJEKTOVANJE PUTEVA

#### Poglavlje 3: GEOMETRIJSKI ELEMENTI PUTA

Sarajevo/Banja Luka  
2005



**SADRŽAJ**

1	SAOBRAĆAJ .....	3
1.1	UČESNICI U SAOBRAĆAJU-VOZILA-OKOLINA.....	3
1.1.1	Učesnici u saobraćaju .....	3
1.1.2	Saobraćajne funkcije .....	3
1.1.3	Motorna vozila .....	5
1.1.4	Ostali učesnici u saobraćaju .....	9
1.1.5	Put i okolina puta .....	9
1.2	PODACI O SAOBRAĆAJU .....	11
1.2.1	Obim saobraćaja .....	11
1.2.2	Upotreba podataka o saobraćaju.....	11
1.2.3	Struktura vozila.....	12
1.3	SAOBRAĆAJNO OPTEREĆENJE I PROPUSNOST .....	13
1.3.1	Relevantno saobraćajno opterećenje .....	13
1.3.2	Propusna moć puta .....	14
1.3.3	Dimenzionisanje saobraćaja .....	15
1.3.4	Plansko razdoblje .....	16
1.3.5	Saobraćajna analiza elemenata puta .....	17
2	OSNOVE ZA ODREĐIVANJE DIMENZIJA ELEMENATA PUTA .....	19
2.1	VRSTE ELEMENATA PUTA.....	19
2.1.1	Tijelo puta .....	19
2.1.2	Tehnička klasifikacija puteva .....	19
2.1.3	Vrste brzina .....	20
2.1.4	Saobraćajne vozno-dinamičke količine .....	21
2.1.5	Standardne širine saobraćajnih traka .....	23
2.1.6	Uticaj saobraćajnog opterećenja .....	24
2.2	ULAZNI PARAMETRI ZA ODREĐIVANJE DIMENZIJA ELEMENATA PUTA .....	25
2.2.1	Na putevima koji pripadaju tehničkim grupama A, B, i C .....	25
2.2.2	Na putevima koji pripadaju tehničkoj grupi D (malosaobraćajni putevi) .....	25
2.2.3	Uticaj rezultirajućeg nagiba kolovoza .....	26
2.2.4	Uticaj minimalnih veličina nagiba na površinsko odvodnjavanje.....	27
2.2.5	Postupak određivanja dimenzija .....	27
3	POPREČNI PROFIL.....	29
3.1	OPŠTE NAPOMENE.....	29
3.2	SAOBRAĆAJNI I SLOBODNI PROFIL .....	31
3.2.1	Saobraćajni profil .....	31
3.2.2	Slobodni profil.....	31
3.3	ELEMENTI POPREČNOG PROFILA .....	36
3.3.1	Kolovozne trake .....	36
3.3.2	Prateće površine kolovoza .....	56
3.3.3	Kosine nasipa i usjeka .....	62
3.3.4	Ozelenjavanje područja duž puteva .....	63
3.4	STANDARDNI POPREČNI PROFILI .....	66
3.4.1	Vrste poprečnih profila na putu .....	66

3.4.2	Geometrijski poprečni profil.....	66
3.4.3	Tipski poprečni profili .....	67
3.4.4	Normalni poprečni profil.....	81
3.4.5	Karakteristički poprečni profil .....	84
3.4.6	Detaljni poprečni profil (DPP) .....	86
4	PROJEKTNI ELEMENTI PUTA .....	89
4.1	OSNOVE ZA IZBOR I USKLAĐENOST ELEMENATA PUTEVA .....	89
4.2	PREGLEDNOST.....	90
4.2.1	Razdaljina za smanjenje brzine kretanja, i preglednost .....	90
4.2.2	Zaustavna dužina i preglednost .....	90
4.2.3	Horizontalna preglednost .....	94
4.2.4	Vertikalna preglednost.....	94
4.2.5	Preglednost pri preticanju .....	96
4.2.6	Preglednost u području raskrsnice .....	97
4.3	OSOVINA PUTA U PROSTORU.....	98
4.3.1	Uvod .....	98
4.3.2	Normalan položaj osovine puta u poprečnom profilu.....	98
4.3.3	Položaj nivelete u poprečnom profilu .....	99
4.3.4	Skok osovine puta i nivelete .....	100
4.4	ELEMENTI SITUACIONOG PLANA .....	102
4.4.1	Prava.....	102
4.4.2	Kružni luk .....	103
4.4.3	Prelazna krivina.....	106
4.4.4	Spajanje i usklađenost horizontalnih elemenata.....	114
4.5	ELEMENTI PODUŽNOG PROFILA .....	117
4.5.1	Uzdužni nagib nivelete.....	117
4.5.2	Maksimalni nagibi nivelete .....	117
4.5.3	Minimalni nagib nivelete .....	118
4.5.4	Zaobljenje između tangent (vertikalne krivine) .....	119
4.5.5	Kompozicija i usklađenost susjednih elemenata nivelete .....	123
4.6	USKLAĐENOST ELEMENATA OSOVINE PUTA .....	124

# 1 SAOBRAĆAJ

Smjernica je podeljena u sledeće glavne djelove:

- učesnici u saobraćaju-vozila-okolina,
- podaci o saobraćaju,
- saobraćajno opterećenje i propusnost.

Smjernica temelji postojećim zakonskim aktima, pravilnicima i tehničkim standardima na teritoriji Bosne i Hercegovine, a dopunsko i na pojedinim Direktivama Europske Unije, koje direktno utiču na donošenje pojedinih mjera za povećanje efikasnosti puteva u smislu saobraćajnog povezivanja unutar Europe, povećanja saobraćajne bezbednosti i zaštite prirodne okoline.

## 1.1 UČESNICI U SAOBRAĆAJU-VOZILA-OKOLINA

### 1.1.1 Učesnici u saobraćaju

Učesnici u saobraćaju na putu su:

- Vozači motornih vozila i putnici u vozilima;
- Biciklisti;
- Pješaci; i
- Ostali učesnici (traktori i nemotorna vozila).

Određeni učesnici mogu da koriste iste ili odvojene saobraćajne površine. Upotreba istih ili odvojenih saobraćajnih površina se određuje na osnovu atributa i karakteristika određene kategorije puta, koji proizilaze iz njegove osnovne saobraćajne funkcije.

U slučaju da je put izgrađen sa odvojenim saobraćajnim površinama za različite učesnike, prelazi između površina moraju biti detaljno projektovani a prilikom paralelnog upravljanja potrebno je u obzir uzeti odgovarajuće udaljenosti u zavisnosti od brzine kretanja vozila na kolovozu (zaštitna/bezbjedna širina).

### 1.1.2 Saobraćajne funkcije

Saobraćajne funkcije puta su:

- Priključci na puteve za veće udaljenosti;
- Priključci;
- Prikupljanje;
- Obezbjedjenje pristupa.

U različitim vrstama saobraćajnih funkcija, učesnici na kolovozu su vozači motornih vozila, koji:

- Su u različitim psihofizičkim stanjima (umor, vrijeme potrebno za reakciju);
- Različito poznaju put i uslove na putu, s obzirom na frekventnost upotrebe (samo jednom, povremeno i često); i
- Imaju različiti stav prema upotrebi puta (stranci, lokalno stanovništvo).

U cilju obezbjeđenja racionalnog izbora elemenata puta, puteve sa različitim saobraćajnim funkcijama treba dimenzionisati uzimajući u obzir razlike između korisnika. Karakteristike su navedene u tabeli 1.

Prilikom određivanja nivoa udobnosti vozača i putnika u obzir je potrebno uzeti sljedeće:

- *Polje preglednosti* predstavlja područje koje vozač obuhvata jednim pogledom. Granice navedenog polja se određuju na osnovu širine (ugla) i dubine (dužine) pogleda, koji se u toku kretanja mijenjaju.

U sklopu polja preglednosti razlikujemo sljedeće površine:

- Oštra vidljivost (ugao  $\alpha=3\text{-}5^\circ$ );
- Relativna vidljivost (ugao  $\beta=10\text{-}15^\circ$ ); i
- Periferna vidljivost (ugao  $\gamma=120\text{-}180^\circ$ ).

Normalna oštra vidljivost – duljina preglednosti  $L_\alpha$  [ $m^1$ ] se određuje na osnovu sljedeće jednačine:

$$L_\alpha = t_\alpha \cdot v \approx 4 \cdot V$$

$t_\alpha$  [s] ..... Vrijeme trajanja vožnje sa najvećom oštrinom (12-14 s);

$v$  ..... Brzina vožnje u [ $m/s$ ];

$V$  ..... Brzina vožnje u [ $km/h$ ].

- *Vrijeme reakcije*  $t_r$ , treba da iznosi između 0.7 i 2.5 sekunde. Navedeno vrijeme je potrebno uzeti u obzir prilikom dimenzionisanja zaustavne preglednosti. Prilikom projektovanja puta, a s obzirom na vrstu tipičnih korisnika, u obzir je potrebno uzeti sljedeće vrijednosti:

- Normalna ..... 2.0 s;
- Prihvatljiva ..... 1.5 s;
- U izuzetnim slučajevima ..... 1.0 s.

Vrijeme reakcije, koje se uzima u obzir, može da bude kraće ili čak može da se isključi u slučaju da se radi o putevima čiji su česti korisnici vozači ( $t_r = 1.5$  s), sa trajno postavljenim preprekama (raskrsnice, prelazi, ostale fizičke prepreke) na koje je vozač upozoren saobraćajnim znakovima.

- *Bočno ubrzanje*  $a_R$ , koje uslovljava udobnost vožnje, iznosi:
  - Za udobnu vožnju ..... do  $2.5 m/s^2$ ;
  - Za prihvatljivu vožnju ..... do  $3.0 m/s^2$ ;
  - Gornja granična vrijednost .....  $3.5 m/s^2$ .
- *Bočni udar*  $x_{Ri}$  (promjena ubrzanja) [ $m/s^3$ ] se uzima u obzir u obimu između  $0.30 \leq x_{Ri} \leq 0.95$ , s tim da glavna vrijednost iznosi  $0.5 m/s^3$ .
- *Uzdužno ubrzanje*  $a_T$ , koje uslovljava udobnost vožnje, iznosi:
  - Za udobnu vožnju ..... do  $2.65 m/s^2$ ;
  - Za neudobnu vožnju ..... do  $3.45 m/s^2$ ;
  - Za posebne uslove vožnje .....  $4.25 m/s^2$ .
- *Uzdužni udar*  $x_{Ti}$  (promjena ubrzanja) je ograničen vrijednošću  $\max x_{Ti} = 2.5 m/s^3$ .

**Tabela 1: Psihofizički faktori i psihološka ograničenja vozača, te njihov uticaj na elemente**

Vrsta faktora	Projektni elementi puta
Polje preglednosti	Dužina ravne dionice, znakovi
Vrijeme potrebno za reakciju	Zaustavna dužina
Bočno ubrzanje	Minimalni horizontalni elementi
Bočni udar	Minimalna dužina prelazne krivine
Uzdužno ubrzanje	Promjena brzine
Uzdužni udar*	Slobodno kočenje

\* Uzdužni udar (intenzivno kočenje) se ne uzima u obzir prilikom izračunavanja zaustavnih dužina.

### 1.1.3 Motorna vozila

Motorna vozila su zbog svoje namjene i vozno-dinamičkih zahtjeva relevantna za određivanje dimenzija puta i njegovih dodatnih uređenja.

Glavne karakteristike motornih vozila su sljedeće:

- Dimenzije vozila, na osnovu kojih se određuju širine saobraćajnih traka i proširenje u krivinama;
- Sposobnost manevriranja na osnovu koje se određuje vanjski luk skretanja;
- Brzina vožnje, koja uslovjava veličinu geometrijskih i tehničkih elemenata kolovoza;
- Sistem za promjenu brzine vozila, tj. za ubrzanje rada motora kao i smanjenje brzine rada motora i usporavanje radi kočenja i prionljivosti na kolovoz (koeficijent trenja klizanja).

#### 1.1.3.1 Dimenzije motornih vozila

Dimenzije motornih vozila i veličina vanjskog luka skretanja (radijusa) su sljedeće (tabela 2):

**Tabela 2: Dimenzije vozila i njihova sposobnost manevriranja**

Vrsta prevoznog sredstva	Dimenzije vozila [m]			Vanjski luk skretanja (radijus) $R_{zu}$ [m]
	Dužina	Širina	Visina	
Bicikli sa motorima	1.80	0.60	1.00 <sup>1</sup>	3.00
Motocikli	2.25	0.70	1.00 <sup>1</sup>	3.00
Tipični automobili	4.70	1.75	1.50	5.80
Mali automobili	3.80	1.60	1.40	5.30
Veliki automobili	5.15	1.90	1.60	6.00
MPV	4.70	2.10	1.70	5.80
Kombinovana vozila	5.00	2.10	2.30	6.20
Teretna vozila				
Manja teretna vozila	6.00	2.10	2.30 <sup>2</sup>	6.20
Tipična dvoosovinska	8.50	2.50 <sup>3</sup>	3.00 <sup>2</sup>	9.60
Tipična troosovinska	10.00	2.50 <sup>3</sup>	3.00 <sup>2</sup>	9.80
Teretna vozila sa prikolicom, poluprikolicom, vozila sa prikolicom	16.00	2.50 <sup>3</sup>	4.00	12.50
	16.50	2.50 <sup>3</sup>	4.00	12.00
Vozilo za odvoz otpada				
Tipična dvoosovinska	7.70	2.50	3.30 <sup>2</sup>	
Tipična troosovinska	10.50	2.50	3.30 <sup>2</sup>	
Vatrogasna vozila	6.80	2.50	2.80 <sup>2</sup>	9.25
Vatrogasna vozila sa merdevinama	12.0	2.50	3.50	10.50
Tipičan autobus I	11.00	2.50 <sup>3</sup>	2.95	10.25
Tipičan autobus II	11.50	2.50 <sup>3</sup>	2.95	11.00
Tipični međugradski autobusi	12.00	2.50 <sup>3</sup>	3.10/3.45 <sup>4</sup>	11.40
Tipični autobusi sa zglobom	18.00	2.50 <sup>3</sup>	2.95	12.00
Traktori sa prikolicom	9.20	1.80	3.50	4.50

<sup>1</sup> Zajedno sa vozačem i putnikom 2.0 m

<sup>2</sup> Visina kabine za vozača

<sup>3</sup> 2.95 m sa retrovizorom

<sup>4</sup> Autobusi na dva sprata

Teretno vozilo, širine 2.50 m i visine 4.00 m upotrebljava se za određivanje standardne širine saobraćajnih traka i visine profila puta na javnim putevima. Proširenje saobraćajnih traka na određenom putu se određuje s obzirom na udaljenost između osovine vozila, koje je tipičan korisnik navedenog puta. Najveća vozila koja su tipična za navedeni put se uzimaju u obzir za maloprometne puteve i puteve za posebne namjene (nestandardni putevi).

### 1.1.3.2 Brzina

Brzina  $V$  [km/h] je vozno-dinamička količina od koje zavise udobnost vožnje i bezbjednost putnog saobraćaja. Kada je riječ o projektovanju puteva, u obzir se uzimaju sljedeće vrste brzina:

- *Brzina vožnje* ( $V_{voz}$ ) predstavlja stvarnu brzinu kretanja vozila na kolovozu;
- *Dozvoljena brzina vožnje* ( $V_{dov}$ ) je brzina koja je zakonom ili upravnim ograničenjem određena na putu ili dionici puta;
- *Brzina putovanja* ( $V_{put}$ ) predstavlja prosječnu brzinu vožnje koju vozila dosežu na određenom putu;
- *Definisana brzina putovanja* ( $V_{pot}$ ) predstavlja prosječnu brzinu vožnje, koju vozila treba da dosegnu na određenom putu, na kraju planskog razdoblja, te koja predstavlja relevantnu brzinu za dimenzionisanje NPP, kao i geometrijskih i tehničkih elemenata puta;
- *Računska brzina* ( $V_{rac}$ ) je svaka brzina koja se upotrebljava za određivanje ili proračun tehničkih elemenata puta;
- *Predviđena brzina* ( $V_{pred}$ ) je računska brzina koja je određena za pojedine kategorije puta s obzirom na saobraćajnu funkciju i uslove prostora kroz koji put prolazi;
- *Projektna brzina* ( $V_{proj}$ ) je brzina kretanja vozila u slobodnom saobraćajnom toku (brzina slobodnog toka), koju omogućavaju pojedini geometrijski i tehnički elementi projektovanog ili postojećeg puta; upotrebljava se kao računska brzina za analize bezbjednosti saobraćaja kao i za ispravke pojedinih tehničkih elemenata puta;
- *Brzina u bočnom smjeru* ( $V_{rad}$ ) predstavlja brzinu kojom vozila mijenjaju saobraćajne trake.

### 1.1.3.3 Vrijednosti koje se odnose na promjenu brzine kretanja vozila

Prilikom promjene brzine kretanja vozila u obzir se uzimaju sljedeće prosječne vrijednosti:

- Ubrzanje:
  - Putnička vozila:  $0.50 - 1.50 \text{ m/s}^2$ ;
  - Teretna vozila:  $0.30 - 0.75 \text{ m/s}^2$ ;
- Pasivno kočenje (kočenje motorom):
  - Putnička vozila:
    - $0.50 - 0.82 \text{ m/s}^2$ ; za  $V_{voz} = 60 - 100 \text{ km/h}$ ;
    - $0.66 \text{ m/s}^2$  prosječno za  $V_{voz} = 80 \text{ km/h}$ ;
- Aktivno kočenje (kočenje kočnicama):
  - Putnička vozila:
    - $3.75 - 2.94 \text{ m/s}^2$ ; za  $V_{voz} = 60 - 100 \text{ km/h}$ ;
    - $3.31 \text{ m/s}^2$  prosječno za  $V_{voz} = 80 \text{ km/h}$ ;
  - Teretna vozila:  $1.50 \text{ m/s}^2$ .

Navedene vrijednosti su orientacione i namijenjene su isključivo za ispitivanje prihvativost količina, koje su izračunate za pojedine slučajeve upotrebljivosti različitih osnova (za analize bezbjednosti saobraćaja).

Ukoliko je dozvoljeno, kao gornju granicu navedenih vrijednosti, moguće je upotrebljavati vrijednost koja proizlazi na osnovu otpornosti na klizanje između kolovoza i guma (KTK koeficijent trenja klizanja), s obzirom na predviđenu brzinu ili projektnu brzinu ili s obzirom na vrijednost koja proizlazi iz vrijednosti KTK, koja je izmjerena na kolovozu, nakon utvrđivanja stvarnih uslova na kolovozu. Utvrđuju se na osnovu:

$$a_{dej} \leq f_{t\ dop} \cdot g$$

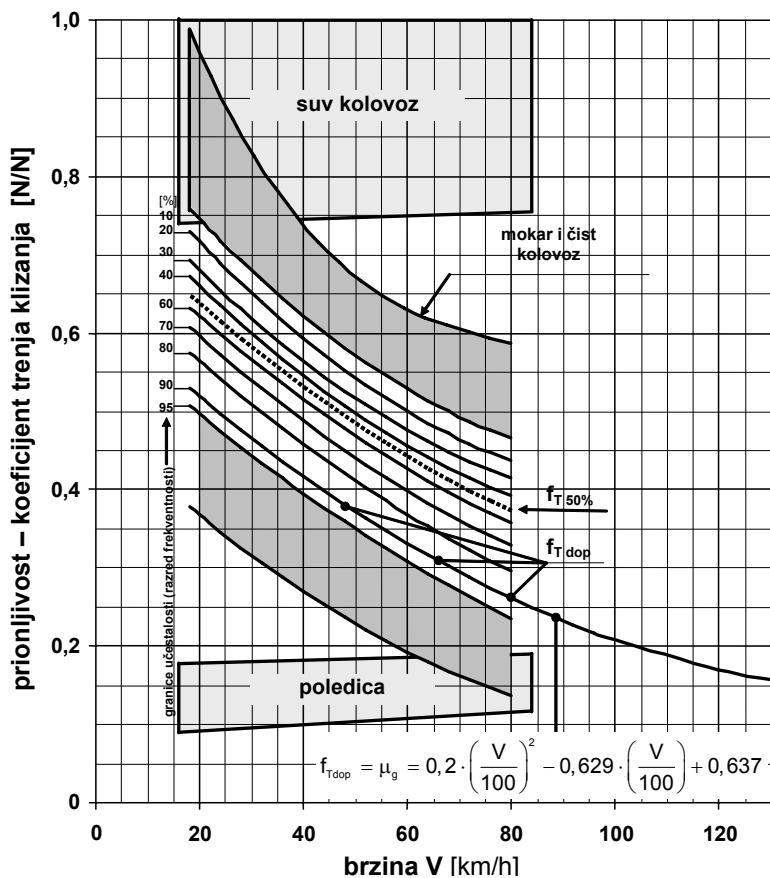
gdje je:

$a_{dej}$  [m/s<sup>2</sup>] Stvarni/upotrebljeni dio ubrzanja;

$f_{t\ dop}$  [-] Maksimalna dozvoljena vrijednost koeficijenta trenja klizanja (KTK), s obzirom na brzinu;

$g$  [m/s<sup>2</sup>] Gravitaciono ubrzanje (9,81 ms<sup>-2</sup>).

### Crtež 1: Mjerene vrijednosti KTK (PHOENIX) sa ucrtanom linijom 95% (PIARC)



#### 1.1.3.4 Prionljivost – Otpornost na klizanje

Prionljivost na kolovoz se izražava koeficijentom trenja klizanja (KTK ili  $\mu_g$ ) između kolovoza i guma. Prilikom dimenzionisanja elemenata puta, u obzir je potrebno uzeti KTK, koji obezbjeđuje bezbjednost saobraćaja za 95% uzoraka asfaltnog kolovoza i vozila, na čistom i mokrom kolovozu. Navedena vrijednost se određuje empirijski, sa gumama odobrenim od strane PIARC-a, te se iskazuje sljedećom jednačinom:

$$f_{t\ dop} = \mu_g = 0,2 \cdot \left( \frac{V}{100} \right)^2 - 0,629 \cdot \left( \frac{V}{100} \right) + 0,637$$

Na suvom asfaltnom kolovozu, orijentaciona minimalna vrijednost KTK ili  $\mu_g$  iznosi 0.75 [-], dok na zaledenom kolovozu navedena vrijednost iznosi između 0.08 ( $V_{voz} = 40 \text{ km/h}$ ) i 0.11 ( $V_{voz} = 80 \text{ km/h}$ ). Empirijske vrijednosti KTK su predstavljene na crtežu 1. Ukoliko se za izradu habajućeg sloja upotrebljavaju drugi materijali, u obzir je potrebno uzeti odgovarajuće različite karakteristične vrijednosti KTK, koje su određene u stručnoj literaturi ili na osnovu stvarnih mjerjenja.

Na vrijednost koeficijenta trenja klizanja u najvećoj mjeri utiče sljedeće:

- Brzina kretanja vozila;
- Vlažnost i temperatura kolovoza;
- Habajući sloj kolovozne konstrukcije (tekstura površine, vrsta kamenih zrna, količina bitumenskog veznog sloja);
- Profil i materijal guma vozila.

KTK je vektorska količina, koja se upotrebljava u različite svrhe, s obzirom na dimenzionisanje elemenata koji su podijeljeni na poprečne ( $f_T$ ) i radialne ( $f_R$ ) elemente. Za maksimalnu vrijednost KTK, u oba pravougaona smjera, primjenjuju se sljedeći odnosi:

$$f_{T\max} = f_{t\max} \quad \text{i} \quad f_{R\max} = n \cdot f_{t\max}$$

gdje količnik "n" zavisi od brzine, a primjenjuje se sljedeća jednačina:

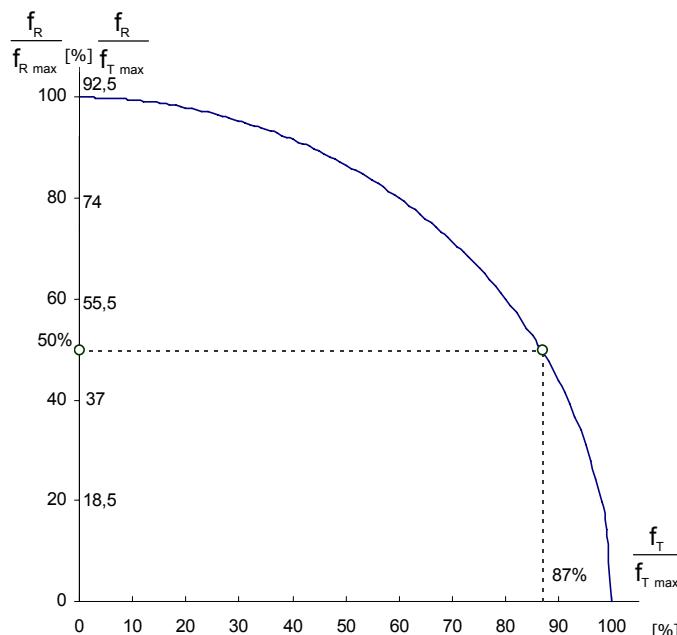
$$n = 0,873 + 10,3 \cdot 10^{-4} \cdot V$$

U posebnim slučajevima (analizama) može biti utvrđena različita vrijednost  $f_{R\max}$ , primjenom odgovarajuće stručne procjene. Uopšteno, dozvoljena je upotreba količnika  $n = 0,925$  za određivanje  $f_{R\max}$  koji odgovara brzini vožnje od 50 km/h.

Na rezultantu obe komponente KTK primjenjuje se sljedeće:

$$f_t^2 = f_T^2 + f_R^2 \quad \text{i} \quad 1 = \sqrt{\left(\frac{f_{T\max}}{f_{t\max}}\right)^2 + \left(\frac{f_{R\max}}{f_{t\max}}\right)^2}$$

**Crtež 2: Zavisnost iskorišćenosti KTK od normalne komponente,**



Korištenje KTK u poprečnom smjeru je dozvoljeno samo do obima kojim se obezbjeđuje da njegove preostale vrijednosti ne predstavljaju opasnost za bezbjednost saobraćaja, s

obzirom na kočenje na istom geometrijskom elementu puta. Nivo iskorištenosti  $f_{R \max dop}$  je takođe ograničen graničnim vrijednostima tipičnih karakteristika korisnika puta (vozači i putnici u vozilima), te mogu da se razlikuju u različitim uslovima (npr. brzina).

$f_{T \max dop}$  može u potpunosti biti iskorišćen za izračunavanje zaustavnih dužina.

### 1.1.4 Ostali učesnici u saobraćaju

Prilikom određivanja dimenzija biciklističih površina, potrebnih za kretanje biciklista, u obzir se uzimaju dužina od 2.00 m, širina od 0.75 m i visina od 2.25 m, sa prosječnom brzinom kretanja koja iznosi 12 km/h.

Prilikom određivanja pješačkih površina, u obzir se uzima profil širine koji iznosi 0.75 m i visina od 2.25 m, sa prosječnom brzinom hodanja, koja iznosi 4.3 km/h.

Kada je riječ o dimenzionisanju pješačkih površina, u obzir je dodatno potrebno uzeti dimenzije dječjih kolica – i to dužinu koja iznosi 1.10 m, širinu 0.55 m i visinu 1.00 m, kao i dimenzije invalidskih kolica – i to dužinu koja iznosi 1.50 m, širinu 1.20 m i visinu 1.50.

Minimalne dimenzije prevoznih sredstava su navedene u tabeli 3.

**Tabela 3: Dimenzije nemotorizovanih prevoznih sredstava i njihova sposobnost manevrisanja**

Prevozna sredstva	Dimenzije vozila [m]			Vanjski luk skretanja (radius) $R_{zu}$ [m]
	Dužina	Širina	Visina	
Dječja kolica	1.10	0.55	1.00 <sup>1</sup>	1.00
Invalidska kolica	1.25	0.85	1.10 <sup>1</sup>	
Bicikli	1.85	0.60	1.00 <sup>1</sup>	3.00

<sup>1</sup> Zajedno sa vozačem i putnikom 2.0 m

### 1.1.5 Put i okolina puta

#### 1.1.5.1 Putni pojas

Putni pojas se sastoji od kolovoza i okruženja puta sa sistemom odvodnje, prirodnim ili izgrađenim kosinama, saobraćajnom opremom i uslužnim površinama.

S obzirom na opterećenje i upotrebu zemljišta u području kroz koje put prolazi, potrebno je razlikovati:

- Gradska područja (gusto izgrađena);
- Prigradska i seoska područja (rijetke zgrade, pojedinačni objekti, industrijski kompleksi, itd.); i
- Ostala područja (uglavnom neizgrađena područja, šume, poljoprivredne površine, parkovi, itd.).

Ukoliko put prolazi kroz područja sa različitom upotrebom zemljišta, ista dionica puta može – ukoliko to dozvoljavaju uslovi za obezbjeđenje funkcionalnosti – biti predviđena za izmjenjenu strukturu korisnika. Takođe se mogu izmjeniti tehnički i geometrijski elementi puta. Svaki prelazni dio navedene dionice puta mora biti tehnički posebno pažljivo planiran, te ukoliko je potrebno moraju biti predviđeni posebni saobraćajni znakovi.

Potrebno je naročito pažljivo isplanirati one dijelove puta na kojima se mijenja (sastav i veličina elemenata) ograničenje brzine kretanja, veličina geometrijskih elemenata i normalan poprečni presjek.

#### 1.1.5.2 Kolovoz

Kolovoz predstavlja dio područja puta između unutrašnjih rubova prirodnih ili izgrađenih kosina usjeka ili nasipa i sastoji se od:

- Kolovozne trake (saobraćajne i rubne trake);
- Saobraćajnih traka za nemotorizovane učesnike u saobraćaju (bicikliste, pješake, ostalo);
- Nesaobraćajne trake (razdjelne trake između usmjerenih kolovoza ili između kolovoza i ostalih saobraćajnih traka i saobraćajnih traka predviđenih za mirni saobraćaj);
- Uzdužne površine za zaštitu kolovoza (bankine);
- Uzdužnih sistema za odvodnju, izuzev uzdužnih jaraka; i
- Uzdužne površine za zaštitu i obezbjeđenje funkcionalnosti kolovoza (berme).

#### 1.1.5.3 Okolina puta

Okolina puta obuhvata površine potrebne za izgradnju, funkcionisanje i održavanje puta. Okolina puta se sastoji od:

- Trase puta;
- Uzdužnih jaraka duž trase;
- Prirodnih ili izgrađenih kosina;
- Uzdužnih jaraka duž vanjskog ruba kosina; i
- Zaštitne širine sa obe strane duž vanjskog ruba kosina, uzdužnih jaraka ili kolovoza.

Ukoliko administrativnom odlukom (propisima o uređenju prostora) ili projektom nije određeno drugačije, širina zaštitnog pojasa iznosi:

- Duž lokalnih puteva 0.50 m;
- Duž regionalnih puteva 1.00 m;
- Duž glavnih puteva 2.00 m.

S obzirom na činjenicu da je na putevima koji su predviđeni isključivo za motorni saobraćaj (autoputevi), zaštitna ograda postavljena obostrano, zaštitna širina treba da se nalazi sa vanjske strane zaštitne ograde. U tom slučaju, zaštitna širina može da se poveća i da se odredi s obzirom na zahtjeve koji se odnose na funkcionalnost i održavanje ograda.

## 1.2 PODACI O SAOBRAĆAJU

### 1.2.1 Obim saobraćaja

Standardni metod vođenja podataka o saobraćajnom opterećenju na putevima predstavlja prosječan godišnji dnevni saobraćaj (PGDS), koji se odnosi na određenu dionicu puta. Ukoliko se određeni put nije u upotrebi određen broj dana u godini, prosjek se računa za period u kojem je put bio u upotrebi (PDS). PGDS se određuje brojanjem saobraćaja ili na osnovu saobraćajne studije.

PGDS ne odražava karakteristične promjene u obimu saobraćaja u toku godine, mjeseca, sedmice, dana ili sata. Stoga se saobraćajne količine, koje se odnose na određen vremenski interval i koje predstavljaju tipične karakteristike toka saobraćaja, upotrebljavaju za planiranje puteva i dimenzionisanje elemenata.

Podatke potrebne za planiranje i eksploraciju puta potrebno je prikupiti:

- Za puteve: brojanjem saobraćaja na određenim tačkama na putu (tačke na kojima se vrši brojanje saobraćaja) u neprekidnom vremenskom intervalu (automatski ili između 6 časova prije podne i 10 časova uveče ili u odabranim časovima).
- Za raskrsnice: brojanjem saobraćaja u smerovima vožnje na raskrsnicama po časovima, s tim da se u vršnim časovima saobraćajni tokovi mogu razdvajati na 15 minutne odnosno 5 minutne intervale u toku časa brojanja.

Potrebno je voditi permanentnu-redovnu evidenciju podataka prikupljenih brojanjem.

### 1.2.2 Upotreba podataka o saobraćaju

Upotreba podataka koji se odnose na PGDS, PDS:

- Utvrđivanje potreba i prioriteta u vezi sa održavanjem puteva;
- Utvrđivanje prioriteta u vezi sa rekonstrukcijom postojeće putne mreže (upravljanje putem);
- Aktivnosti u vezi sa planiranjem putne mreže i određivanjem optimalne trase za nove puteve;
- Utvrđivanje potreba i zahtjeva novih puteva; i
- Utvrđivanje mjera koje se odnose na upravljanje saobraćajem.

Podaci o saobraćajnom opterećenju, uključujući omjer i vrste motornog putnog saobraćaja, broj osovina, težinu i dimenzije teških vozila, upotrebljavaju se za:

- Projektovanje saobraćajnih površina s obzirom na tehničke uslove i minimalne dimenzije geometrijskih elemenata (minimalan horizontalni radius, nagib...);
- Dimenzioniranje kolovozne konstrukcije i mostovskih konstrukcija;
- Analiziranje uticaja teških vozila na propusnu moć puta;
- Uspostavljanje režima saobraćaja; i
- Postavljanje saobraćajnih ograničenja.

Podaci dobijeni brojanjem na otvorenoj dionici puta ili na dionici u urbanom području, upotrebljavaju se za određivanje:

- Saobraćajnog opterećenja na pojedinim smjerovima;
- Saobraćajnog opterećenja u toku dana; i
- Raspodjelje vozila na pojedine kategorije (struktura vozila).

Podaci o raspodjeli saobraćaja po smjerovima i strukturi vozila upotrebljavaju se za analiziranje propusnosti, planiranje režima saobraćaja (jednosmjerni putevi ili ulice, ograničenja saobraćaja, itd.), određivanje potreba za parkiralištima i određivanje efikasnosti određenih mjera na putevima i raskrsnicama.

Podaci o saobraćaju dobijeni brojanjem na raskrsnicama upotrebljavaju se za određivanje:

- Saobraćaja koji ulazi u područje raskrsnice;
- Saobraćaja koji teče u određenom smjeru kroz raskrsnicu;
- Količine saobraćaja za vrijeme određenih vremenskih intervala u toku dana; i

- Strukture saobraćaja.

Podaci o saobraćaju koji se odnose na vremenske intervale kraće od jednog sata mogu da se upotrebljavaju za:

- Analiziranje promjena u saobraćaju u vrijeme "špice";
- Utvrđivanje smanjene propusnosti saobraćajnih površina;
- Utvrđivanje karakteristika saobraćaja u vrijeme "špice".

Saobraćajno opterećenje u vrijeme "špice" se upotrebljava za:

- Određivanje propusnosti određenog puta;
- Utvrđivanje potreba, planiranje i tačno određivanje vrsta i položaja pojedinih vrsta opreme saobraćajnih površina;
- Utvrđivanje potreba za parkiranjem, okretanjem i zaustavljanjem;
- Projektovanje puteva: određivanje broja i širine saobraćajnih i ostalih traka, potrebe za dodatnim mjerama (kanalisanje saobraćajnih tokova, itd.).

Podaci o saobraćajnom opterećenju tokom čitave godine se upotrebljavaju za:

- Saobraćajna predviđanja;
- Analize isplativosti (radovi u saobraćaju i proračun troškova);
- Analize opšte saobraćajne bezbjednosti;
- Rješavanje specifičnih problema koji se odnose na saobraćajna opterećenja.

### **1.2.3 Struktura vozila**

Struktura vozila u saobraćaju s obzirom na brojanje i statističku obradu:

MC	Motocikli;
PV	Putnička vozila sa i bez prikolice;
BUS	Autobusi sa i bez prikolice, autobusi sa zglobom;
LT	Laka teretna vozila sa i bez prikolice (do 3.5 t);
ST	Srednje teška teretna vozila (između 3.5 t i 8 t);
TT	Teška teretna vozila (preko 8 t);
TP	Teška teretna vozila sa prikolicom;
TPP	Traktori, tj. teška teretna vozila sa polu-prikolicom (avtovozovi);

i dopunska (statistička alternativna):

PT	Poljoprivredni traktori;
BK	Bicikli.

Za potrebe saobraćajnog dimenzionisanja puteva prema metodologiji u Priručniku o kapacitetu puteva (HCM – Highway Capacity Manual, izdanje 2000, Transportation Research Board, Washington, D.C., SAD) vozila u saobraćajnom toku dijele se na: putnička vozila (PV), autobuse (A), laka kamione (LK) i teške kamione (TK). Određuje se njihov broj i udeo (%).

U slučaju, da se u sklopu dimenzionisanja saobraćaja upotrebljava samo termin "teška vozila", u ovu kategoriju uključuju se sva teretna vozila i autobusi, a laki kamioni se uključuju u kategoriju putničkih vozila.

Za potrebe saobraćajnog dimenzionisanja novih i/ili analiziranja saobraćajnih uslova postojećih raskrsnica vozila u saobraćajnom toku klasificuju se kao putnička vozila (PV), autobusi (A), teretna vozila (TV) i traktori i teretna vozila sa prikolicom (TPP). Saobraćajni tok vozila se u tom slučaju iskazuje u jedinicama putničkih vozila na sat (JPV/h). Standardne vrijednosti zamjene za proračun JPV su: za putnička vozila - 1, za autobuse - 2, za traktore i kamione sa prikolicom - 3.5.

## 1.3 SAOBRAĆAJNO OPTEREĆENJE I PROPUSNOST

### 1.3.1 Relevantno saobraćajno opterećenje

#### 1.3.1.1 Opšti uslovi za utvrđivanje saobraćajnog opterećenja

Prilikom saobraćajnog dimenzionisanja puteva u obzir je potrebno uzeti sljedeće

- relevantno časovno saobraćajno opterećenje za dimenzioniranje puta  $Q_{h\ mer}$  i
- relevantno 15-minutno saobraćajno opterećenje za dimenzioniranje raskrsnice  $Q_{15\ mer}$ .

U oba slučaja relevantno saobraćajno opterećenje iskazuje se ili kao broj vozila po času ili kao broj ekvivalenta putničkih vozila po času (JPV/h). U obzir je potrebno uzeti i odgovarajući faktor vršnog časa (FVČ), koji predstavlja osciliranje saobraćajnog toka unutar tog sata. Za puteve, na kojima se odvija neometan ili djelimično ometan saobraćajni tok, faktor FVČ iznosi od 0.80 do 0.95. Niže vrijednosti, koje predstavljaju velike oscilacije protoka u toku vršnog časa, karakteristične su za puteve izvan urbanih područja. Visoke vrijednosti su tipične za urbane puteve i prigradske puteve, te predstavljaju visoko saobraćajno opterećenje.

U slučaju brojanja, faktor vršnog časa (FVČ) izračunava se za svaki smjer posebno (ogranak, traka, raskrsnica). Da bi se dobila absolutna vrednost vršnog časovnog opterećenja, potrebno je u periodu, kada se može очekivati pojava vršnog opterećenja, brojanje saobraćaja vršiti u intervalima  $\Delta t = 5$  min.

Način dobijanja podataka o saobraćaju kao i izvor podataka moraju biti naznačeni u projektnom zadatku. Prihvatljivo je sljedeće:

- brojanje i mjerjenje (ručno, automatsko),
- saobraćajne studije i/ili kompjuterske simulacije,
- stručna procjena.

Kod proračuna propusne moći putnog profila utvrđuje se merodavno saobraćajno opterećenje –  $Q_{h\ mer}$  (broj vozila u n-tome času). Kada je „n“ za pojedinu vrstu puteva ili zvanično propisan ili definiran u projektnom zadatku, on se odredi saobraćajnom studijom.

Ukoliko određivanje  $Q_{h\ mer}$  putem saobraćajne studije nije propisano niti je zatraženo sa projektnim zadatkom, merodavno saobraćajno opterećenje može se odrediti sa faktorom n-tog časa (FNČ) i PGDS ( $Q_{h\ mer} = FNČ \cdot PGDS$ ). Za pojedinu vrstu puteva su FNČ u iskustveno utvrđenim granicama dati u Tabeli 4. Vrijednosti, navedene u tabeli primjenjuju se u zavisnosti od saobraćajnog i ekonomskog karaktera pojedinog puta u skladu sa stručnom procjenom. Stručna procjena i njena opravdanost sastavni su deo izvještaja u projektnoj dokumentaciji.

**Tabela 4: Okvirne vrednosti FNČ u procentima PGDS**

Vrsta puta	Faktor n-tog časa [% PGDS]
Putevi za daljinsko povezivanje	12-16
Međugradski putevi (izvan naselja)	10-14
Prigradski putevi (uključivo daljinski)	9-11
Gradski putevi (sem pristupnih)	8-10

Na putevima sa različitim (karakterističnim) godišnjim i dnevnim oscilacijama u saobraćaju,  $Q_{h \text{ mer}}$  mora biti posebno stručno određen u okviru projekta (sezonski saobraćaj, turistički putevi, ulice).

### 1.3.1.2 Putevi sa izraženim sezonskim saobraćajem

Na putevima sa izraženim sezonskim saobraćajem (ukoliko obim saobraćaja u sezoni prelazi prosječnu vrednost za više od 50%), preporučuje se, da se prikupljanje saobraćajnih podataka i proračuni protoka izvode odvojeno za sezonski i izvan-sezonski obim saobraćaja.

U tom slučaju se zbog ekonomičnosti izgradnje preporučuje, da se u sezonskom periodu u obzir uzme niži nivo usluge od zadatog, ili 10-20 km/h niža prosječna brzina putovanja od planirane na određenom putu.

Gore navedena preporuka može se primjeniti na puteve sa više saobraćajnih traka sa razdvojenim kolovozima (autoputevi) samo u ekstremnim slučajevima.

### 1.3.2 Propusna moć puta

Propusnost puta predstavlja maksimalnu količinu saobraćajnog toka pri kojoj određena vrsta puta obezbjeđuje određeni nivo usluge.

Propusnost zavisi od:

- faktora koji proizilaze iz uticaja puta,
- faktora koji proizilaze iz uticaja saobraćaja,
- uticaja načina kontrole saobraćaja i upravljanja, kao i uticaj tehnologije.

Kriterijum za odvijanje putnog saobraćaja se utvrđuje na osnovu nivoa usluge (NU, engleski LOS) koji se određuje u zavisnosti mjera uspešnosti različitih tipa saobraćajnice (puta). Za izračunavanje propusnosti i određivanje NU upotrebljava Priručnik o kapacitetu puteva (HCM – Highway Capacity Manual, izdanje 2000, Tranportation Research Board, Washington, D.C., SAD). Metodologijom definirano je 6 nivoa usluge: od A do E (prihvatljivo) i F (neprihvatljivo - zastoji).

U osnovi se NU određuje prema ometanju vozila u saobraćajnom toku (koncentracija saobraćajnog toka) i u skladu sa prosječnom brzinom putovanja (prostorna brzina).

Kapacitet puta (na granici između LOS E i F) predstavlja maksimalan obim saobraćajnog toka na granici, kod koje se na putu još ne stvaraju zastoji saobraćaja. Karakteriše ga veoma niska prosječna brzina kretanja (prostorna brzina), koja je naročito na putevima sa višom saobraćajnom funkcijom, prema pravilu, niža od propisane za puteve viših kategorija.

**Tabela 5: Mjere uspešnosti: kvantificirani pokazatelji za određivanje nivoa usluge**

Put ili vrsta saobraćaja	Mjere uspešnosti
autoput, osnovna dionica	gustina [JPV/km/saobrać. traka]
autoput, dužina ulivanja	prosječna brzina kretanja [km/h]
autoput, priključci	tok [JPV/h]
put sa više saobraćajnih traka	gustina [JPV/km/saobrać. traka]
put sa dvije saobraćajne trake	prosječna brzina kretanja [km/h] ili procenat kašnjenja [%] tok[JPV/h]
semaforizovane raskrsnice	prosječno kašnjenje uslijed zaustavljanja [s/vozilo]
nesemaforizovane raskrsnice	nivo zasićenja pojedinih smjerova X [%] broj vozila u redu u pojedinim smjerovima [vozilo] i dužina reda [m]

gradske ulice	prosječna brzina kretanja [km/h]
stanica za naplatu putarine	tok [JPV/h] procenat kašnjenja [%]
gradski prevoz putnika	stopa zauzetosti [osoba/sjedište]
pješaci	raspoloživi prostor [m <sup>2</sup> /pješak]

### 1.3.3 Dimenzionisanje saobraćaja

#### 1.3.3.1 Mjere uspešnosti (MU)

Nivoi usluga, prema metodologiji HCM (HCS kompjuterski program), određeni su za svaku vrstu puta, na osnovu jednog ili više parametara saobraćajnog toka, koji daju uvid u realne uslove odvijanja saobraćajnog toka s obzirom na dimenzije i strukturu elemenata puta te karakteristike saobraćaja. U slučaju, da pojedinog ili svih u program uključenih parametara nije moguće odrediti, dopusno je primjeniti standardne vrijednosti, definirane u metodologiji HCM.

Pojedini odabrani parametri, koji služe za određivanje nivoa usluge određene vrste puta, smatraju se mjerama uspešnosti. Osnovne mjere uspešnosti navedene su u tabeli 5.

#### 1.3.3.2 Određeni nivoi usluge

Izgradnja novog puta, raskrsnice ili rekonstrukcija postojećeg puta ili raskrsnice se projektuje na osnovu elemenata, kojim se za određeni put ili raskrsnicu obezbjeđuje postizanje određenog nivoa usluge na kraju planskog razdoblja.

**Tabela 6: Preporučeni i minimalni NU na putevima u zavisnosti od funkcije puta**

Funkcija puta	Preporučeni NU	Minimalan NU
Daljinski put	B	D
Put za povezivanje	C	E
Sabirni put	D	E
Put u naselju	D	E

Nivo usluge predstavlja društveno definisani i određenu vrijednost, koja odražava saobraćajnu funkciju i aspekt ekonomičnosti putnog transporta. Za pojedine kategorije puta utvrđuje se navodom u upravnom aktu države. Do usvajanja tog akta primjenjuju se vrijednosti preporučene u ovim smjernicama.

Indikatori nivoa usluge na putevima sa razdvojenim kolovozima, priključcima i raskrsnicama su stepeni (A-E i F), dok indikator nivoa usluge na kolovozima sa jednom i dvije saobraćajne trake predstavlja prosječna brzina kretanja.

#### 1.3.3.3 Propusnost raskrsnice u nivou

Za analiziranje propusnosti i/ili dimenzionisanje elemenata u raskrsnicama te njihovog oblika i opremljenosti relevantni su sljedeći parametri i/ili proračuni:

- fazni redoslijed na semaforizovanim raskrsnicama,
- predviđeno saobraćajno opterećenje za proračun, JPV/h,
- nivo usluge (NU) u zavisnosti od obima kašnjenja i stepena zasićenja,
- broj vozila u čekajući koloni i zauzeta dužina na pojedinim smjerovima (trakama),

- prosječno vreme čekanja po vozilu (sekunde/vozilo) u pojedinim smjerovima.

Karakteristike funkcionisanja raskrsnice zavise od dva kriterijuma:

- kriterijum saobraćajnog opterećenja (kapacitet), koje se iskazuje nivoom zasićenosti ( $X = V/C$ ) i
- kriterijum vremena provedenog u čekanju, koje se iskazuje kašnjenjem.

Mjere uspješnosti provjeravaju se za saobraćajne tokove kroz raskrsnicu u svakoj pojedinoj smjeri posebno.

### **Nesemaforizovane raskrsnice**

Na nesemaforizovanim raskrsnicama zadovoljava, ako se na kraju planskog razdoblja postiže nivo zasićenosti  $X = 0.85$ , dok mogu vrijeme provedeno u čekanju i nivo usluge u vršnom času biti "E".

Ukoliko se za pojedini saobraćajni tok na raskrsnicama na kraju planskog razdoblja ustanovi  $NU=F$ , projekat raskrsnice potrebno je izmijeniti ili dopuniti.

Ukoliko dođe do većeg povećanja saobraćajnog toka na pojedinim smjerovima nego što je planirano prilikom izgradnje raskrsnice, potrebno je primjeniti odgovarajuće mjere u cilju boljeg funkcionisanja i/ili u cilju povećanja kapaciteta pojedinih smjerova kao i raskrsnice uopšte (proširenje, postavljanje semafora, itd.) prije kraja planskog razdoblja.

### **Semaforizovane raskrsnice**

Kod semaforizovanih raskrsnica odvijanje saobraćaja uglavnom zavisi od nivoa zasićenosti na pojedinim smjerovima ( $X = V/C$ ), što predstavlja odnos između stvarnog i relevantnog saobraćajnog opterećenja ( $V$ ) u odnosu na kapacitet ( $C$ ), te se takođe određuje na osnovu omjera  $X = Y/\lambda$ . Prihvatljivi nivo zasićenosti na pojedinim smjerovima semaforizovane raskrsnice iznosi  $X = 0.90$  do  $0.95$ . Kapacitet raskrsnice zavisi od uključenih geometrijskih elemenata raskrsnice, karakteristika saobraćajnog toka i kontrolnih parametara. Određuje se na osnovu odnosa između nivoa relevantnog opterećenja i nivoa zasićenog saobraćajnog toka na pojedinim smjerovima ( $Y = Q_{mer}/S$ ), kao i na osnovu omjera između zelenog svjetla i dužine semaforskog ciklusa ( $\lambda = g/C$ ).

Nivo usluge na raskrsnicama i pojedinim smjerovima na njima vezan je na udeo kašnjenja odnosno na vreme čekanja vozila ispred raskrsnice. Kašnjenje zavisi od stvarnog saobraćajnog opterećenja i od raspodjele vremena trajanja zelenog svjetla (vrijeme provedeno u čekanju dok traje crveno svjetlo). Nivo usluge E ukazuje na činjenicu, da je ispunjen kriterijum vremena čekanja, dok nivo usluge F ukazuje da je vremenski kriterijum prevaziđen.

### **Kružne raskrsnice**

Kapacitet kružnih raskrsnica zavisi od kapaciteta priključaka. Na kapacitet svakog pojedinog priključka utiču pored geometrijski elementi raskrsnice i geometrijski elementi ulaznog djela priključka. Nivo zasićenosti priključka ne treba da bude veći od  $X = 0.85$ , dok je prihvatljivi nivo usluge E.

### **1.3.4 Plansko razdoblje**

Geometrijski projekat novih puteva zasniva se na prognozi merodavnog saobraćajnog opterećenja za period 20 godina posle završetka izgradnje puta. prognozirano opterećenje dobija se saobraćajnom studijom analiziranjem sadašnjeg obima saobraćaja i definisanjem parametara, koji utiču na (obično godišnji) stepen povećanja saobraćajnog opterećenja do kraja planskog razdoblja (saobraćajne prognoze).

U opravdanim slučajevima, naročito kada je u trasi puta predviđena gradnja tunela (praktički nemoguće uvećanje profila u tunelu), preporučuje se, da se u obzir uzme period duži od 20 godina. produženje planskog razdoblja mora da prethodno odobri investitor, te ono mora biti navedeno u projektnom zadatku.

Kada se radi o rekonstrukciji ili potpunoj sanaciji puta ili glavne raskrsnice, plansko razdoblje za određivanje merodavnog saobraćajnog opterećenja, prema pravilu, iznosi 10

godina po završetku predviđenih radova, ukoliko investitor ili nadležni organ ne odrede duži period.

Ukoliko se sprovode druge vrste mjera (obnova, poboljšanje pojedinih sastavnih delova tjela puta) plansko razdoblje može biti i kraće, ali ne manje od 5 godina po završetku primjene mjera.

Ukoliko se izgradnja puta vrši u fazama, projektom je potrebno predvidjeti mjere, kojim će se obezbijediti neometano funkcionisanje naprava za odvodnju u toku trajanja određene faze, kao i to da se neće primjenjivati nikakve mjere u vezi sa poprečnim presjekom puta, koje bi umanjile bezbjednost saobraćaja.

vek trajanja pojedine faze utvrđuje se proračunom propusnosti.

### **1.3.5 Saobraćajna analiza elemenata puta**

Proračun protoka predstavlja jednostavan sažet prikaz osnovnih faktora, koji utiču na kvalitetu saobraćajnog toka na pojedinom putu. U cilju obezbeđenja neometanog saobraćajnog toka provodenjem analize nivoa usluge prema kvantificiranim pokazateljima (omjer tok/kapacitet i prosječna brzina vožnje na dvotračnim dvosmјernim putevima ili koncentracija saobraćaja i prostorna brzina na putevima sa po smjeru odvojenim kolovozima) proverava se:

- izbor strukture i veličine elemenata puta u poprečnom profilu te geometrijskih elemenata ose puta u vidu zadovoljavanja zadatih ili izabranih parametara vožnje,
- vrši se upoređenje varianata,
- donose se odluke o mogućim intervencijama u planu i profilu sa ciljem uvećanja eksplotacionih efekata (dodatne trake, ukrštanja van nivoa, smanjenje eksplotacionih troškova vozila i sl.) te
- donose se odluke o mogućim redukcijama elemenata u planu i profilu sa ciljem uvećanja ekonomičnosti građenja puta (prilagođavanje elemenata puta stvarnim saobraćajnim potrebama)

Nivo usluge analizira se za:

- otvorenu trasu (na odabranoj deonici),
- pojedine uspone (strmina uspona i relevantna dužina),
- priključke (na razdvajaju, priključku, traci za prestrojavanje) i
- raskrsnice.

### **Intervencije u projektu**

Ukoliko se na osnovu analize kvantificiranih pokazatelja NU dobiju vrijednosti, koje su znatno niže od definisanih za svaku kategoriju puta, potrebno je ili korigiranje linije nivelete ili uvodenje dodatnih saobraćajnih traka na određenoj deonici:

- na usponima ili
- na deonici sa uvećanim volumnom saobraćajnjem toka između dva raskršča.

Ukoliko se na osnovu proračuna osnovnih pokazatelja NU dobiju vrijednosti koje su vrlo malo niže od definisanih, traženi NU može se postići povećanjem veličine geometrijskih elemenata ose puta (veća  $V_{85}$ ) ili promenom dimenzija elemenata u poprečnom profilu puta (širina traka, udaljenost bočnih smetnji). Ovaj pristup je aktualan za dvotračne dvosmјerne puteve.

Potreba za dodatnom saobraćajnom trakom na usponu definira se analizom kvantificiranih pokazatelja nivoa usluge, koji moraju biti isti kao i za trasu puta bez uspona.

Kod proveravanja nivoa usluge na dionici puta, na kojoj je planirana dodatna saobraćajna traka za sporu vožnju, u podacima o saobraćaju (za pojedine smjerove u slučaju puta sa po smjeru odvojenim kolovozom) oduzima se broj odnosno procenat teških vozila, koja kreću dodatnom traku. Uvažavanje dodatne trake za sporu vožnju kao „normalne“ saobraćajne trake dovodi do pogrešnog rezultata!.

## Obaveza obavljanja analize NU

Analiza nivoa usluge predstavlja obaveznu komponentu tehničkog izvještaja u:

- planerskim studijama,
- u fazi idejnih zasnova i
- u fazi izrade idejnog projekta (lokacione dokumentacije).

Analiza nivoa usluge u izvođačkim projektima obavezno se izvodi u slučajevima dodatnih intervencija u projektu kao posledica obaveza prihvaćenih u fazi donošenja odluke o lokacionoj dozvoli.

Analizu nivoa usluge nije potrebno vršiti za otvorene puteve:

- u slučaju duplih kolovoza na putevima sa više saobraćajnih traka na kojima obim saobraćaja PGDS iznosi  $< 10.000$  vozila/dan i
- u slučaju kolovoza na putevima sa dvije saobraćajne trake na kojima obim saobraćaja PGDS iznosi  $< 2.500$  vozila/dan,

ako tehničko-eksploracione karakteristike puta omogućavaju nesmetane uslove odvijanja saobraćaja shodno značaju puta.

## Putevi „2+1“ (naizmenice primenjena preticajna traka)

Analizu nivoa usluge je potrebno vršiti za kolovoz na putevima sa tri saobraćajne trake i dvosmjernom vožnjom (poznatih kao „2+1“) prema stavu, da su takvi putevi obično (fizički ili neprekidanom crtom) razdvojeni smjerom vožnje. Relevantno saobraćajno opterećenje potrebno je odrediti prvo za svaki smjer posebno (raspodjela po smjeru: 70:30, 60:40, itd.), a zatim se od dvije dobijene vrijednosti u obzir uzima ona veća u oba smjera vožnje.

## 2 OSNOVE ZA ODREĐIVANJE DIMENZIJA ELEMENATA PUTEA

### 2.1 VRSTE ELEMENATA PUTEA

#### 2.1.1 Tijelo puta

Tijelo puta se sastoji od elemenata koji su obuhvaćeni projektom puta u skladu sa saobraćajnim potrebama i prostornim uslovima. Osnovni projektni elementi puta su:

- geometrijski elementi osovine puta u osnovi i podužnom presjeku,
- saobraćajne i nesaobraćajne trake duž kolovoza, i
- tehnički elementi (nagibi, promjene nagiba).

Tokom projektovanja elementi puta se kombinuju i dimenzionaju u skladu sa Zakonom o javnim putevima, ovim Smjernicama i opštim stručnim metodama. Ukoliko to zahtijevaju prostorni uslovi ili u slučaju posebne upotrebe puta, koja nije predviđena ovim Smjernicama moguće je upotrijebiti druga rješenja. Navedena alternativna rješenja moraju biti stručno utemeljena za svaki pojedinačni slučaj.

Sastavljanje elemenata puta, njihove dimenzije i međusobni odnosi zavise od:

- kategorije puta,
- saobraćajnog opterećenja,
- prostornih uslova,
- poznavanje uslova na putevima od strane vozača i
- načinima funkcionisanja.

Kategorija puta je, s obzirom na saobraćajnu funkciju i druge uslove, pravnim aktom definisana vrsta puta, koju treba planirati, izgraditi i održavati tako da po završetku planskog perioda funkcioniše na nivou koji odgovara saobraćajnoj funkciji koju obavlja.

Saobraćajno opterećenje je volumen saobraćajnog toka na određenom putu. Za projektovanje puta mjerodavan je obim saobraćajnog toka na kraju planskog razdoblja, ukoliko iz opravdanih stručnih razloga projektnim zadatkom nije određeno drugačije. Sastav i dimenzije elemenata puta moraju biti definisani tako da po završetku planskog razdoblja određeni put funkcioniše na nivou, koji se određuje s obzirom na kategoriju puta i pod uslovima koji su navedeni u ovim smjernicama.

Prostorni uslovi proizilaze iz upotrebe i serije događaja koji su značajni za prostor kroz koji će određeni put da prolazi. U određenim slučajevima, obim i značaj pojedinih vrsta upotrebe ili događaja mogu da prevaziđu saobraćajni značaj planiranog puta. U takvim slučajevima dozvoljeno je smanjenje nivoa usluga (nivo funkcionisanja) na dionici puta sa naročito osjetljivom okolinom, i to maksimalno za jedan nivo niže. Pri tome je na obe prelazne deonice puta (na lokaciji mijenjanja elemenata) potrebno obratiti naročitu pažnju na bezbjednost saobraćaja i jasnu prepoznatljivost različitosti pri izvođenju puta.

Poznavanje uslova vožnje od strane vozača na određenom putu zavisi od frekventnosti upotrebe datog puta. Frekventnost upotrebe je tipična za određenu kategoriju puta. Vozači koriste određeni put vrlo često, periodično ili stalno, što bitno utiče na obučenost i iskustva vozača.

Na određenom putu se obezbjeđuju ili uslovi za kretanje konstantnom brzinom ili uslovi za prevoznost sa promenljivom brzinom.

#### 2.1.2 Tehnička klasifikacija puteva

Planiranje puteva mora biti racionalno. Poznavanje uslova na putu od strane korisnika (vozača) omogućava uvođenje diferenciranih dimenzija geometrijskih elemenata puta radi obezbjeđenja istog nivoa usluga na putu. Diferencijaciju omogućava:

- stepen upotrebe dozvoljene vrijednosti koeficijenta trenja ( $f_{R_{max} \text{ doz}}$ ), i

- vrijeme reakcije vozača ( $t_r$ ).

S obzirom na način funkcionisanja puta, elementi puta se dimenzionisu

- u odnosu na vozno-dinamičke uslove (uslovi konstantne brzine i uslovi neometane prevoznosti), ili
- u odnosu na karakteristično vozilo (obezjedjenje prevoznosti bez obzira na vozno-dinamičke uslove).

Prema gore navedenim osnovama izvršena je tehnička klasifikacija puteva u 4 grupe (tabela 7). Diferencirana tehnička rješenja su karakteristična za ove grupe. Rangiranje kategorija puteva u pojedine grupe navedene u tabeli 7 može biti izmjenjeno ukoliko je izmjenjena zvanična kategorizacija puteva.

**Tabela 7: Tehničke grupe puteva**

Tehnička grupa	Karakteristična vrsta upotrebe	Način dimenzionisanja	U načelu se primjenjuje za kategoriju: *
<b>A</b>	rijetka (pojedinačna) upotreba	vozno-dinamički	M1, M2
<b>B – izvan naselja</b>	periodična upotreba	vozno-dinamički	M3, R1, R2, L1
<b>B – u naselju</b>	učestala upotreba	vozno-dinamički	M3, R1, L1, L2
<b>C</b>	pretežno stalna upotreba	vozno-dinamički	ostale vrste puteva
<b>D</b>	samo stalna upotreba	obezbjedenje prevoznosti	niskosaobraćajni putevi

- Moguća su odstupanja u rangiranju puteva, koja se s obzirom na saobraćajnu funkciju određuju projektnim zadatkom.
- U tabeli navedene doznake kategorija puteva su informativne

Diferencirane granične vrijednosti elemenata po tehničkim grupama omogućavaju najveće moguće prilagođavanje saobraćajnih funkcija puta, te prilagođavanje upotrebi i drugim uslovima u prostoru. Osnovne polazne tačke se ne smiju mijenjati prilikom odabira pojedinih geometrijskih i/ili tehničkih elemenata osovine puta i kolovoza.

Kada je uslijed posebnih uslova (ograničenja u prostoru, ograničena sredstva, proširene funkcije puta, itd.) potrebno uvođenje skromnijih polaznih tačaka od onih koje su definisane ovim dokumentom, to mora biti potvrđeno planskim dokumentom i/ili projektnim zadatkom. Za saobraćajno najzahtjevnije puteve (tehnička grupa A, tehnička grupa B izvan naselja), odredbe koje se odnose na usklađenost geometrijskih elemenata ne smiju biti zanemarene. Skromnije polazne tačke se upotrebljavaju bez posebnih obrazloženja ukoliko se projektuju putevi (ulice) u gusto naseljenom području, a naročito u gusto naseljenim urbanim centrima. U tom slučaju su trasa puta (ulice) i njeni elementi u najvećoj mjeri podređeni prostornim mogućnostima.

Izbor uslova za određeni put se vrši isključivo u okviru pojedine tehničke grupe. Mogući izuzeci, koji su posljedica nepredviđene upotrebe zemljišta moraju biti predviđeni projektnim zadatkom i stručno prikazani u projektu.

Za kategoriju turističkih puteva se, s obzirom na posebne okolnosti, planskim dokumentom ili projektnim zadatkom određuje koje uslove je potrebno uzeti u obzir (uslove grupe B ili C – prilagođavanje zadovoljavanja saobraćajnih potreba mogućnostima prostora). U pojedinim slučajevima projektnim zadatkom može biti određeno da se obezbjeđuje samo prevoznost (grupa D).

### 2.1.3 Vrste brzina

- Pri vozno-dinamičkom dimenzionisanju elemenata puta primjenjuju se sljedeće vrste brzina:
- *brzina vožnje* ( $V_{vož}$ ) predstavlja stvarnu brzinu kretanja vozila na kolovozu;

- *računska brzina* ( $V_{\text{rač}}$ ) je svaka brzina koja se upotrebljava za određivanje ili proračun tehničkih elemenata puta;
- *dozvoljena brzina vožnje* ( $V_{\text{doz}}$ ) je brzina koja je zakonom ili upravnim ograničenjem određena na putu ili dionici puta;
- *brzina putovanja* ( $V_{\text{put}}$ ) predstavlja prosječnu brzinu vožnje koju vozila dosežu na određenom putu;
- *predviđena brzina* ( $V_{\text{pred}}$ ) je računska brzina koja je određena za pojedine kategorije puta s obzirom na saobraćajnu funkciju i uslove prostora; na osnovu ove brzine vrši se procjena dimenzija geometrijskih i tehničkih elemenata puta;
- *projektna brzina* ( $V_{\text{proj}}$ ) je brzina vožnje vozila u slobodnom saobraćajnom toku po čistom i mokrom kolovozu, u struci poznata kao  $V_{85\%}$ , koju omogućavaju pojedini geometrijski i tehnički elementi projektovanog ili postojećeg puta; upotrebljava se kao računska brzina za analize bezbjednosti saobraćaja i za adekvatne ispravke pojedinih tehničkih elemenata puta (vidjeti tabelu 7);
- *brzina u bočnom smjeru* ( $V_{\text{boč}}$ ) predstavlja brzinu kretanja vozila u bočnom smjeru pri promjeni saobraćajnih traka.

#### Procjena projektne brzine ( $V_{\text{des}}$ ):

Projektna brzina se procjenjuje analizom pojedinih elemenata puta. U projektu se prikazuje kao profil projektne brzine. Utvrđena brzina ne smije da bude viša od maksimalne dozvoljene brzine kretanja na datom putu. Analiza se u projektu izvodi za puteve koji pripadaju grupi A i za puteve iz grupe B, gdje predviđena brzina prelazi 70 km/h.

Ukoliko posebnom analizom nije drugačije određeno, primjenjuje se sljedeće:

- za dvosmjerne puteve sa odvojenim kolovozima, gdje je  $V_{\text{pre}} < V_{\text{doz}}$ :
 
$$V_{\text{proj}} = V_{\text{pred}} + 10 \text{ km/h} \quad (\text{izrazita zakrivljenost trase}) \text{ ili}$$

$$V_{\text{proj}} = V_{\text{pred}} + 20 \text{ km/h} \quad (\text{za istegnute trase}),$$
- za dvosmjerne puteve sa jednim kolovozom, gdje je  $V_{\text{pred}} < V_{\text{doz}}$ :
 
$$\max V_{\text{proj}} = V_{\text{doz}} \quad (\text{za pojedinu vrstu ili kategoriju puta})$$

$$\min V_{\text{proj}} = V_{\text{pred}}$$

#### Brzina u bočnom smjeru ( $V_{\text{boč}}$ ):

Brzina u bočnom smjeru je računska količina, kojom se izračunava dužina prelaznog područja prilikom izmjene vožnje na saobraćajnim trakama. Zavisi od širine između saobraćajnih traka, brzine vožnje i od smjernog toka trase puta (u pravcu, u krivini).

Ukoliko posebnim uslovima nije drugačije određeno, primjenjuju se sljedeće vrijednosti:

- blaga  $0.7 \text{ m/s}$  (za brzine  $> 70 \text{ km/h}$ , za teška vozila, puteve u krivini)
- prihvativljiva  $1.0 \text{ m/s}$  (za brzine  $\leq 70 \text{ km/h}$ , za putnička vozila, puteve u pravcu).

### **2.1.4 Saobraćajne vozno-dinamičke količine**

Vozno-dinamičke vrijednosti, koje treba poštovati u cilju obezbjeđenja saobraćajne bezbjednosti, te koje omogućavaju kretanje vozila izabranom brzinom vožnje na putevima, koji su dimenzionisani prema vozno-dinamičkim zahtjevima, navedene su u tabeli 8.

Najznačajnije razlike između tehničkih grupa se odnose na stopu iskorišćenosti koeficijenta trenja, koji se upotrebljava za određivanje radijusa horizontalnog kružnog luka pri maksimalnom i minimalnom poprečnom nagibu kolovoza.

Dozvoljene vrijednosti koeficijenta trenja ( $f_{R\max \text{ doz}}$ ) za definisanje odnosa između dimenzija elemenata puta i brzine kretanja navedene su u tabeli 9.

**Tabela 8: Vozno-dinamički uslovi**

TEHNIČKA GRUPA	STEPEN ISKORIŠĆENOSTI $F_{R\text{MAX ADM}}$ AT		MAKSIMALAN POPREČNI NAGIB* $Q_{\text{MAX}}$	PRELAZNA KRIVINA	REDOSLJED KRUŽNIH LUKOVA	VRIJEME POTREBNO ZA REAKCIJU	PREGLEDNOST PRI PRETICANJU
	$Q_{\text{MAX}}$	$Q_{\text{MIN}}$					
<b>A</b>	50%	10%	7(8)%	OBAVEZNA	OBAVEZNA	2.0 s	POTREBNA
<b>B</b>	IZVAN NASELJA	60%	30%	7(8)%	OBAVEZNA	OBAVEZNA	1.5 s
	U NASELJU	60%	30%	5(7)%	OBAVEZNA	PREPORUČENA	1.5 s
<b>C</b>	70%	50%	5(7)%	PREPORUČENA	NIJE OBAVEZNA	1.5 s	NIJE POTREBNA
<b>D</b>	Uzeti u obzir uslove određene za C.		5(7)%	PREPORUČENA	-	-	-

\*Napomena: Maksimalan poprečni nagib koji je naznačen u zagradi se primjenjuje za sanaciju ili rekonstrukciju postojećih puteva.

U tabeli 9, vrijednosti  $f_{T\text{max}}$  i  $f_{R\text{max}}$  su navedene za čist i mokar kolovoz, sa habajućim slojem izrađenim od kalcitnih kamenih agregata, dok su vrijednosti  $f_{T\text{50%}}$  navedene za slojeve izrađene od eruptivnih agregata. Za kolovoze izrađene od drugačijih materijala koeficijent trenja treba odrediti za svaki pojedinačni slučaj.

**Tabela 9: Dozvoljene (maksimalne) vrijednosti koeficijenta trenja za proračunavanje elemenata puta**

KOEF. TRENJA	BRZINA $V_I$ [KM/H]										
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
$f_{T\text{MAX}}$ [-]	0.42	0.37	0.33	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
$f_{R\text{MAX}}$ [-]	0.381	0.345	0.310	0.279	0.250	0.225	0.203	0.187	0.169	0.161	0.151
$f_{T\text{50%}}$ [-]	0.510	0.480	0.460	0.430	0.410	0.390	0.370	0.353	0.338	0.325	0.313

Za proračunavanje dužine za kočenje i zaustavljanje se u načelu primjenjuje ukupna (maksimalna) dozvoljena vrijednost koeficijenta trenja, dok se za izračunavanje graničnih radijusa horizontalnih kružnih lukova ( $R_{\min}$ ,  $R_g$ ), primjenjuju omjeri navedeni u tabeli 10 za pojedine tehničke grupe puteva.

Saobraćajne površine i granične vrijednosti vozno-dinamičkih parametara, koje omogućavaju izvođenje saobraćajnih funkcija u određenim granicama, predstavljene su u tabeli 10.

Saobraćajne površine navedene u tabeli 10 mogu biti izvedene na skromniji način, ukoliko je to dovoljno s obzirom na saobraćajno opterećenje (obim saobraćaja), ili u slučaju izgradnje u fazama (prvo put sa dvije saobraćajne trake, koji se naknadno proširuje u put sa četiri saobraćajne trake), s tim da zahtjevi koji se odnose na bezbjednost saobraćaja moraju u potpunosti biti ispunjeni.

Pri izgradnji puta u fazama, fazno uređenje treba u potpunosti izvesti i prikazati u projektu na osnovu konačnog stanja. Pri tom je u potpunosti obavezno poštovanje uslova koji se odnose na bezbjednost saobraćaja.

**Tabela 10: Osnovne saobraćajne i vozno-dinamičke karakteristike puteva koji pripadaju različitim tehničkim grupama**

TEHNIČKA GRUPA	STANDARDNE KARAKTERISTIKE ZA PROJEKTOVANJE I FUNKCIONISANJE PUTEVA					
	VRSTA SAOBRAĆAJA	V <sub>DOZ</sub> [KM/H]	V <sub>PUT</sub> <sup>1</sup> [KM/H]	KOLOVOZ	RASKRSNICA <sup>2</sup>	MOGUĆA PREDVIĐENA BRZINA <sup>3,4</sup> V <sub>PRED</sub> [KM/H]
<b>IZVAN NASELJA</b>						
<b>A</b>	MOTORNI	130	80-100	ODVOJENI SMJEROVI	U VIŠE NIVOA	130 120 110 100
	MOTORNI	90	60-80	DVOSMJERNI	U VIŠE NIVOA	90 80
<b>A</b>	MOTORNI	100	70-90	ODVOJENI SMJEROVI	U VIŠE NIVOA	110 100 90 80
	MJEŠOVITI	90	50-70	DVOSMJERNI	U NIVOU KANAL.	90 80 70 60
<b>B</b>	MJEŠOVITI	100	60-80	ODVOJENI SMJEROVI	U NIVOU KANAL.	90 80 70 60
	MJEŠOVITI	90	50-70	DVOSMJERNI	U NIVOU KANAL.	90 80 70 60 50 40
<b>B, C</b>	TURISTIČKI	70	SPECIF.	DVOSMJERNI	U NIVOU OPR.	70 60 50 40
<b>B</b>	MJEŠOVITI	70	40-60	DVOSMJERNI	U NIVOU OPR.	70 60 50 40
<b>C</b>	LOKALNI	70	-	DVOSMJERNI	U NIVOU MIN.	60 50 40
<b>D</b>	PRISTUP	50	-	DVOSMJERNI	U NIVOU BEZ.	NIJE ODREĐENA
<b>U NASELJU</b>						
<b>A</b>	MOTORNI	100	60-90	ODVOJENI SMJEROVI	U VIŠE NIVOA	100 90 80
	MOTORNI	90	50-70	DVOSMJERNI	U VIŠE NIVOA	90 80 70 60 50
<b>B</b>	MOTORNI	80	50-60	ODVOJENI SMJEROVI	U NIVOU KANAL.	80 70 60
	MJEŠOVITI	70	40-50	DVOSMJERNI	U NIVOU KANAL.	70 60 50 40
<b>C</b>	MJEŠOVITI	50	-	DVOSMJERNI	U NIVOU OPR.	50 40
<b>D</b>	MJEŠOVITI	50	-	DVOSMJERNI	U NIVOU MIN.	NIJE ODREĐENA
	PRISTUP	30	-	DVOSMJERNI	U NIVOU BEZ.	NIJE ODREĐENA
	PRISTUP	5	-	-	-	NIJE ODREĐENA

Legenda:

<sup>1</sup> određuje se s obzirom na udaljenosti između centara saobraćajnog potencijala (veća udaljenost, viša V<sub>put</sub>)

<sup>2</sup> vrsta raskrsnice se određuje s obzirom na obim saobraćaja:

kanal. = kanalisana raskrsnica,

opr. = kompletna saobraćajna oprema,

min. = minimalna saobraćajna oprema

bez = bez saobraćajne opreme – samo saobraćajni znak

<sup>3</sup> određuje se s obzirom na prostorne uslove i kontinuitet već izgrađenih susjednih odsjeka

<sup>4</sup> manju V<sub>pred</sub> izabratи ukoliko okolina utiče na vozača, ograničenje brzine je potrebno obavezno označiti dodatnom tablom "po kiši"

## 2.1.5 Standardne širine saobraćajnih traka

Koloz se sastoji od saobraćajnih traka, traka za preticanje, dodatnih traka i rubnih pojaseva. Standardne širine saobraćajnih traka zavise od širine standardnog vozila (saobraćajni profil 2.50 x 4.00 m), i od brzine vožnje, dok kod puteva sa elementima nižeg standarda (malosaobraćajni putevi) zavise od mjerodavnog vozila, koje se stalno kreće na određenom putu (tabela 11).

Ukoliko između dva smjera vožnje nema razdjelnog pojasa, između obe unutrašnje saobraćajne trake potrebno je predvidjeti razdjelu traku širine 0.50 m. Širina razdjelnog

pojasa se dodaje na širinu kolovoza i ima indirektni uticaj na određivanje dimenzija pojedinih geometrijskih i tehničkih elemenata puta.

Širina kolovoza, koja indirektno utiče na određivanje dimenzija pojedinih geometrijskih i tehničkih elemenata puta (dužinu prelazne krivine, nadvišenje, itd, ne obuhvata sljedeće:

- dodatne trake,
- rubne pojaseve,
- trake za pravljivo zaustavljanje, i
- zaštitnu traku pred uzdignutim ivičnjakom, ukoliko je kolovoz lokalno oivičen.

**Tabela 11: Standardne širine saobraćajnih traka**

ŠIRINA TRAKE [M]	PREDVIĐENA BRZINA $V_{PRED}$ [KM/H]					
	40	50	60	80	100	$\geq 120$
Uobičajena	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75
U izuzetnim slučajevima	2.25	2.50	2.75	-	-	-

## 2.1.6 Uticaj saobraćajnog opterećenja

Ukoliko je, na putu sa dvije saobraćajne trake, po isteku planskog perioda, projektovano saobraćajno opterećenje prouzrokovalo pad prosječne brzine putovanja ispod određene, potrebno je povećati propusnost:

- povećanjem dijela dužine puta pogodne za preticanje,
- uređenjem dodatnih traka na većim usponima, i
- povećanjem broja saobraćajnih traka.

Za građevinske investicije, koje su predmet ekonomskih studija (npr. autoputevi), odluka o izabranoj mjeri se provjerava odgovarajućom studijom izvodljivosti. Za ostale puteve dovoljna je jednostavna analiza troškova.

## 2.2 ULAZNI PARAMETRI ZA ODREĐIVANJE DIMENZIJA ELEMENATA PUTA

### 2.2.1 Na putevima koji pripadaju tehničkim grupama A, B, i C

Dimenziije tehničkih elemenata linije osovine puta treba odrediti na osnovu:

- kategorije puta,
- predviđene brzine ( $V_{pred}$ ), i
- određenog nivoa usluga (gustina saobraćajnog toka na jednosmjernim kolovozima i prosječna brzina putovanja [ $V_{put}$ ] na dvosmjernim kolovozima) koji je potrebno obezbijediti na putu određene kategorije na kraju planskog razdoblja.

Za predviđenu brzinu  $V_{pred}$  potrebno je izabrati najvišu vrijednost od onih navedenih u tabeli 4. Prilikom izbora elemenata trase potrebno je postići najveću moguću usklađenost sa prostornim elementima, kao i racionalnost pri planiranju. Za tu namjenu su u tabeli 4 navedene niže moguće predviđene brzine, koje se upotrebljavaju u slučaju:

- zahtjevnih prostornih uslova (već definisana upotreba prostora, karakteristike prirode, kulturno nasljeđe, urbana sredina, izbjegavanje pretjeranih intervencija u prostoru, smanjenje mogućih uticaja puta),
- zahtjevnog oblika reljefa (velike visinske razlike, velika raznorodnost),
- zahtjevnih geološko – geomehaničkih uslova, ili
- drugih razloga, iz kojih bi izgradnja puta sa najvišom mogućom predviđenom brzinom bila prostorno neprihvatljiva i/ili preskupa u poređenju sa predviđenom funkcijom puta i saobraćajem na putu. Svako odstupanje mora biti dodatno obrazloženo i stručno utemeljeno u projektu puta.

Za tehničku grupu A, kao i za puteve sa većim saobraćajnim opterećenjem iz saobraćajne grupe B (kada je  $V_{pred} = V_{doz}$ ), elemente kolovoza je potrebno ispraviti s obzirom na projektnu brzinu ( $V_{proj}$ ) – vidjeti tabelu 7.

Prilikom uređenja kraće dionice određenog puta (glavni dio puta je prethodno uređen), potrebno je predvidjeti dimenzije elemenata puta, koje su već upotrebljene na susjednoj, već završenoj dionici (kontinuitet uređenja), izuzev u slučaju da je planskom dokumentacijom predviđeno drugačije ili u slučaju da se očekuje saobraćajno opterećenje koje je znatno veće ili manje od onog na susjednoj, već završenoj dionici. Navedeno pitanje mora biti definisano projektnim zadatkom.

U cilju osiguranja višeg nivoa bezbjednosti saobraćaja, preporučuje se da se za određivanje veličine radijusa krivine nivelete na svim putevima, ukoliko to omogućavaju prostorni i ekonomski razlozi, upotrebljava projektna brzina.

Širina i sastav elemenata normalnog poprečnog profila (NPP) mora biti određena na osnovu predviđene brzine, i vrste korisnika puta (vozila, pješaci, biciklisti), kao i na osnovu saobraćajnog opterećenja (kapaciteta i strukture vozila i projektovanog opterećenja po času). Dimenzije elemenata normalnog poprečnog profila i saobraćajna oprema moraju biti jednake onim određenim za pojedine tehničke grupe puteva, kao i za vrstu saobraćaja na putu. Širine elemenata poprečnog presjeka su standardizovane i u skladu su sa dimenzijama navedenim u ovim Smjernicama. Odstupanja su moguća samo u posebnim slučajevima, koji su utvrđeni zakonima o prostornom planiranju i koji su posebno navedeni u projektnom zadatku.

### 2.2.2 Na putevima koji pripadaju tehničkoj grupi D (malosaobraćajni putevi)

Na putevima koji pripadaju tehničkoj grupi D moguće je izostaviti određivanje dimenzija geometrijskih elemenata u zavisnosti od predviđene brzine. U cilju osiguranja

bezbjednosti saobraćaja na takvim putevima, prilikom određivanja tehničkih elemenata u obzir je potrebno uzeti sljedeće:

- normalni poprečni profil se određuje s obzirom na tipične korisnike, pri čemu su širine saobraćajnih traka manje od standardizovanih za javne puteve;
- najviša brzina vožnje na tim putevima iznosi do 50 km/h, a najveći poprečni nagib po pravilu ne prelazi 5%;
- preporučuje se upotreba odredbi za određivanje dimenzija elemenata kolovoza, koje su važeće za tehničku grupu C;
- poprečni nagib i dužinu preglednosti na pojedinom kružnom luku treba odrediti s obzirom na procjenjenu brzinu vožnje na datom luku;
- kada se među susjednim kružnim lukovima utvrde znatne razlike između moguće brzine vožnje, poprečni presjek najvećeg luka treba odrediti na osnovu brzine koja je moguća na kružnom luku manjeg radijusa;
- kada se istegnute dionice (prave ili lukovi  $R > 400$  m), duže od 200 m pojave između pojedinih grupa tri ili više kružnih lukova, elemente pojedine grupe lukova potrebno je odrediti uzimajući u obzir brzinu koja se primjenjuje za najmanji kružni luk unutar određene grupe sa najvećim poprečnim nagibom;
- na pojednim trasama moguće je postavljanje grupa lukova različitih brzina ali istog normalnog poprečnog profila; ukoliko su izrazita odstupanja brzina između susjednih grupa lukova ( $\Delta V \geq 20$  km/h) to je potrebno posebno označiti vertikalnom saobraćajnom signalizacijom.

Ukoliko je predviđeno projektnim zadatkom, a zatim stručno utemeljeno u projektu, postupak naveden u prethodnoj stavci može da se uvede za puteve iz tehničkih grupa C i B (izvan naselja), ukoliko saobraćajno opterećenje ne prelazi 500 vozila na dan. Istegnuti dio trase između dvije uzastopne grupe krivina ne smije biti kraći od 1.5 put zaustavne dužine.

### **2.2.3 Uticaj rezultirajućeg nagiba kolovoza**

Rezultirajući nagib kolovoza je vektorska suma uzdužnog i poprečnog nagiba. Na dionicama puta gdje rezultirajući nagib kolovoza prelazi maksimalnu vrijednost (moguća opasnost od proklizavanja uslijed poledice na kolovozu), moraju se upotrijebiti horizontalni kružni lukovi sa takvim poprečnim nagibom, da isti nije prekoračen, koji se čita iz dijagrama na crtežu 3, a s obzirom na vrijednost podužnog pada za bilo koju od maksimalnih vrijednosti  $q_{\maxres}$ .

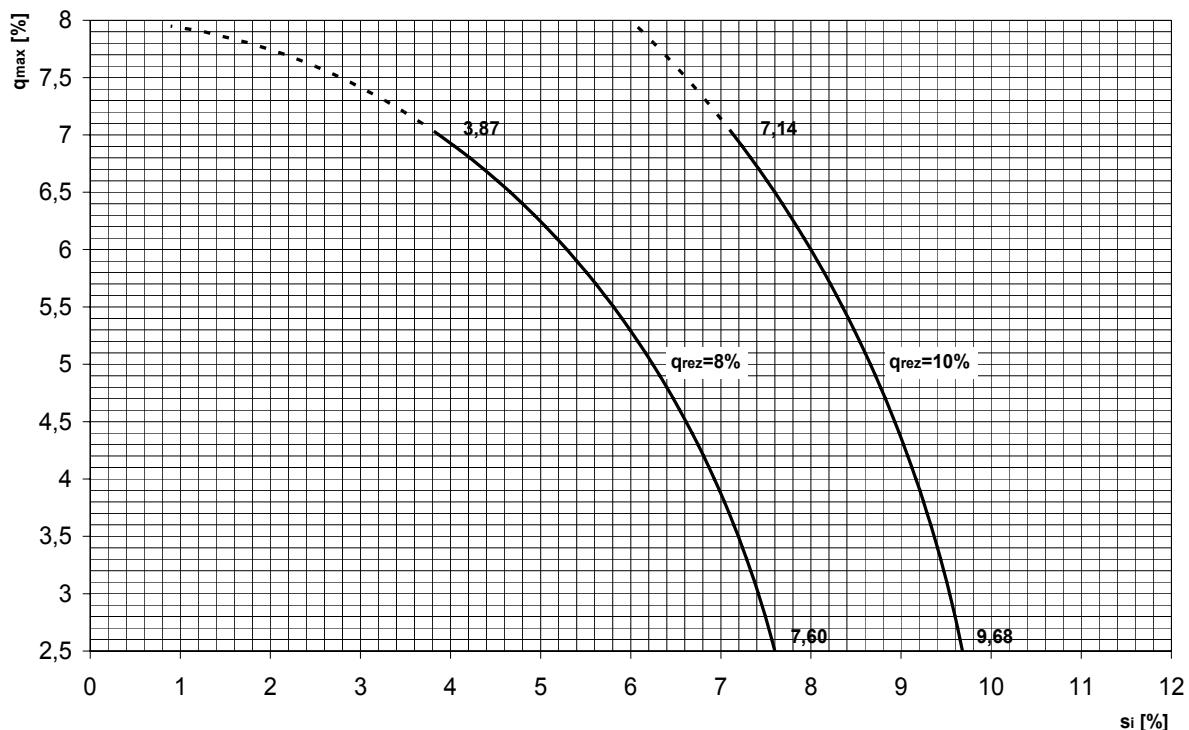
U obzir je potrebno uzeti maksimalnu dozvoljenu vrijednost  $q_{\maxres}$ :

- $q_{\maxres} = 8\%$  na putevima iz grupe A sa obimom saobraćaja preko 12,000 vozila/dnevno,
- $q_{\maxres} = 10\%$  na putevima iz grupe A, na putevima iz grupe B (izvan naselja), kao i na drugim putevima gdje obim saobraćaja prelazi 5,000 vozila/dnevno.

U izuzetnim slučajevima potrebno je predvidjeti odgovarajuće zaštitne mreže od proklizavanja (obaveza stroge kontrole i odmrzavanja, zaštitne ograde, itd.). Na putevima za veće udaljenosti takođe je potrebno projektovati izlaze za prinudno isključivanje iz saobraćaja.

Gore navedene uslove nije potrebno ispunjavati za područja gdje je statistički dokazano da se poledica ne javlja.

**Crtež 3: Ovisnost maksimalnog poprečnog nagiba  $q_{max}$  od uzdužnog nagiba  $s_i$  pri rezultirajućem nagibu kolovoza  $q_{rez}=8\%$  and  $q_{rez}=10\%$**



## 2.2.4 Uticaj minimalnih veličina nagiba na površinsko odvodnjavanje

Prilikom određivanja dimenzija tehničkih elemenata (nagibi kolovoza) potrebno je u obzir uzeti sljedeće minimalne nagibe za odvodnjavanje površinske vode pomoću naprava za odvodnjavanje:

- na cementno-betonskim površinama 0.2%,
- na asfaltnim površinama 0.3%,
- na zatravljenim površinama 0.5%.

## 2.2.5 Postupak određivanja dimenzija

Prilikom izrade projekta puta, dimenzije elemenata puta se određuju prema redoslijedu koji je naveden u tabeli 12. Za puteve za koje je ovim dokumentom i/ili drugim tehničkim propisima određeno drugačije moguće je izostaviti neki od navedenih koraka.

**Tabela 12: Redoslijed određivanja dimenzija elemenata puta**

SAOBRAĆAJNA	FUNKCIONALNOST
KATEGORIJA PUTOA	
+ NIVO USLUGA (Q/C) ili $V_{put}$ ↓ <b><math>V_{pred}</math></b>	+ PGDS sa strukturom saobraćaja ↓
GEOMETRIJSKI ELEMENTI OSOVINE PUTOA	NORMALAN POPREČNI PROFIL
Za puteve iz tehničke grupe A:	
↓ profil brzina vožnje po smjerovima	+ Saobraćajno dimenzionisanje ili KPP, kako je navedeno u poglavljju 5.6 ↓
<b><math>V_{proj} = V_{35\%}</math></b>	<b><math>V_{put}</math> ili nivo usluga (NU)</b> ↓
<b>ISPRAVKE (po potrebi):</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- poprečni nagib 90 i u krivinama <math>q_i</math></li> <li>- zaustavna preglednost <math>P_z</math></li> <li>- <math>r_{min \ konv}</math> radijus vertikalne krivine</li> <li>- <math>R_{min}</math> pri kontra nagibu - <math>q_{min}</math></li> <li>- nagib prelazne rampe <math>\Delta s_{max}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ublažavanje uspona nivelete</li> <li>- povećanje dužine dionice za preticanje</li> <li>- dodatne saobraćajne trake</li> <li>- veća udaljenost od bočnih prepreka</li> </ul>

## 3 POPREČNI PROFIL

### 3.1 OPŠTE NAPOMENE

Poprečni profil puta treba biti racionalno projektovan i određen tako da, u okviru predviđenog obima saobraćaja, omogućava normalne uslove za vožnju i slobodan tok saobraćaja.

Pri izboru elemenata poprečnog profila u obzir je potrebno uzeti sljedeće:

- brzinu, strukturu, gustinu i vremensku raspodjelu predviđenog saobraćaja,
- dimenzije izabranog mjerodavnog vozila,
- broj očekivanih susretanja vozila,
- saobraćajni značaj i funkciju puta,
- ekonomičnost,
- topografiju terena,
- zaštitu životne sredine i
- potrebe zimske službe.

Normalan poprečni profil (NPP) predstavlja osnovnu definiciju sadržaja, strukture i dimenzija saobraćajnih i nesaobraćajnih područja u poprečnom profilu *pojedinačne* vrste puta. Normalan poprečni profil, s obzirom na saobraćajnu i voznu dinamiku, zavisi od parametara i uslova koji su detaljno navedeni u poglavlju 1.1.3.1 Saobraćaj, te, s obzirom na građevinsko-tehnički aspekt, zavisi od parametara i uslova, koji su navedeni i razrađeni dalje u tekstu.

Poprečni profil javnog puta je u najširem smislu trup puta predstavljen u poprečnom profilu sa svim pratećim objektima.

Trup puta može biti:

- U visini postojećeg terena;
- U usjeku, na nasipu ili kombinaciji oba (mješoviti poprečni profil);
- Na mostovima, vijaduktima, podvožnjacima, nadvožnjacima;
- U tunelima i galerijama;
- Sa nosećim konstrukcijama i konstrukcijama za podupiranje;
- Duž postojećih puteva;
- Pored vodenih tokova;
- Duž željeznice;
- U nenaseljenim, seoskim ili urbanim područjima;
- U selima, gradovima, industrijskim područjima;
- Sa mjerama za akustičnu zaštitu;
- U područjima zaštite voda; itd.

Svaka od navedenih mogućnosti ima svoje specifičnosti s obzirom na projektovanje i opšta pravila viziranja pojedinih objekata sa putem i kolovozom.

Prilikom projektovanja samog kolovoza i pratećih elemenata poprečnog profila, kao što su: biciklističke staze, pješačke staze, razdjelne trake, zaustavne trake, trake za ubrzanje, ivične trake, bankine, saobraćajne trake za spora vozila, ivičnjaci, berma, područje za odvodnju, područje za saobraćajne znakove područje za komunalnu infrastrukturu i područje za primjenu mjera za akustičnu zaštitu, potrebno je poštovati pravila koja će biti navedena u analizi elemenata poprečnog profila.

Projektovanje trupa puta u usjecima i na nasipima je uslovljeno oblikom postojećeg reljefa, te geološko-geomehaničkim parametrima, koji u većini slučajeva predstavljaju

odlučujući elemenat za završni projekat poprečnog profila.

Dopunjavanje geološko – geomehaničkih oblika poprečnog profila treba izvršiti tako da je u obzir potrebno uzeti projekat usjeka i nasipa u vezi sa postojećim reljefom, ili tako da je dijelove ili čitavo područje usjeka ili nasipa potrebno projektovati sa blagim kosinama u zavisnosti od uslova reljefa na postojećem terenu kroz koji put prolazi.

Posebnu pažnju je potrebno posvetiti udužnim objektima i napravama koje se protežu duž vanjskih ivica puta, kao što su ograde i nasipi za akustičnu zaštitu, zaštita podzemnih voda, saobraćajna oprema (sigurnosne i zaštitne ograde), itd.

Navedeni objekti treba da zadrže simetriju linearног plana uzimajući u obzir spoljašnji reljef i specifičnosti urbanih ili djelimično urbanizovanih područja.

## 3.2 SAOBRAĆAJNI I SLOBODNI PROFIL

### 3.2.1 Saobraćajni profil

Saobraćajni profil se u području iznad kolovoza sastoji od:

- Profila mjerodavnog vozila;
- Područja potrebnog za manevriranje vozila u krivinama i pravcu; i
- Sigurnosnog prostora između vozila.

Određeni navedeni elementi se takođe primjenjuju na saobraćajni profil biciklističke staze, kao i na kombinaciju biciklističke staze i trotoara (biciklisti i pješaci).

Saobraćajni profil se sastoji od saobraćajnih i ivičnih traka, sigurnosnog prostora i saobraćajnih traka i sigurnosnog prostora za bicikliste i pješake (uglavnom u naseljenim područjima). U saobraćajnom profilu ne smije biti niti se u njega smiju protezati bilo kakve fizičke prepreke.

### 3.2.2 Slobodni profil

Slobodni profil puta se sastoji od saobraćajnog profila koji je uvećan po širini i visini. Slobodni profil mora biti oslobođen svih stalnih fizičkih prepreka, kako ne bi došlo do ometanja u kretanju vozila projektovanom brzinom  $V_{pred}$  kao i u kretanju ostalih korisnika puta.

Elementi saobraćajnih znakova i opreme mogu se nalaziti u ovom području izvan saobraćajnog profila, izuzev onih čije dimenzije i postavljanje mogu ograničiti preglednost puta (različite table).

Sigurnosna širina u slobodnom profilu zavisi od  $V_{pred}$  (tabela 13).

**Tabela 13: Sigurnosna širina u slobodnom profilu**

$V_{pred}$ [km/h]	50	70	> 70
$V_w$ [m]	0.50	1.00	1.25

Sigurnosne širine na saobraćajnim trakama se za različite korisnike preklapaju, ukoliko se saobraćaj na njima odvija u istom smjeru.

Ukoliko se saobraćaj na navedenim saobraćajnim trakama odvija u suprotnim smjerovima, tada je između saobraćajnih profila dviye susjedne saobraćajne trake potrebno obezbijediti razdvojnu traku:

- Za saobraćajne trake koje koriste motorna vozila 0.50 m;
- Za ostale saobraćajne trake 0.25 m.

Sigurnosna visina iznad saobraćajnog profila puta iznosi  $h = 0.50$  m. Na putevima koji pripadaju tehničkim grupama A i B (izvan naseljenih područja) sigurnosnu visinu treba uvećati na 0.70 m, kako bi se omogućile naknadne intervencije na putu (zastor) ili u posebnim okolnostima (čišćenje snijega plugom).

Sigurnosna visina iznad saobraćajnog profila trotoara i biciklističke staze iznosi  $h = 0.25$  m.

Izuzetno niski profili (< 4.5 m) mogu se upotrebljavati za određena mjerodavna vozila, ali ne na putevima koji pripadaju tehničkim grupama A i B (izvan naseljenih područja). Niži saobraćajni profil treba označiti odgovarajućim saobraćajnim znakovima i signalizacijom. Isti uslovi se primjenjuju i za širinu slobodnog profila.

Na putevima iz tehničke grupe D, profil se određuje za (najveće) tipično vozilo, koje se kreće određenim putem.

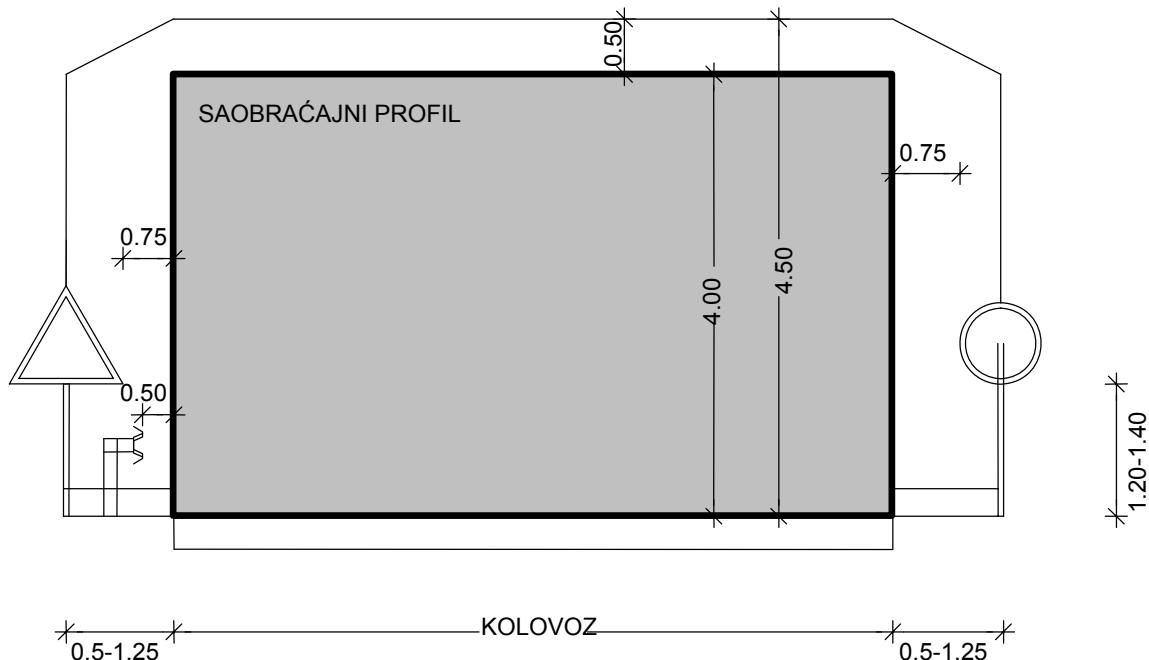
Ukoliko iz opravdanih razloga nije moguće obezbijediti odgovarajuću širinu bočnih sigurnosnih traka, prepreku treba zaštитiti sigurnosnom ogradom. U tom slučaju, kao i u

bilo kojem drugom, sigurnosna ograda mora biti najmanje 0.50 m udaljena od ruba kolovoza.

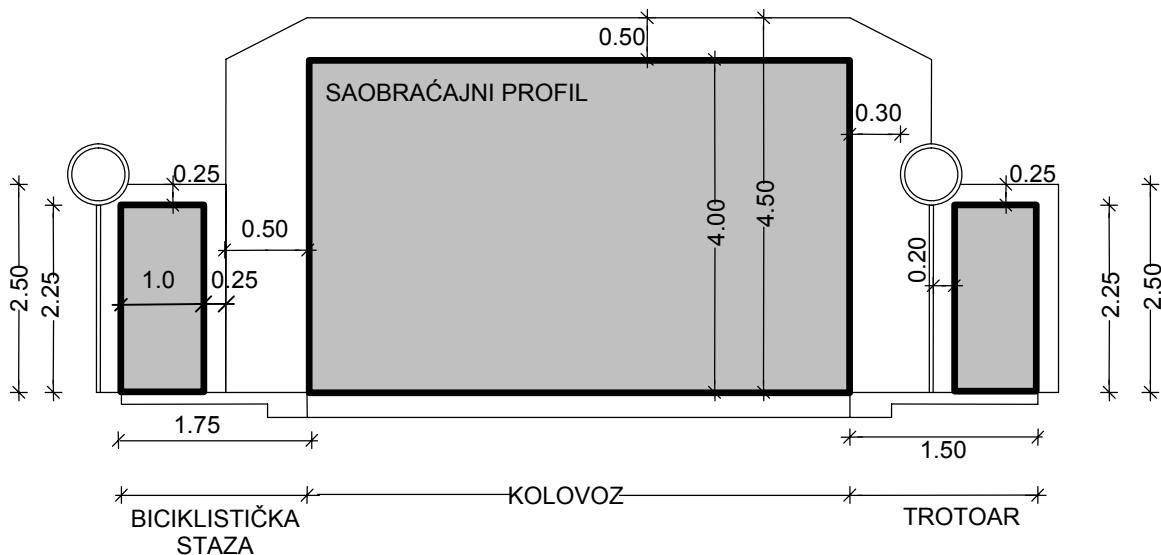
Oblici saobraćajnih i slobodnih profila predstavljeni su na sljedećim crtežima na kojima su navedene dimenzije slobodnih i saobraćajnih profila puta:

- Izvan naseljenih područja (crtež 4);
- U naseljenim područjima (crtež 5);
- Na mostovima (crtež 6);
- U tunelima i galerijama (crtež 7);
- Pored i iznad željeznice (crtež 8);
- Za bicikliste (crtež 9);
- Za pješake (crtež 10);
- Primjer kombinovanog slobodnog profila (crtež 11).

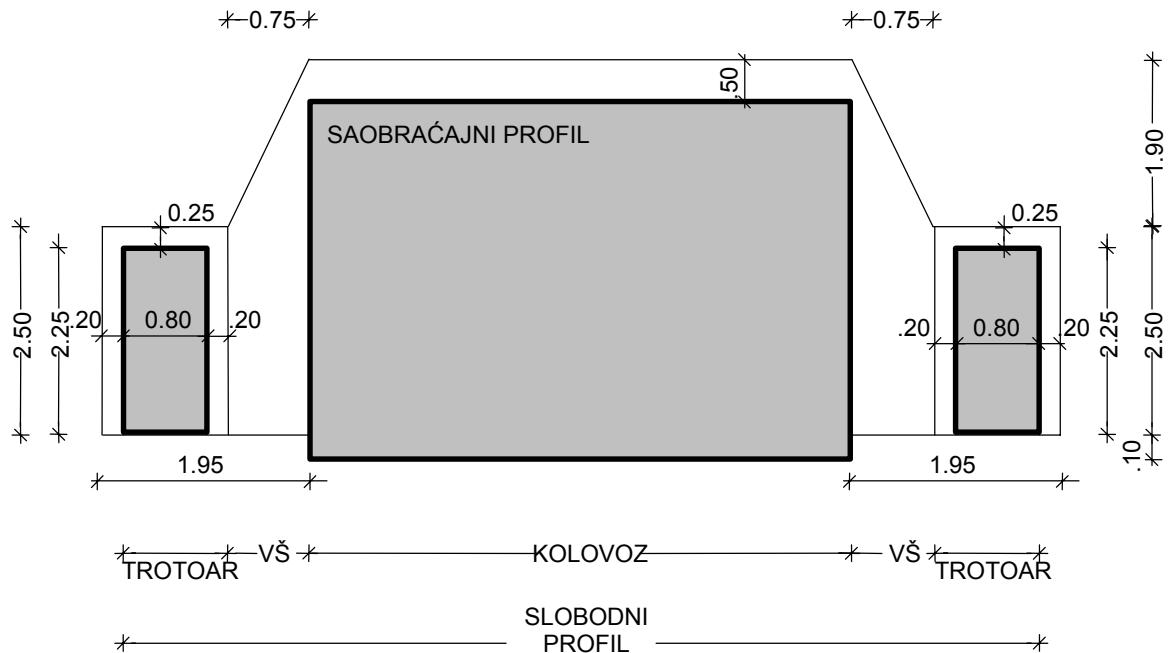
#### **Crtež 4: Saobraćajni i slobodni profili izvan naseljenih područja**



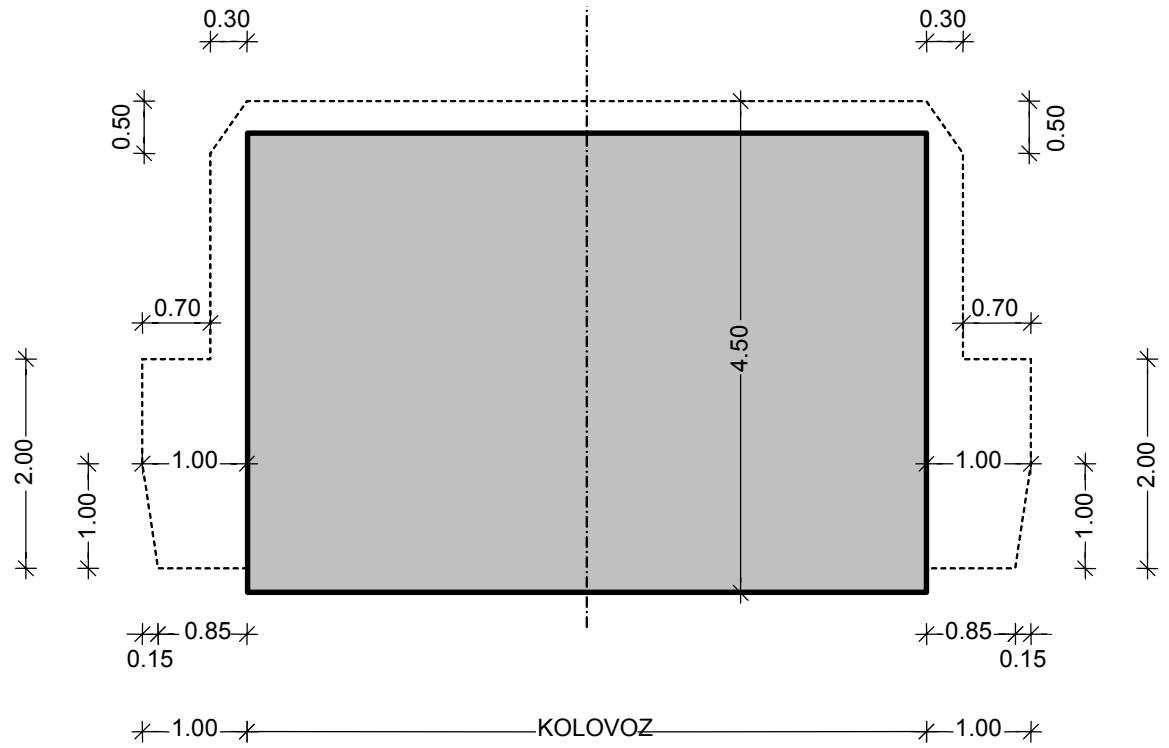
#### **Crtež 5: Saobraćajni i slobodni profili u naseljenim područjima**



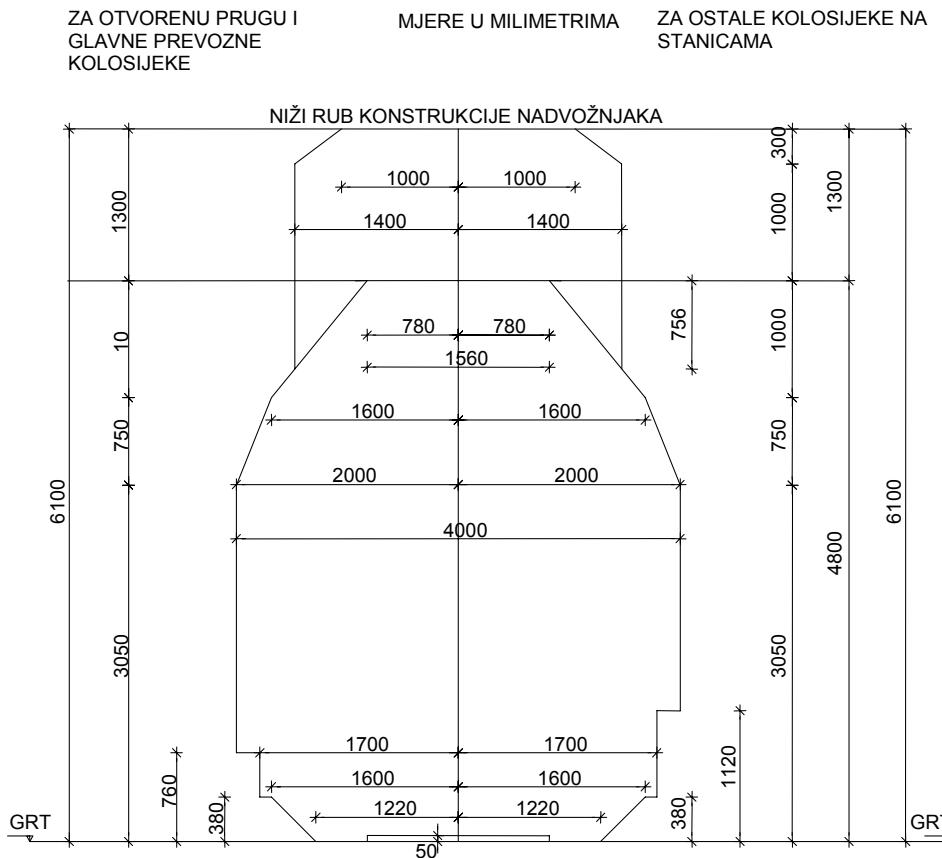
### Crtež 6: Saobraćajni i slobodni profili na mostovima sa pješačkom stazom



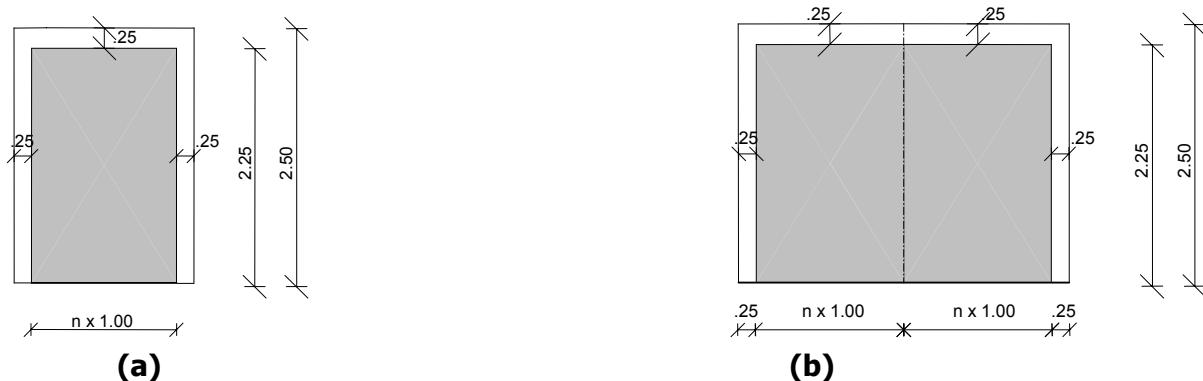
### Crtež 7: Saobraćajni i slobodni profili u tunelima i galerijama



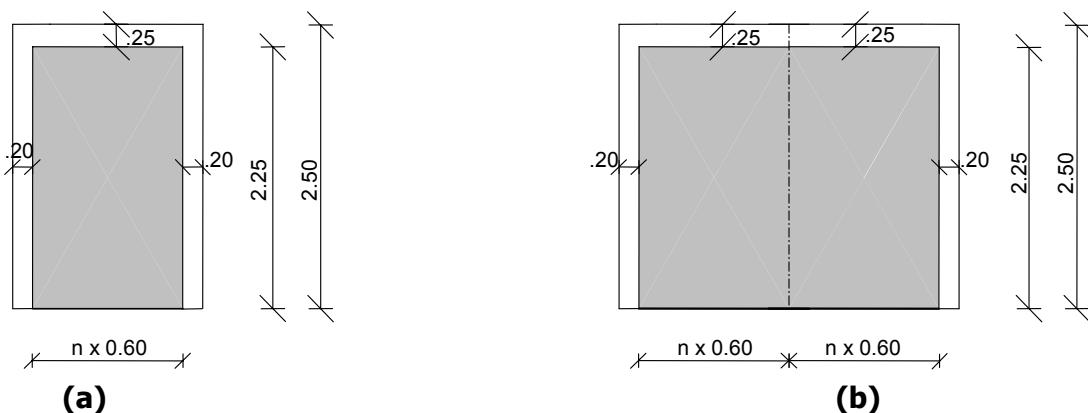
### Crtež 8: Saobraćajni i slobodni profili iznad željeznice



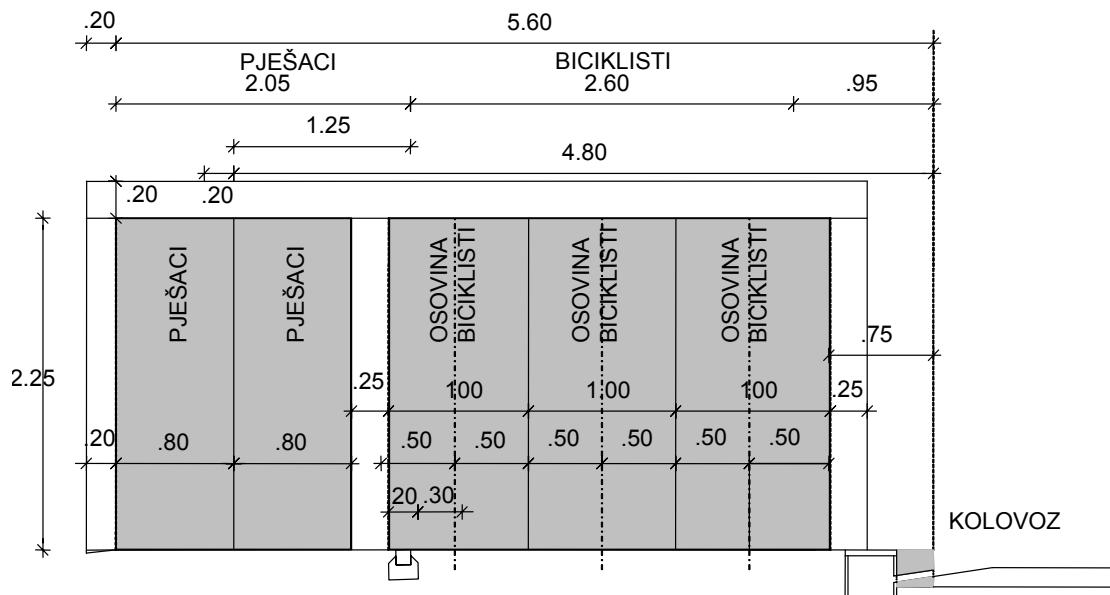
**Crtež 9: Biciklistička staza: (a) jednosmjerna (b) dvosmjerna**



**Crtež 10: Pješačka površina: (a) jednosmjerna (b) dvosmjerna**



#### **Crtež 11: Primjer kombinovanog slobodnog profila**



Minimalna kombinovana širina za pješake i bicikliste treba da iznosi:

$$\check{S} = 0,20 + \underset{\text{pješak}}{0,80} + 0,25 + \underset{\text{biciklist}}{1,00} + 0,25 = 2,50m$$

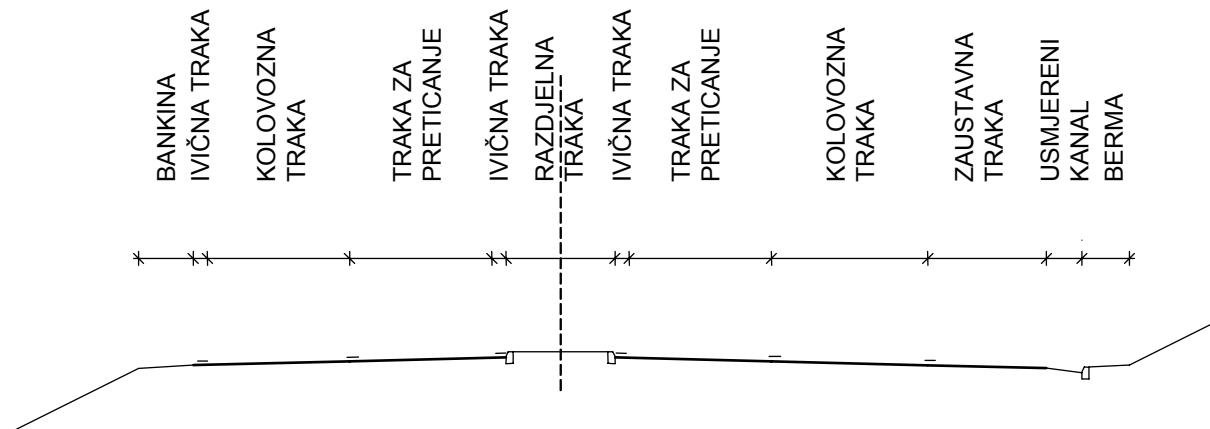
### 3.3 ELEMENTI POPREČNOG PROFILA

Trasa puta je dio putnog područja između unutrašnjih ivica kosina usjeka ili nasipa i sastoji se od:

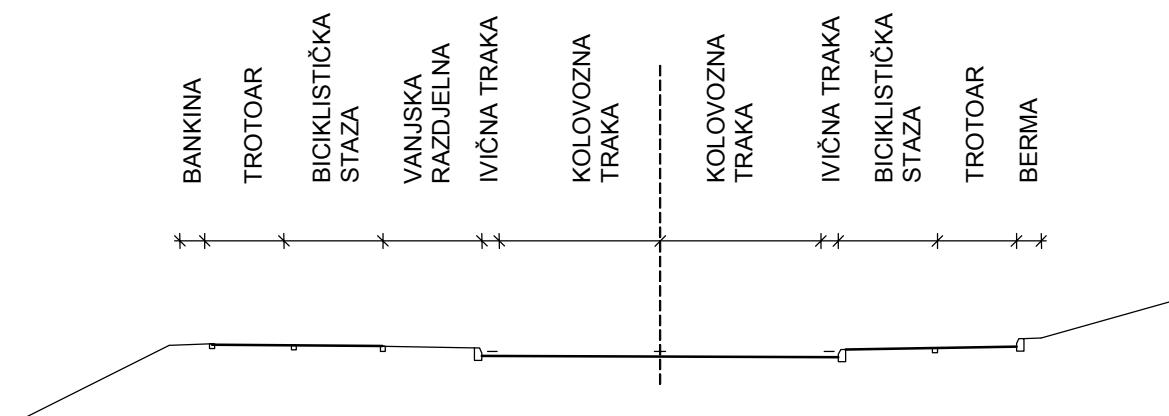
- Kolovoza (saobraćajne trake za motorna vozila, dodatne trake, ivične trake ili zaustavne trake);
- Bočnih traka ili područja:
  - Saobraćajne trake za nemotorizovane učesnike (biciklisti, pješaci, ostalo);
  - Nesaoobraćajne trake (razdjelne trake između usmjerenih kolovoza ili između kolovoza i drugih saobraćajnih traka i saobraćajnih traka predviđenih za mirujući saobraćaj);
  - Uzdužna područja za zaštitu kolovoza (bankine);
  - Uzdužna područja za zaštitu i obezbjeđenje funkcionalnosti trase puta (berme); i
  - Objekata za uzdužnu odvodnju puta (ivičnjaci, usmjereni kanali, zakrivljeni kanali).

Primjeri ili osnovni elementi poprečnog profila predstavljeni su na crtežima 12 i 13.

**Crtež 12: Primjer puta sa više saobraćajnih traka izvan naseljenih područja**



**Crtež 13: Primjer puta sa dvije saobraćajne trake u naseljenim područjima**



#### 3.3.1 Kolovozne trake

Kolovoz se sastoji od kolovoznih traka za vozila i ivičnih traka na kojima mora biti obezbijeđeno dovoljno prostora za kretanje vozila (saobraćajni profil) i za saobraćajnu bezbjednost (slobodni profil).

### 3.3.1.1 Kolovozne trake za motorna vozila

Kolovozne trake za motorna vozila su:

- Kolovozne trake (jedna, dvije ili više za jedan smjer);
  - Trake za preticanje (jedna za jedan smjer);
  - Dodatne trake za spora vozila i kolovozne trake za posebne namjene (autobus, taksi); i
  - Dodatne trake za izlaz ili pristup i prestrojavanje (na pristupnim tačkama i na raskrsnicama).

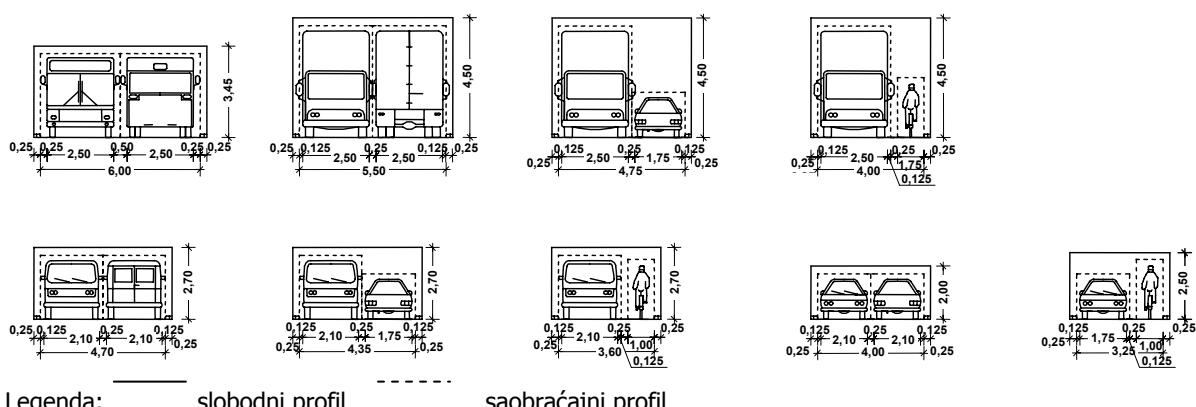
Širine pojedinih kolovoznih traka se zasnivaju na brzini vožnje i saobraćajim obimima pojedinih učesnika u saobraćaju na putu. Na širinu saobraćajne trake (kolovozne, trake za preticanje, dodatne trake) za motorni saobraćaj utiče odabrano tipično teretno vozilo i brzina vožnje koja se odražava na širinu područja bočnog kretanja (tabela 14).

#### **Tabela 14 : Standardne širine saobraćajnih traka za slobodan tok motornih vozila**

<b>Brzina vožnje [km/h]</b>	<b>Širina tipičnog vozila [m]</b>	<b>Područje bočnog kretanja [m]</b>	<b>Širina kolovozne trake [m]</b>
<b>30, 40 ili 50</b>	2.50	0.25	2.75
<b>60 ili 70</b>	2.50	0.50	3.00
<b>80 ili 90</b>	2.50	0.75	3.25
<b>100 ili 110</b>	2.50	1.00	3.50
<b>120 ili 130</b>	2.50	1.25	3.75

Na putevima koji su predviđeni za manje saobraćajne zahtjeve (putevi sa niskim obimom saobraćaja) korisna širina zavisi od tipičnih korisnika puta. Kombinacije su prikazane na Crtežu 14.

**Crtež 14: Dimenziije saobraćajnih profila za konstrukcije tipičnih vozila pri  
veoma niskim brzinama vožnje (40 km/h)**



### 3.3.1.2 Proširenje kolovoza

Kolovoz treba proširiti:

- U cilju obezbeđenja normalne prolaznosti u lukovima; i
  - Uslijed promjena u širini i broju saobraćajnih traka (raskrsnice, račvanja).

Dimenziije proširenja (širina i dužina) zavise od vrste tipičnog vozila koje redovno koristi određeni put (u krvinama) i od brzine vožnje (promjene širine saobraćajnih traka).

### 3.3.1.2.1 Određivanje dimenzija proširenja

Krivine zahtijevaju proširenje pojedinih saobraćajnih traka  $\Delta b_{pp}$  te stoga i proširenje kolovoza, u cilju obezbeđenja normalne prolaznosti. Proširenje se određuje primjenom sljedeće formule:

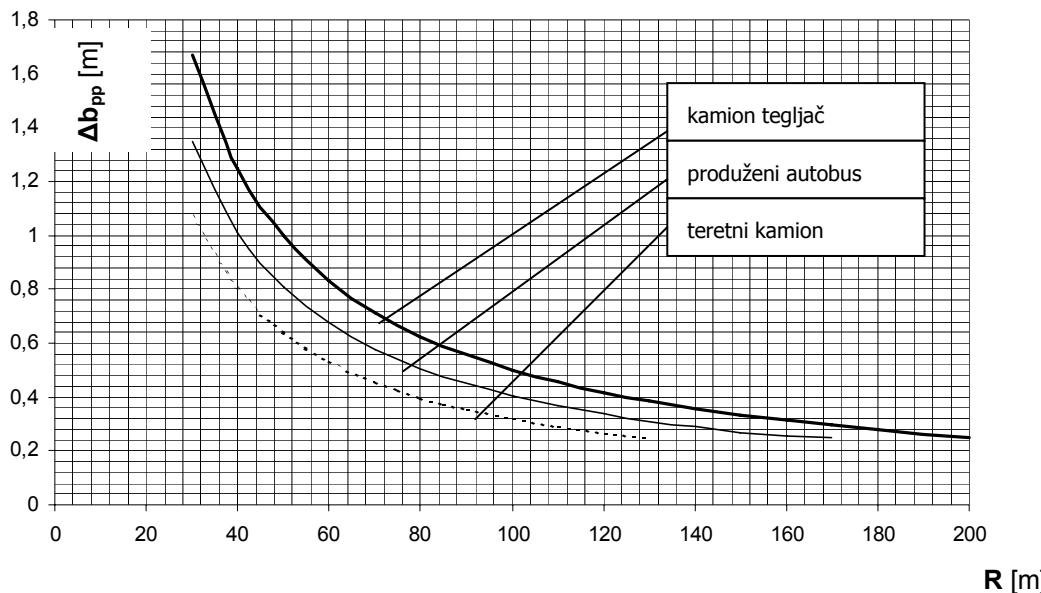
$$\Delta b_{pp} = R_{zu} - \sqrt{(R_{zu}^2 - L_{op}^2)}$$

Dužina međuosovinskog razmaka kod prednjeg trapa vozila ( $L_{op}$ ) za tipična vozila, predstavljena je u tabeli 15.

**Tabela 15: Međuosovinski razmak kod prednjeg trapa vozila**

Vrsta vozila	Međuosovinski razmak + prednji trap ( $L_{op}$ ) [m]
Putnička vozila	4.00
Teretni kamioni	8.00
Tegljači	10.00
Autobusi	8.50
Autobusi sa zglobom	9.00

**Crtež 15: Proširenje pojedinih kolovoznih traka prema vrsti vozila**



Za lukove kod kojih je  $R > 30$  m gore navedena formula može biti pojednostavljena:

$$\Delta b_{pp} = \frac{L_{op}^2}{2 \cdot R}$$

Dimenziije proširenja  $\Delta b_{pp}$  za pojedine saobraćajne trake moguće je očitati sa grafikona na crtežu 15.

Cjelokupno proširenje kolovoza određuje se na osnovu zbiru svih saobraćajnih traka na nerazdvojenom kolovozu.

Proširenje u lukovima sa  $R < 30$  m treba izračunati primjenom tačne formule ili

- Odrediti na osnovu posebnih tabela u kojima su navedene širine ravn za okretanje;
- Grafički ispitati na osnovu ravni za okretanje; ili
- Upotrebom programa za određivanje tragova točkova.

### 3.3.1.2.2 Izostavljanje ili smanjenje proširenja

Proširenje saobraćajnih traka na putevima kod kojih su kolovozi razdvojeni smjerom je virtualno nemoguće uslijed velikih radijusa luka. Samo u posebnim slučajevima, uglavnom za urbane puteve sa više saobraćajnih traka, proširenje se izvodi razdvojeno. Stoga, posebno za svaki slučaj, u obzir treba uzeti manji međusobni uticaj dva ili više vozila koja se kreću u istom smjeru, strukturu saobraćaja i način vožnje, kao i administrativne odredbe (zabrane, obaveze).

Iz ekonomskih razloga, proširenje se ne izvodi na putevima sa dvije saobraćajne trake, kod kojih širina kolovoza iznosi  $b_{ev} \geq 6.00$  m, u sljedeća dva slučaja:

- Ukoliko je broj teških vozila manji od 15 vozila/dan;
- Ukoliko cijelokupno proširenje ne prelazi 0.50 m.

U slučaju da je širina kolovoza  $b_{ev} > 6.00$  m, proširenje treba smanjiti za razliku u širini kolovoza preko 6.00 m. Područje uticaja radijusa luka je u tom slučaju  $30 \text{ m} < R \leq 200 \text{ m}$ .

Iz ekonomskih razloga, proširenje se ne izvodi na putevima sa dvije saobraćajne trake, kod kojih širina kolovoza iznosi  $5.00 \text{ m} < b_{ev} < 6.00 \text{ m}$ , ukoliko cijelokupno proširenje ne prelazi 0.25 m. Područje uticaja radijusa luka je u tom slučaju  $30 \text{ m} < R \leq 400 \text{ m}$ .

Proširenje kolovoza u krivinama na putu sa dvije saobraćajne trake izvan naseljenih područja, čija širina kolovoza iznosi  $b_{ev} \geq 4.75$  m nije potrebno, ukoliko navedeni put koriste samo putnička vozila.

Uopšteno, proširenje u krivinama je takođe potrebno na navedenim putevima, ukoliko preglednost u krivinama nije obezbijedena građevinsko-tehničkim sredstvima ili saobraćajnom opremom (ogledala).

### 3.3.1.2.3 Izvođenje proširenja u krivinama

#### Položaj proširenja

Proširenje kolovoza treba izvršiti duž čitave dužine luka. Kolovoz može biti proširen:

- Samo sa unutrašnje strane luka (dozvoljeno);
- Sa obe strane luka (normalno); ili
- Samo sa vanjske strane luka (uslovno dozvoljeno).

U slučaju da se proširenje izvodi sa obe strane kolovoza, veće od oba proširenja pojedinačne saobraćajne trake treba izvesti sa unutrašnje strane, ukoliko su u proračunima u obzir uzeta različita tipična vozila. Ovim postupkom se omogućava očuvanje linije osovine puta. Bez obzira na ovu odredbu, proširenje sa vanjske strane krivine treba biti ograničeno i ne smije prelaziti veličinu  $L_{PR}^2/24$  or  $A^4/24R^2$  (za klotoidu). U slučaju da je navedena veličina premašena, premašeni dio treba izvesti sa unutrašnje strane krivine.

Proširenje kolovoza samo sa vanjske strane uglavnom nije dozvoljeno. Dozvoljeno je samo u slučaju da se projektom predviđa odgovarajuća dinamika vožnje i estetski izgled linije vanjskog proširenog ruba kolovoza do unutrašnjeg proširenog ili neproširenog ruba kolovoza susjednog luka (proračun osovine ruba kolovoza na putevima koji pripadaju tehničkoj grupi A i rubova na putevima koji pripadaju tehničkoj grupi B).

Ukoliko planom puta nije drugačije određeno, središnja razdjelna linija treba biti iscrtana na sredini proširenog kolovoza.

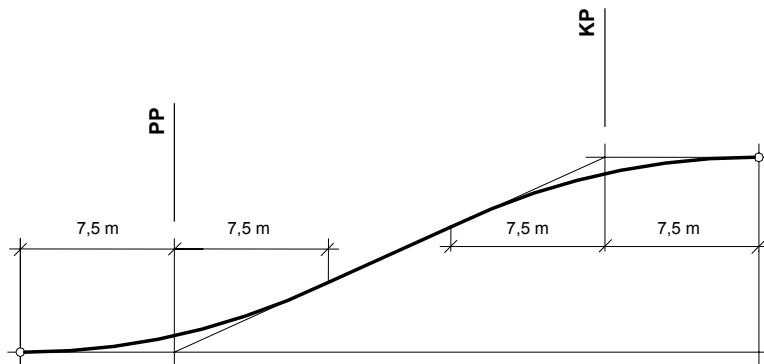
#### Izvođenje prelaza u području prelazne krivine

Prelaz sa neproširenog na prošireni kolovoz treba izvesti postepeno u dužini prelazne krivine, izuzev u slučajevima djelimičnog ili potpunog proširenja sa vanjske strane krivine.

U tom slučaju prelaz se izvodi u skladu sa poglavljem Položaj proširenja

Prelaz mora biti linijski. Na putevima iz tehničke grupe A, početni i završni dijelovi obavezno moraju biti izvedeni zaokruživanjem, koje za 1 dužinu premašuje glavne tačke prelazne krivine (PP i KP), sa tangentama dužine 7.50 m (Crtež 16). Ukoliko je riječ o putevima koji pripadaju tehničkoj grupi B takvo izvođenje se preporučuje u slučajevima kada je kolovoz ovičen.

### Crtež 16: Proširenje sa zaokruživanjem



Prelaz između dva luka sa proširenim kolovozima koji se nalaze u istom smjeru treba izvesti u području središnje prelazne krivine. Iz estetskih razloga, luk ili klotoida, koja treba što je moguće više da slijedi linijski metod izmjene proširenja, moraju biti uključeni između oba luka rubova prošrenih kolovoza.

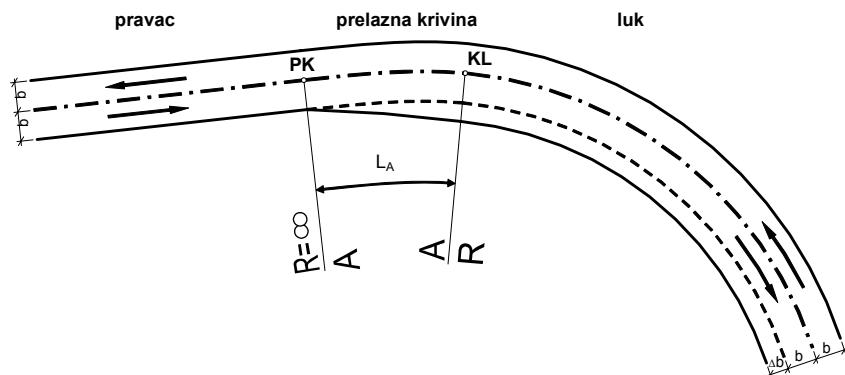
Ukoliko se osovina puta izvodi bez prelaznih krivina (mogućnost u tehničkim grupama C i D), prelaz treba izvesti kao linijski na površini i dužini na kojoj se vrši izmjena poprečnog nagiba kolovoza.

Iz estetskih razloga (linije ivičnjaka), i bez obzira na druge odredbe koje se odnose na proširenje ovičenih kolovoza, preporučujemo da se izvodi gore navedeni postupak proširenja samo sa vanjske strane. U tom slučaju, za oba ruba je potrebno pripremiti proračun osovine.

S obzirom na proširenje u lukovima sa  $R < 30$  m (serpentine) proširenje se izvodi za svaku saobraćajnu traku posebno (sa unutrašnje i sa vanjske strane). U tom slučaju, za svaki rub prošrenog kolovoza potrebna je zasebna neprekidna linija do susjedne krivine.

U slučaju da se luk sa  $R < 30$  m nalazi između dva pravca (dozvoljeno samo za podređene gradske puteve, puteve sa niskim obimom saobraćaja i na raskrsnicama), proširenje treba izvršiti u potpunosti sa unutrašnje strane krivine. Prelaz treba izvršiti na dužini prelazne krivine, a ukoliko ista ne postoji, na dužini koja odgovara veličini radijusa primjenjenog luka. Liniju prelaza treba odrediti na osnovu priručnika za traktrisu (linija tragova zadnjih točkova) ili bilo kojih drugih tehničkih uputstava, ukoliko su određeni za posebne slučajeve (raskrsnice). U starim gradskim jezgrima, linije rubova kolovoza moraju u potpunosti biti prilagođene prostornim uslovima (gradski putevi u tehničkim grupama C i D).

### Crtež 17: Prelaz iz pravca u luk



gdje je:

$L_A$	[m]	Dužina prelazne krivine
$b$	[m]	Dužina kolovozne trake
$\Delta b$	[m]	Proširenje u krivini
PK		Prelaz iz pravca u prelaznu krivinu (klotoida)
KL		Prelaz iz prelazne krivine u luk

#### *Izvođenje prelaza iz pravca u luk*

Izvođenje navedenog proširenja predstavljeno je na crtežu 17. U obzir je potrebno uzeti odredbe koje se odnose na minimalnu dužinu proširenja ( $L_{RZ}$ ), koja se primjenjuje za izvođenje promjena u širini kolovoza (šire saobraćajne trake, dodatne saobraćajne trake). U tom slučaju, potrebna dužina proširenja iznosi:

$$L_{RZ} = 2 \cdot L_{OP} + \frac{1}{2} L_{PR}$$

ili

$$L_{RZ} = \frac{A^4}{24 \cdot R^2},$$

koje se izvodi na dužini prelazne krivine. Ukoliko je  $L_{RZ} > L_A$  proširenje se proteže na luk. Ukoliko je dužina luka mala a  $L_{RZ}$  premašuje sredinu luka, utvrđeno proširenje kolovoza  $\Delta b_{ev}$  treba smanjiti primjenom sljedeće formule:

$$\text{reduc. } \Delta b_{ev} = \Delta b_{ev} \cdot \sqrt[3]{\frac{A^2 + 2 \cdot R \cdot L_{OP}}{4 \cdot R \cdot L_{OP}}}$$

i u potpunosti izvesti sa unutrašnje strane krivine.

#### 3.3.1.2.4 Proširenje i suženje kolovoza pri promjeni širine saobraćajne trake

Proširenje ili suženje kolovoza potrebno je pri:

- Izmjeni sastava elemenata poprečnog profila;
- Izmjeni širine pojedinih saobraćajnih traka;
- Dodavanju ili oduzimanju saobraćajnih traka;
- Uključivanju ulaznih i izlaznih saobraćajnih traka (raskrsnice); i
- Izmjeni širine središnje razdjelne trake.

U izmjenjenim uslovima poprečnog profila, situaciju osnovnih saobraćajnih traka treba prilagoditi takvim izmjenama i obezbijediti da se njihova situacija u području proširenja ili suženja ne razlikuje od one na drugim dijelovima puta.

#### *Proširenje i suženje kolovoza pri promjeni širine saobraćajne trake*

U cilju pronalaženja odgovarajućeg rješenja, s obzirom na dinamiku vožnje i estetiku, proširenje u području manjeg radijusa lukova treba izvesti sa unutrašnje strane luka. Samo u ograničenim uslovima za postavljanje osovine puta, proširenje je moguće izvesti sa obe strane.

Dužina područja proširenja treba da iznosi najmanje:

$$L_{RZ} = V \cdot \sqrt{\frac{\Delta b_i}{3}},$$

s tim da je u obzir potrebno uzeti sljedeće:

- $V = 0.75 V_{proj}$  za sve puteve iz tehničke grupe A, izuzev u slučajevima proširenja na raskrsnicama u nivou (saobraćajne trake za skretanje lijevo i/ili desno);
- $V = V_{pred}$  za sve puteve iz tehničke grupe A za slučajeve proširenja na raskrsnicama u nivou (saobraćajne trake za skretanje lijevo i/ili desno) i za sve puteve iz tehničke grupe B i složenije puteve, s obzirom na saobraćaj, iz tehničke grupe C ( $V_{pred} \geq 60 \text{ km/h}$ ); i
- Za odstupanje  $\Delta b_i$  linije lijevog ruba pojedine saobraćajne trake ili kolovoza u pojedinom smjeru vožnje od prvočitne linije, s tim da je, ukoliko se navedena odstupanja razlikuju, potrebno izabrati veće za puteve sa dvije saobraćajne trake.

Standardna dužina područja proširenja iznosi

$$L_{RZ} = \Delta b_i \cdot \frac{V_{pred}}{3,6 \cdot V_b}$$

gdje je

$L_{RZ}$	dužina proširenja [m]
$\Delta b_i$	dužina odstupanja linije [m]
$V_{pred}$	predviđena brzina [km/h]
$V_b$	brzina vozila pri kretanju u bočnom smjeru (bočna brzina) [km/h]

Na pravcima i pri velikim radiusima krivina, proširenje je moguće izvesti izvođenjem prelaza sa dvije duple kvadratne parabole.

U cilju obezbjeđenja estetskog izgleda područja proširenja puta, preporučujemo da se linija bočnog kretanja dovede u nivo sa osnovnom linijom osovine puta, prije i poslije proširenog dijela puta (izvođenje paralelne osovine uzimajući u obzir simetriju geometrijskih elemenata osovine).

Izmjena broja saobraćajnih traka u izmijenjenom normalnom poprečnom profilu (NPP) smatra se klasičnim proširenjem kolovoza. U tom slučaju:

- Saobraćajna traka užeg NPP treba direktno biti nastavljena u saobraćajnu traku u istom smjeru šireg NPP (kolovozna traka u kolovoznu traku), s tim da je bilo kakve situacione ispravke direktnog nastavka potrebno izvesti kako je gore opisano.
- Dodatne saobraćajne trake treba dodavati jednu po jednu, tako da svaka dodatna traka počinje od osnovne ili prethodno dodate saobraćajne trake, najmanje na prelaznoj udaljenosti, koja se utvrđuje na osnovu linearног proširenja kolovoza 1:40 i zaokruživanja tangenti sa  $R = 3*R_{min}$ .

### Proširenje puta za mimoilaženje

Poseban slučaj proširenja kolovoza je proširenje za mimoilaženje. Predviđeno je za odgovarajuće i bezbjedno mimoilaženje dva vozila, prvenstveno u kombinaciji teretno vozilo – teretno vozilo, u slučaju da je NPP odabran za slučaj mimoilaženja kombinacije putničko vozilo – putničko vozilo ili u slučaju dvosmjernog kolovoza sa jednom saobraćajnom trakom, širine manje od 5.00 m. Dimenzije proširenja puta za mimoilaženje predstavljene su u sljedećoj tabeli 16.

**Tabela 16: Dimenzije proširenja puta za mimoilaženje dva teretna vozila**

Širina		Dužina		
Kolovozna traka $b^*$ [m]	Proširenje puta za mimoilaženje $b_{iz}$ [m]	Ulaz/izlaz $L_p$ [m]	Proširenje puta za mimoilaženje $L_{iz}$ [m]	Ukupno $L_s$ [m]
3.00	2.50	10	10	30
3.50	2.00	10	7	24
4.00	1.50	10	5	20
4.75	0.75	10	3	16

Napomena: \* ... jedna saobraćajna traka, dvosmjerni kolovoz

### Suženje kolovoza

Suženje kolovoza uslijed izmjene širine saobraćajnih traka treba izvesti primjenom postupaka koji su predviđeni za proširenje (poglavlje Proširenje i suženje kolovoza pri promjeni širine saobraćajne trake), gdje prelazna dužina mora biti takva da omogućava smanjenje brzine  $V_{proj}$  na široj saobraćajnoj traci na  $V_{pred}$  na užoj saobraćajnoj traci. U slučaju da se saobraćajna traka sužava za više od 0.25 m, razliku dijela suženja treba izvesti na dijelu šire trake (primjenom odgovarajuće saobraćajne signalizacije – saobraćajni znakovi, horizontalna signalizacija) a preostalih 0.25 u području fizičkog prelaza, koji se izračunava kako je navedeno u poglavlju Proširenje i suženje kolovoza pri promjeni širine saobraćajne trake.

Suženje kolovoza zbog oduzimanja saobraćajnih traka treba izvesti u slučaju:

- Završetak dodatne trake; i
- Smanjenja broja saobraćajnih traka u poprečnom profilu puta.

### Završetak dodatne saobraćajne trake

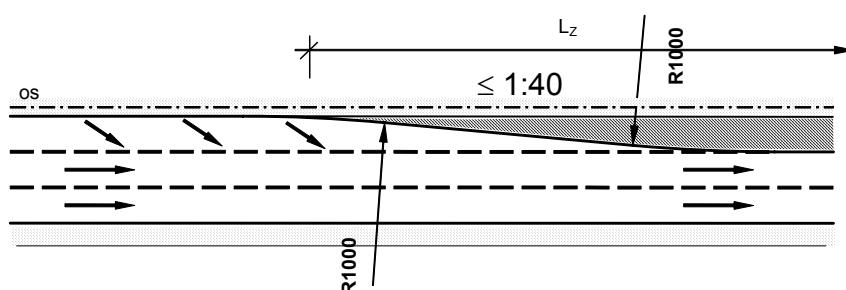
Dodatne saobraćajne trake na kolovozu, koje se na navedenom kolovozu i završavaju, predstavljaju trake koje su izgrađene za potrebe saobraćajnih tokova koji se uključuju na put ili zbog povećanja propusnosti puta.

Dodatne trake za uključenje na put (raskrsnice), po pravilu, treba da se nalaze sa desne strane kolovoza, te na njemu moraju biti i završene, kako je navedeno u poglavlju Priključci i čvorišta u više nivoa. Dodatna traka za povećanje propusnosti puta može da se nalazi sa desne ili sa lijeve strane kolovoznih traka, koje su predviđene za kretanje u određenom smjeru. Završetak dodatnih traka treba izvesti postupno (jednu po jednu) bez obzira sa koje se strane smjera vožnje nalaze.

Minimalan završetak prelazne dužine za svaku dužinu određen je (Crtež 18):

- Suženjem ruba saobraćajne trake u omjeru smanjenja 1:40; i
- Zaokruživanjem sa:  $R = 2.5 \cdot R_{min} \geq 1000\text{m}$ .

### Crtež 18: Nacrt završetka lijeve saobraćajne trake na proširenom kolovozu



Završena saobraćajna traka treba na kraju prelazne dužine imati širinu od najmanje 2.0 m, dok područje koje ne pripada kolovozu (bezbjednosno područje) treba biti označeno horizontalnom signalizacijom.

Uopšteno, saobraćajne trake treba da se završavaju na lijevoj strani pojedinih smjerova vožnje, te su stoga predviđeni za veće brzine vožnje. Bez obzira na odredbe koje se odnose na minimalnu prelaznu dužinu, na završenoj saobraćajnoj traci potrebno je postaviti upozorenje o smanjenju brzine i završetku saobraćajne trake (pomoći saobraćajne opreme). Navedenu opremu treba postaviti na odgovarajućoj udaljenosti od prelazne dužine.

Ukupna dužina prelaza za uključenje na susjednu saobraćajnu traku mora biti ispitana dimenzionisanjem saobraćaja, primjenom metode HCM (Highway Capacity Manual-Priručnik o kapacitetu autoputeva).

#### *Smanjenje broja saobraćajnih traka*

Promjenu broja saobraćajnih traka u promijenjenom normalnom poprečnom profilu (NPP) treba izvesti isključivo u području šireg NPP, kako je navedeno u poglavlju Završetak dodatne saobraćajne trake.

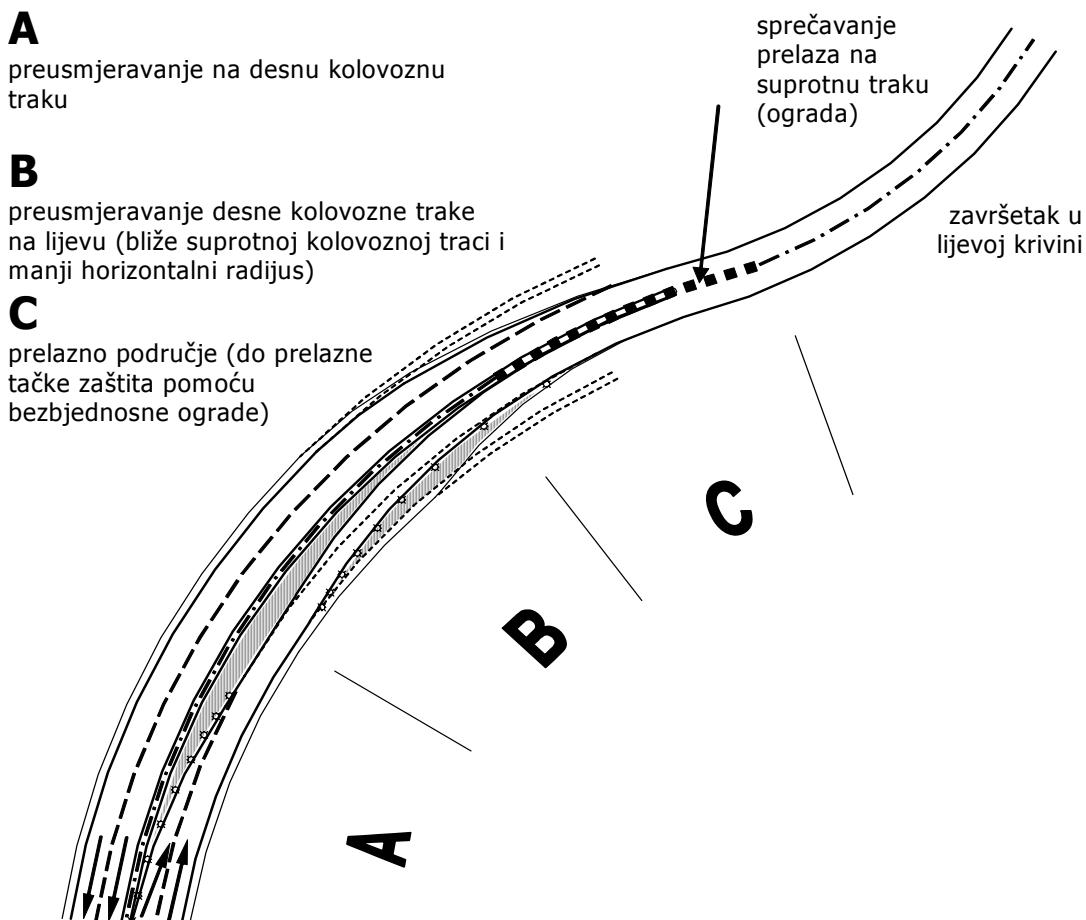
U slučaju većeg broja dodatnih traka, trake treba postepeno završavati (crtež 19). Istovremeni završetak dodatnih traka sa desne i lijeve strane u jednom smjeru vožnje nije dozvoljen.

Smanjenje broja saobraćajnih traka se izvodi u potpunosti na području šireg NPP. U području prelaza sa širem na uži NPP, dozvoljeno je trasiranje samo saobraćajnih traka čiji je broj jednak predviđenom za jedan smjer vožnje u užem NPP.

Linija povezivanja suženog dijela sa užim NPP treba biti izvedena neprekidnim trasiranjem osovine puta od užeg NPP prema području šireg NPP. Položaj osovine puta treba da se zadrži s obzirom na neprekidno trasiranje saobraćajne trake u užem NPP. Linija koja povezuje oba NPP treba da omogući:

- Postepeno smanjenje brzine vožnje (simetrija geometrijskih elemenata osovine povezivanja prelaznog dijela puta); i
- Uključenje linije povezivanja na područje užeg NPP u području luka nalijevo (u smjeru vožnje) ili (u izuzetnim slučajevima) pravo.

**Crtež 19: Nacrt prelaza puta sa četiri saobraćajne trake na dvije saobraćajne trake**



Ulazak linije povezivanja u područje užeg NPP u području luka nadesno (u smjeru vožnje) dozvoljen je samo ukoliko su smjerovi vožnje fizički razdvojeni. Ukoliko smjerovi vožnje nisu fizički razdvojeni potrebno ih je u području završetka lijeve kolovozne trake fizički razdvojiti. Fizičko razdvajanje smjerova vožnje preko krivine nadesno treba izvesti do vezne tačke klotoide koja vodi do lijevog luka.

Neprekidno trasiranje saobraćajnih traka treba, uslijed mogućih razlika u veličini geometrijskih elemenata osovine puta u užem NPP, a takođe u području šireg NPP, biti preusmjereno na položaj koji je imalo u poprečnom profilu u užem NPP.

Fizičko razdvajanje smjerova vožnje u području prelaza iz šireg u uži NPP treba izvesti pomoću nepropusnih bezbjednosnih ograda. Širina kolovozne trake duž nepropusnih bezbjednosnih ograda treba da iznosi 4.50 m.

### 3.3.1.2.5 Područje rubne trake ili bankine

#### Rubne trake

Rubne trake na kolovozu predstavljaju elemenat (usmjeravajućeg) kolovoza koji služi za povećanje bezbjednosti saobraćaja (prohodnost u hitnim slučajevima), služe za održavanje stabilnosti kolovozne konstrukcije i omogućavaju postavljanje znakova na putu (označavanje ivica kolovoza). Označavanje ivica kolovoza treba da bude izvedeno sa unutrašnje strane rubne trake (strane za vožnju).

Širina rubnih traka zavisi od brzine vozila i od širine kolovoznih traka na putu. U tabeli 17 prikazan je odnos širine kolovoznih traka.

**Tabela 17: Širina kolovoznih traka**

<b>Širina kolovozne trake Š<sub>vp</sub> [m]</b>	<b>Širina rubne trake Š<sub>r</sub> [m]</b>
3.75	0.50
3.00 – 3.25	0.30
≤ 2.75	0.20

Rubna traka se takođe izvodi duž ivičnjaka na gradskim putevima i putevima u naseljenim područjima. Odvodnjavanje urbanih područja se izvodi uglavnom preko otvora ispod ivičnjaka. U tom slučaju širina rubnih traka duž ivičnjaka u naseljenim područjima treba da bude jednaka širini rubnih traka na putevima izvan naseljenih područja. Ukoliko se na gradskim putevima odvodnja duž ivičnjaka izvodi preko rešetkastih sливника, rubnu traku treba proširiti na 0.50 m.

Ukoliko se izdignuti ivičnjaci koriste na kratkim dionicama puteva izvan naseljenih mesta (mostovi, autobuska stajališta...), pored rubne trake potrebno je izvesti zaštitnu traku, s tim da širina zaštitne trake treba da bude jednaka širini rubne trake.

Nosivost kolovozne konstrukcije rubnih traka treba da bude jednaka nosivosti kolovoza. Način izvođenja može da se razlikuje: asfalt ↔ cement-beton ili obrnuto (takođe vidjeti poglavlje Ivičnjaci i usmjereni kanali).

#### *Područje bankine*

Područje bankine obuhvata:

- Bankine za prinudno zaustavljanje;
- Područje stajališta-odmorišta.

Bankine, kada se koriste, zamjenjuju rubne trake i dopunjavaju ih tako što povećavaju funkciju saobraćajne bezbjednosti i propusnosti puta. Predviđene su za prinudno zaustavljanje vozila. Uzdužni rubovi kolovoza za označavanje se izvode primjenom istih pravila kao za rubne trake.

Izbor područja za bankinu na putu se provjerava s obzirom na iskorištenost propusnosti puta, u skladu sa HCM metodologijom. Uglavnom, bankine se izvode na putevima iz tehničke grupe A (bankine za prinudno zaustavljanje). Područja bankine je moguće izvesti duž bilo kojeg puta, bez obzira na iskorištenost propusnosti, ukoliko je opravdano povećanje investicionih troškova.

Širina bankine za prinudno zaustavljanje zavisi od učestalosti zaustavljanja tipičnog vozila. Uglavnom, širine bankina za prinudno zaustavljanje su sljedeće:

- 2.50 m za teretna vozila i  $V_{pot} \geq 90 \text{ km/h}$ ;
- 1.75 m za putnička vozila i  $V_{pot} \geq 90 \text{ km/h}$ ;
- 1.50 m za putnička vozila i  $V_{pot} < 90 \text{ km/h}$ .

Uvođenje bankine za prinudno zaustavljanje nije pravilo, već se potreba procjenjuje u zavisnosti od slučaja, s obzirom na saobraćaj i analize bezbjednosti saobraćaja.

Bankine takođe mogu biti prekinute (stajalištima-odmorištima). Potreba za izvođenjem stajališta-odmorišta se utvrđuje na osnovu obima saobraćaja i brzine vožnje na relevantnom putu.

U području gdje na putu postoje dodatne saobraćajne trake moguće je izostaviti izvođenje bankina za prinudno zaustavljanje, ukoliko iskorištenost puta na kraju planskog razdoblja ne prelazi 70% njegovog kapaciteta. Ukoliko u tom slučaju dužina bankine za prinudno zaustavljanje prelazi 400 m, duž njih je potrebno izvesti stajališta-odmorišta.

Ukoliko su dodatne saobraćajne trake izvedene na udaljenosti < 200 m, potrebno je spojiti dvije uzastopne dodatne trake (spoјena traka).

### 3.3.1.2.6 Dodatne trake

Dodatne trake treba izvesti na dionici kolovoza gdje postoji potreba za uvođenjem posebnih traka za određenu saobraćajnu funkciju ili vrstu saobraćaja. Navedene trake obuhvataju:

- Trake za spori saobraćaj;
- Trake u području raskrsnice; Izlazne i ulazne trake i trake za spajanje (trake za prestrojavanje);
- Trake predviđene za javni prevoz putnika (autobus, taksi, željeznički saobraćaj/tramvaji);
- Trake za mirujući saobraćaj tj. uzdužno parkiranje.

Zahtjevi za izvođenjem dodatnih saobraćajnih traka moraju biti opravdani ispitivanjem propusnosti saobraćaja. Dodavanje i oduzimanje dodatnih saobraćajnih traka mora biti tehnički izvodljivo, uzimajući u obzir bezbjednost saobraćaja, odnosno s obzirom na dužinu, obezbjeđenjem odgovarajuće saobraćajne propusnosti u područjima razdvajanja i spajanja saobraćajnih tokova.

#### *Trake za spori saobraćaj*

Na putevima na kojima je velik obim saobraćaja i velik omjer teretnih vozila, potrebno je izvesti traku za spori saobraćaj za kretanje uzbrdo ili nizbrdo.

Dodatne saobraćajne trake na usponima/padovima treba izvesti dodavanjem saobraćajne trake sa desne strane glavne kolovozne trake i završetkom krajnje lijeve trake za preticanje ili kolovozne trake ili dijela kolovoza koji je predviđen za jedan smjer vožnje. Završetak lijeve saobraćajne trake ne smije početi dok vozila na dodatnoj traci (traka za spori saobraćaj) ne postignu brzinu vožnje, koja je za manje od 20 km/h ispod brzine vožnje na kolovoznoj traci relevantnog puta.

Širina traka za spori saobraćaj treba da iznosi 3.25 m.

#### *Dodatne kolovozne trake na raskrsnicama*

Dodatne saobraćajne trake na raskrsnicama treba izvesti tako da trag vozila ne prelazi na područje kolovozne trake na koju se dodaje dodatna traka.

Izlazne i ulazne trake su dodatne trake izgrađene sa desne strane vanjske saobraćajne trake na putu, i predviđene su za saobraćaj i vozno-dinamičko prilagođavanje vožnje u području kombinovanja i račvanja krakova priključaka u više nivoa ili u području račvanja ili raskrsnica u nivou, gdje je takvo uređenje neophodno uslijed saobraćajnih uslova (broj vozila na priključku ili mjestu račvanja).

Izlazne, ulazne i trake za prestrojavanje treba izvesti u širinama i dužinama koje su detaljno razrađene u poglavlju Priključci i čvorišta u više nivoa.

Dužina navedenih traka se određuje dimenzionisanjem saobraćaja (HCM, HCS) i uzimajući u obzir brzinu vožnje na glavnim, izlaznim ili ulaznim smjerovima. U načelu, trake treba da imaju sljedeće elemente:

- Izlazna traka: prelazna traka i traka za smanjenje brzine;
- Ulazna traka: traka za ubrzanje, ulazna traka i prelazna traka;
- Traka za prestrojavanje: prelazna traka, traka za promjenu saobraćajnih tokova, ulazna traka i prelazna traka.

#### *Traka predviđena za javni prevoz putnika*

Traka za javni prevoz (autobus, taksi, željeznički saobraćaj/tramvaji), koja je namijenjena bržoj prolaznosti vozila za javni prevoz putnika, može biti dodata putevima u većim gradovima i mjestima, duž kolovozne trake (sa vanjske strane).

Širina traka za javni saobraćaj treba da iznosi 3.25 m.

#### *Traka za mirujući saobraćaj, tj. uzdužno parkiranje*

Uzdužne trake za mirujući saobraćaj predviđene su za zaustavljanje i parkiranje vozila. Njihova širina zavisi od načina parkiranja vozila. Dimenzije i sistem parkiranja (uzdužno, pod uglom ili pod pravim uglom) moraju biti određene Pravilnikom o projektovanju puteva. Poprečni nagib ovih saobraćajnih traka treba biti jednak poprečnom nagibu kolovoza. Ukoliko je nagib izведен u suprotnom smjeru, traku za mirujući saobraćaj je potrebno proširiti u cilju postavljanja naprava za uzdužnu odvodnjku (usječeni kanali za odvodnjavanje). Njihova širina treba da iznosi 0.5 m, dok dubina ne treba da prelazi 10% širine.

Uglavnom, izvođenje uzdužnih saobraćajnih traka za mirujući saobraćaj nije dozvoljeno na putevima iz tehničkih grupa A i B. Izvođenje istih u izuzetnim slučajevima mora biti opravdano procjenom njihovog uticaja na bezbjednost saobraćaja na putu.

Planiranjem izvođenja traka za mirujući saobraćaj potrebno je obezbijediti odgovarajuću zaustavnu prglednost na putu. U slučaju da preglednost nije obezbjeđena, potrebno je smanjiti brzinu vožnje na putu.

S obzirom na puteve sa slabim obimom saobraćaja i javne puteve u naseljenim područjima sa elementima  $V_{pred} \leq 40$  km/h, izvođenje traka za uzdužno parkiranje vozila nije dozvoljeno, čija širina iznosi 2.50 m, od čega 0.50 m čini zaštitnu traku.

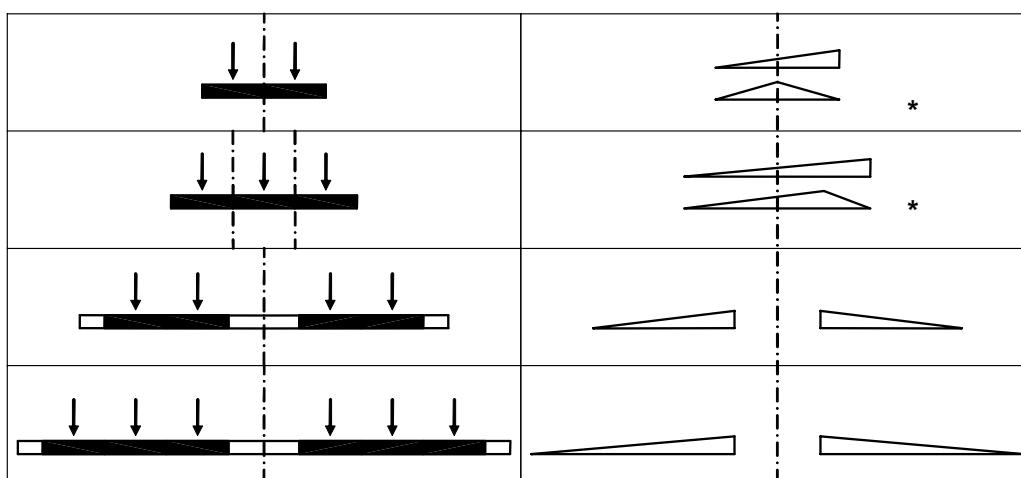
#### 3.3.1.3 Poprečni nagib kolovoza

##### 3.3.1.3.1 Vrste poprečnih nagiba kolovoza

Poprečni nagibi kolovoza ( $q$ ) su uglavnom na jednu stranu i nagnuti su prema unutrašnjoj strani krivine u cilju obezbjeđenja maksimalne bezbjednosti saobraćaja (Crtež 20).

Dvostrani poprečni nagib (krov) dozvoljen je na putevima sa više saobraćajnih traka, ukoliko isti omogućavaju horizontalni elementi puta koji su definisani minimalnim radijusom horizontalnog luka sa poprečnim nagibom  $q_{min}$ . U tom slučaju, sve kolovozne trake u jednom smjeru moraju imati isti poprečni nagib.

**Crtež 20: Vrste poprečnih nagiba**



\* dozvoljeno pri rekonstrukciji i obnavljanju postojećih puteva

Kod puteva iz tehničkih grupa A i B, negativni poprečni nagib treba u načelu izbjegavati ili ga ne primjenjivati ukoliko poprečni profil nivoa prelazi 3%.

Kod puteva sa dvije saobraćajne trake sa jednim kolovozom, dvostrani poprečni nagib (krov) dozvoljen je samo u izuzetnim slučajevima, pri izvođenju složenih rekonstrukcija puteva sa dvostranim poprečnim nagibom (krov). U tom slučaju, vrh luka nagiba (krova) treba biti zaobljen, tako da se postiže odgovarajuće vertikalno zaokruženje za vožnju od

jedne trake do druge (preticanje). Ukoliko projektom nije drugačije određeno, zaokruživanje treba izvesti u širini 3.0 m (1.5 m sa svake strane) sa bisektrisom u najvišoj tački od 0.03 m.

Sve dodatne trake na kolovozu (dodatne kolovozne trake i stabilizovane bočne trake) moraju imati isti poprečni nagib kao i glavna kolovozna traka. Izuzetak predstavljaju zaustavne trake i trake za ubrzanje, čiji poprečni nagib treba biti u nivou sa horizontalnim elementom istih. Razlika između nagiba kolovoza i dodatne trake u tački razdvajanja ili kombinovanja (na kraju stabilizovanog područja) ne treba da prelazi 5% i 8% na putevima iz tehničkih grupa A i B, kao i na ostalim putevima. Usljed vitoperenja dodatne saobraćajne trake, u obzir je potrebno uzeti kvalitetno uzdužno odvodnjavanje.

### 3.3.1.3.2 *Granične vrijednosti poprečnog nagiba*

U cilju obezbeđenja kvalitetnog isteka površinskih voda, kolovoz mora imati minimalan poprečni nagib ( $q_{\min}$ ). Odstupanja od ove minimalne vrijednosti dozvoljena su samo u području izmjene poprečnog nagiba između lukova u suprotnom smjeru (vitoperenje) i u području raskrsnice u nivou.

S obzirom na kvalitet i vrstu materijala upotrebljenih za izradu zastora, sljedeće vrijednosti treba da iznose:

- Za asfaltne kolovoze  $q_{\min} = 2.5\%$
- Za cement-betonske kolovoze  $q_{\min} = 2.0\%$
- Za makadamske kolovoze  $q_{\min} = 4.0\%$ .

U cilju sprečavanja klizanja u poprečnom smjeru u slučaju smanjenog koeficijenta trenja klizanja (led, itd.) ili usporavanja vožnje, potrebno je odrediti maksimalan poprečni nagib  $q_{\max}$  u lukovima.

- Na putevima iz grupe A 7% (8%)
- Na putevima iz grupe B 7% (8%)
- Na putevima iz grupe C 5% (7%)
- Za veće uzdužne nagibe nivoa (vidjeti poglavlje Uticaj rezultirajućeg nagiba kolovoza) primjenjuje se sljedeće:

$$\max q = \sqrt{q_{rez}^2 - s_i^2}$$

Vrijednosti u zagradama mogu da se primjenjuju na putevima iz tehničkih grupa A i B u cilju poboljšanja vozno-dinamičkih uslova, kada pri rekonstrukciji puteva nije moguće upotrijebiti nijednu drugu mjeru u cilju povećanja minimalnog radijusa luka. U slučaju novo-gradnje, primjena nagiba  $q_{\max} = 8\%$  nije dozvoljena. Na putevima iz tehničke grupe C, primjena nagiba  $q_{\max} = 7\%$  dozvoljena je samo ukoliko je uslovljena zgradama, te ukoliko se na poseban način izvode priključci na put ili ukoliko isti ne postoje.

Odstupanja (do  $q_{\max} = 9\%$ ) dozvoljena su samo u posebnim slučajevima (serpentine).

### 3.3.1.3.3 *Poprečni nagib u lukovima*

Kada je riječ o lukovima, kolovoz mora, u vozno-dinamičke svrhe, biti nagnut prema središtu luka. Izuzetak predstavlja  $R_i > R_k$  ( $q = -2.5\%$ ), gdje je dozvoljeno izvođenje poprečnog nagiba u suprotnom smjeru. Vrijednosti graničnih i drugih karakterističnih radijusa horizontalnih lukova predstavljene su u poglavljju Osovina u prostoru.

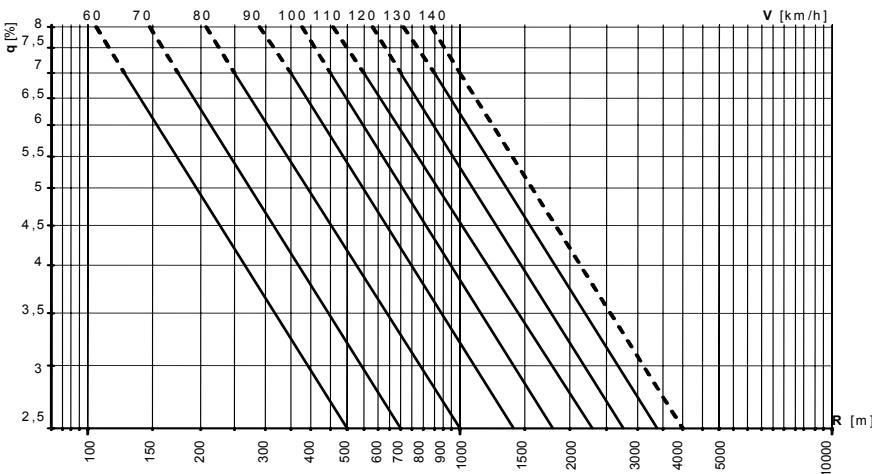
Primjena dvostranog poprečnog nagiba u lukovima nije dozvoljena. Dozvoljena je samo u izuzetnim slučajevima pri radijusu  $R_i > R_k$ .

Srednje vrijednosti poprečnih nagiba za  $R_{\min} > R_i > R_g$  zavise od računske brzine (projektovana brzina, u zavisnosti od grupe puta) i od omjera iskorištenosti SFC u poprečnom smjeru, kako je određeno za svaku tehničku grupu puteva.

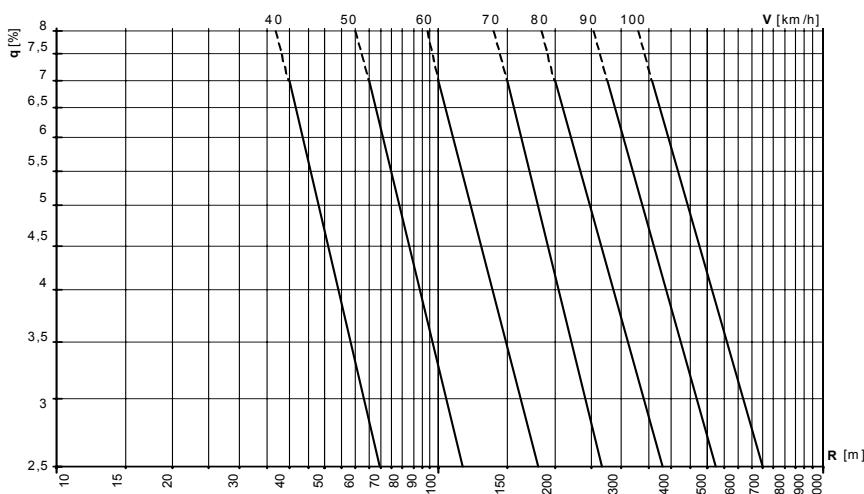
Na crtežima 21 do 23 prikazane su vrijednosti  $V_i - R_i - q_i$  za različite  $V_{rač}$  (za očitavanje grafikona). Očitane vrijednosti je potrebno zaokružiti za 0.5% veće. Prilikom kompjuterske

obrade (tačan proračun) u obzir je potrebno uzeti logaritamsku međusobnu zavisnost  $R_i \Leftrightarrow q_i$ .

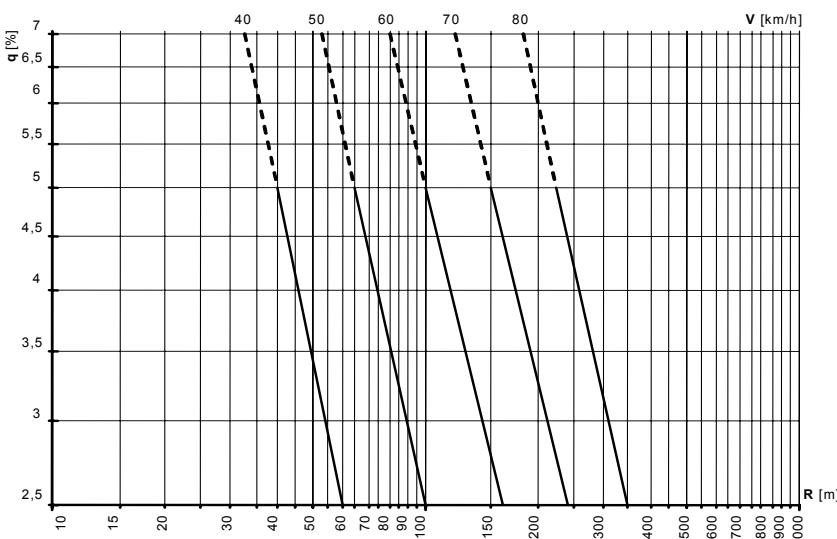
**Crtež 21 : Međusobna zavisnost  $V_i - R_i - q_i$  za puteve iz tehničke grupe A**



**Crtež 22: Međusobna zavisnost  $V_i - R_i - q_i$  za puteve iz tehničke grupe B**



**Crtež 23: Međusobna zavisnost  $V_i - R_i - q_i$  za puteve iz tehničke grupe C**



### 3.3.1.3.4 Promjena poprečnog nagiba

#### Opšta pravila

Promjenu poprečnog nagiba (vitoperenje) treba, u načelu, izvesti na čitavoj dužini prelazne krivine (crtež 24). S tim da je potrebno napraviti razliku između sljedećeg:

- Promjene poprečnog nagiba između dva istosmjerna poprečna nagiba; i
- Promjene poprečnog nagiba između dva poprečna nagiba koja se nalaze u suprotnom smjeru.

Promjena poprečnog nagiba treba biti linearna, a prelazne dijelove između susjednih različitih uzdužnih nagiba treba izvesti vertikalnim zaokruživanjem sa dvostrukom kvadratnom parabolom. Promjena poprečnog nagiba između dva poprečna nagiba koja se nalaze u suprotnom smjeru u području koje je ograničeno vrijednostima poprečnog nagiba  $\pm q_{\min}$  treba biti uže područje vitoperenja.

Ukoliko je, iz stručno opravdanih razloga, (npr. nesrazmjerne veličine susjednih kružnih lukova koji su povezani prelaznom krivinom, gdje je veći od dva  $R_i > R_g$ ) projektom predviđeno drugačije, poprečni nagib kolovoza  $q = 0\%$  treba biti na veznoj tački klotoide ili pored nje.

Vrijednost  $\Delta s$ , s obzirom na nivo relativnog uzdužnog nagiba ruba kolovoza (dalje u tekstu: RUN), koja se javlja pri promjeni poprečnog nagiba kolovoza, treba da iznosi:

- Pri izmjeni nagiba između istosmjernih poprečnih nagiba između  $0\% \leq \Delta s \leq \Delta s_{\max}$ ;
- Pri izmjeni nagiba između poprečnih nagiba koji se nalaze u suprotnom smjeru između  $\Delta s_{\min} \leq \Delta s \leq \Delta s_{\max}$ .

Vrijednosti RUN  $\Delta s_{\min}$  (koja obezbeđuje uzdužnu odvodnju) i  $\Delta s_{\max}$  (torzija vozila) detaljno su navedene dalje u tekstu. Upotrebu RUN  $\Delta s_{\min}$  preporučujemo iz estetskih razloga.

U slučaju da predviđeni RUN prelazi granicu  $\Delta s_{\max}$  potrebno je povećati dužinu prelazne krivine. Za puteve iz tehničke grupe C, u izuzetnim slučajevima je moguće povećati područje promjene poprečnog nagiba do ulaznog kružnog luka. Isto se primjenjuje i za puteve iz tehničke grupe B u naseljenim područjima, ukoliko se promjena poprečnog nagiba izvodi između istosmjernih uzastopnih lukova.

Ukoliko je projektovani RUN manji od  $\Delta s_{\min}$  vitoperenje treba izvesti u užem dijelu (između  $\pm q_{\min}$ ) sa  $\text{RUN} = \Delta s_{\min}$  a drugi dio primjenom pravila za promjenu poprečnog nagiba između istosmjernih poprečnih nagiba kolovoza.

Ukoliko se na kolovozu nalazi bankina za prinudno zaustavljanje, širina rubne trake koja je zamijenjena bankinama za prinudno zaustavljanje se primjenjuje za definisanje ruba kolovoza, umjesto bankina za zaustavljanje u slučaju nužde.

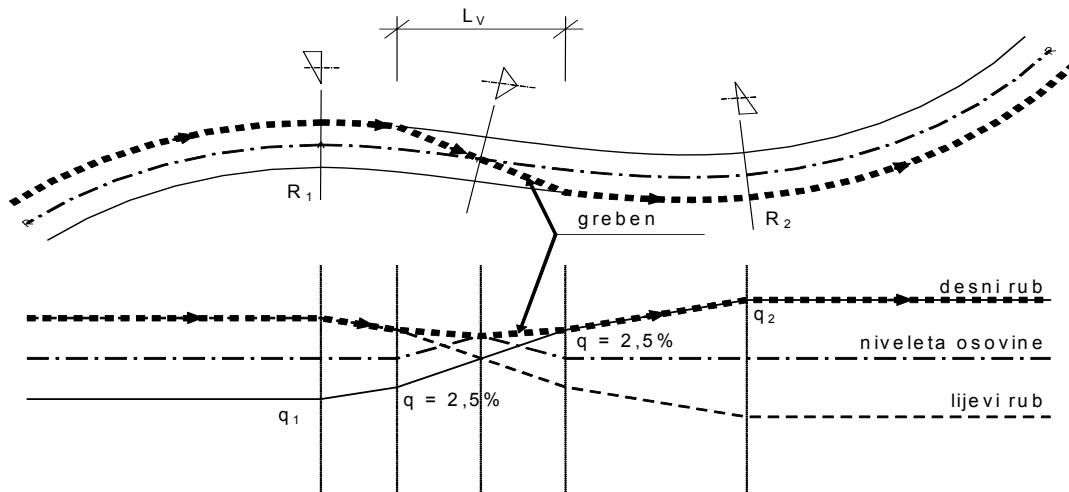
Standardni način promjene poprečnog nagiba kolovoza prikazan je na Crtežu 25. Promjenu poprečnog nagiba kolovoza treba izvesti tako da se voda ne zadržava niti na jednom dijelu kolovoza (hidroplaniranje) i da se ne mijenja znak uzdužnog nagiba (princip "pile") uzdužne linije poprečnog profila kolovoza.

Uzdužni nagib rubova kolovoza mora biti dovoljan kako bi se omogućilo izvođenje odgovarajućih naprava za uzdužnu odvodnju kolovoza.

Promjenu poprečnog nagiba iz dvostranog (krov) u jednostrani poprečni nagib treba izvesti tako da se prvo nivelišanje poprečnog nagiba izvodi nakon prilagođavanja do potrebnog konačnog poprečnog nagiba.

Promjenu nagiba pri vitoperenju treba izvesti oko uzdužne osovine, koja je kod puteva sa dvije saobraćajne trake identična osovini puta. Kod puteva sa razdvojenim kolovozima, promjenu porečnog nagiba treba izvesti za svaki kolovoz posebno, s tim da se lijevi rub svakog koloviza upotrebljava kao osovina vitoperenja.

### Crtež 24: Prikaz izvođenja isklinjavanja



Kada i ukoliko vitoperenje nije moguće izvesti primjenom gore navedenih postupaka, uslijed suvišeg malog uzdužnog nagiba puta ili iz bilo kojeg drugog tehničkog, ekonomskog ili prostornog razloga, svaka uzdužna linija u poprečnom profilu puta, uključujući i imaginarnu, koja se nalazi izvan kolovoza, može se uzeti za osu vitoperenja. U tom slučaju izvodi se takozvani "skok" nivelete, koji počinje i završava se u području puta sa konstantnim poprečnim nagibom.

Kod dugačkih geometrijskih elemenata i blagih uzdužnih nagiba nivelete, vitoperenje se izvodi u skladu sa posebnim tehničkim uputstvima.

Osnovo načelo za izbor metode vitoperenja u slučaju blagih uzdužnih nagiba nivelete ( $s_i < \min s_i$ ) jeste da se vitoperenje izvodi tako da se nagibi svih uzdužnih linija u poprečnom profilu puta uvijek i samo povećavaju (kao nagib ili smanjenje pada). Pad nijedne od navedenih linija ne smije biti manji od  $s_{\min}$ .

Kod puteva kod kojih primjena prelazne krivine u obliku klotoide nije obavezna (dovoljan  $R_I$ , tehničke grupe C i D), polovinu dužine na kojoj se izvodi promjena poprečnog nagiba treba izvesti na jednom i na drugoj polovini drugog od dva susjedna geometrijska elementa.

Uz izuzetak puteva iz tehničke grupe A, promjenu nagiba između poprečnih nagiba koji se nalaze u suprotnom smjeru treba izvesti primjenom sistema isklinjavanja.

## Crtež 25: Načini izvođenja promjene poprečnog nagiba (vitoperenje) za različite uzastopne elemente

promjena poprečnog nagiba	PRAVAC – PRELAZNA KRIVINA – KRUŽNI LUK	promjena poprečnog nagiba	KRUŽNI LUK – PRELAZNA KRIVINA – KRUŽNI LUK
<b>1</b> iz dvostranog (krov)		<b>5</b> između dva istosmjerna nagiba	
<b>2</b> u jednostrani			
<b>3</b> između različitih ili jednakih nagiba, koji se nalaze u suprotnom smjeru		<b>6</b> između različitih ili jednakih nagiba, koji se nalaze u suprotnom smjeru	
<b>4</b>		<b>7</b>	
		<b>8</b>	
		<b>9</b>	
<p><b>Legenda:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>E ... jednostepeno vitoperenje</li> <li>D ... dvostepeno vitoperenje</li> <li>l.r. ... lijevi rub</li> <li>d.r. ... desni rub</li> </ul>			

## **Granične vrijednosti relativnog uzdužnog nagiba**

### **Maksimalni relativni uzdužni nagib ruba kolovoza**

Maksimalni relativni uzdužni nagib RUN, koji se zasniva na uslovima torziona brzine vozila, razrađen je u poglavlju Konstruktivni uslovi (K-uslov). Vrijednosti su navedene za svaku saobraćajnu traku posebno. Ukoliko se nekoliko saobraćajnih traka nalazi na istoj osovini vitoperenja, vrijednosti iz tabele treba pomnožiti brojem saobraćajnih traka.

U slučaju da je izračunati maksimum relativnog uzdužnog nagiba RUN manji od minimalnog relativnog uzdužnog nagiba RUN, drugi navedeni se uzima kao maksimum.

### **Minimalni relativni uzdužni nagib ruba kolovoza**

Minimalni relativni uzdužni nagib RUN proizilazi iz obezbeđenja uslova za odvodnjavanje površine kolovoza u užem dijelu vitoperenja. Određuje se na osnovu sljedeće formule:

$$\Delta s_{\min} = k_v \cdot b_v \text{ gdje je:}$$

$\Delta s_{\min}$  [%] Relativni nagib udaljenog ruba kolovoza s obzirom na niveletu

$k_v$  [%m<sup>-1</sup>] Koeficijent intenziteta vitoperenja

$b_v$  [m] Razmak udaljenog ruba kolovoza od osovine vitoperenja

Standardna vrijednost "k<sub>v</sub>" je 0.10 %m<sup>-1</sup>.

Na putevima na kojima su geometrijski elementi velikih dimenzija, te na kojima je velika širina kolovoza (u načelu, to su putevi sa kolovozima koji su razdvojeni smjerom) primjena ove vrijednosti prouzrokuje "preklapanje" kolovoza (loš vizuelni izgled vanjskog ruba kolovoza). Stoga je za takve puteve moguće primjenjivati nižu vrijednost "k" (preporučujemo: uobičajeno 0.06, kod veoma blage nivelete čak 0.03 %m<sup>-1</sup>). U tom slučaju, područje koje je potencijalno opasno za akvaplaning, mora srazmerno biti produženo, uz smanjenje vrijednosti "k". Za ovo područje projektom je potrebno predvidjeti posebne mjere (izmještanje osovine vitoperenja na dionici, odvodnjavanje asfalta i slično).

### **Izvođenje vitoperenja pri blagim nagibima nivelete**

Minimalni uzdužni nagib nivelete razrađen je u poglavlju Područje promjenljivog smjera poprečnog nagiba (vitoperenje). Odstupanja od navedenih uslova javljaju se u sljedećim slučajevima:

- Ukoliko uslijed ravnosti puta nije moguće obezbijediti dovoljan uzdužni nagib nivelete; i
- U području vertikalnog zaokruženja nivelete na dijelu koji je ograničen fiktivnim tangentama sa uzdužnim nagibom  $s < s_{\min}$  koji je spojen sa kružnim lukom.

U oba slučaja, znak jednog od dva ruba kolovoza se mijenja (princip "pile") u užem području vitoperenja, što nije dozvoljeno. Istovremeno se na kolovozu pojavljuje polje sa stajaćom vodom, u obliku gotovo savršenog kruga. Na asfaltnim površinama, radius ovog kruga iznosi 3 m a površina 28 m<sup>2</sup>. Razmjere kruga koji se stvara na kolovozu zavise od vrijednosti uzdužnog nagiba nivelete. U takvim uslovima vitoperenje se izvodi primjenom posebnog stručnog postupka ili se povećava nagib nivelete.

Ukoliko, iz opravdanih razloga, uže područje vitoperenja nije moguće izmjestiti u područje u kojem je dovoljan uzdužni nagib nivelete, potrebno je pomjeriti osovinu vitoperenja u poprečnom profilu puta. Skok nivelete se izvodi kako je opisano gore u tekstu.

Izmještanje se izvodi na onoj strani profila puta na kojoj se nalazi rub kolovoza za koji se uzdužni nagib smanjuje pri vitoperenju u poređenju sa nagibom nivelete. Izmještanje osovine u poprečnom profilu puta za 1 (jedan) metar treba da poveća uzdužni nagib svake uzdužne linije u profilu za 0.1%.

Ukoliko su uzdužni nagibi oba ruba kolovoza manji od potrebnog uzdužnog nagiba naprava za uzdužnu odvodnju duž kolovoza, osovinu vitoperenja treba postaviti izvan kolovoza (virtuelna osorina).

Visinska razlika nivelete (dupli skok nivelete istog znaka!) između susjednih lukova, gdje

se izvodi vitoperenje, mora biti izjednačena izvan užeg dijela vitoperenja.

U cilju obezbeđenja maksimalne jednakosti visine oba usmjerenih kolovoza na putu sa fizički razdvojenim usmjerenim kolovozima (očuvanje oblika razdjelne trake), preporučujemo da se izjednačavanje visinske razlike, koje se javlja uslijed izmještanja osovine vitoperenja, izvede do polovine na svakom od usmjerenih kolovoza.

### **Isklinjavanje**

Izmjenju poprečnog nagiba dozvoljeno je u slučaju pravilnog horizontalnog presjeka nivelete izvesti "isklinjavanjem". Postupak se može izvesti na putevima iz tehničke grupe C i drugim putevima koji nisu dimenzionisani s obzirom na dinamiku vožnje i, uz posebno obrazloženje, takođe na putevima iz tehničke grupe B, gdje brzina vožnje ne prelazi 80 km/h. U načelu, isklinjavanje se može primjenjivati na putevima, gdje nije propisano uzimanje u obzir  $V_{proj}$ . Isklinjavanje se izvodi u području koje je ograničeno poprečnim nagibima  $\pm q_{min}$ . Isklinjavanje je predstavljeno na Crtežu 26.

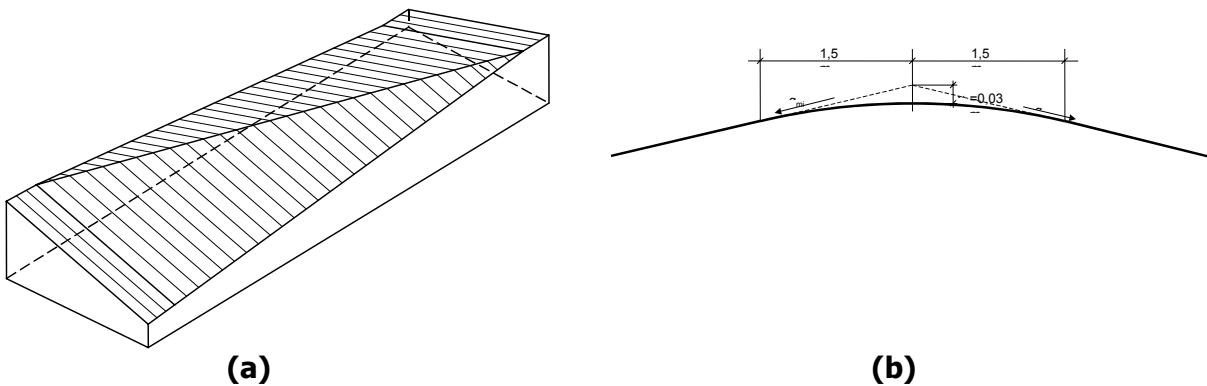
Dvostrani nagib na kojem je izvršeno isklinjavanje ima oblik krova sa promjenljivom dužinom obe strane sa poprečnim nagibom  $q_{min}$ . Dužina ovog područja  $L_v$  zavisi od brzine i širine kolovoza i određuje se na osnovu sljedeće formule:

$$L_v = 0,1 \cdot B \cdot V_{zasn},$$

gdje je:

$L_v$	[m]	Dužina područja
$B$	[m]	Širina kolovoza
$V_{pred}$	[km/h]	Predviđena brzina

**Crtež 26: Greben (a) i ublažavanje grebena (b)**



Kod isklinjavanja, greben se javlja pod uglom (crtež 26a). Greben treba ublažiti vertikalnim zaokruženjem u poprečnom smjeru u dužini od 1.5 m sa svake strane i sa bisektrisom (visinska razlika između vrha krova i zaokruženja)  $y_T = 0.03$  m. Ublažavanje grebena prikazano je na crtežu 26b.

### **Vertikalno zaokruživanje visine kolovoza**

Prilikom promjene poprečnog nagiba kolovoza, oba ruba kolovoza (ili jedan od njih – u slučaju vitoperenja oko jednog od rubova kolovoza) imaju, s obzirom na niveletu puta, različiti uzdužni presjek, koji određuje ubaćena tangente.

Zaokruživanje dodatne tangente (na početku in a kraju ubaćene tangente) treba izvesti primjenom postupka, koji se primjenjuje za zaokruživanje u uzdužnom presjeku nivelete.

Ukoliko se zaokruživanje izvodi u području vertikalnog zaokruživanja nivelete, tada, iz estetskih razloga, zaokruživanje ubaćene tangente treba izvesti sa radijusom koji je najmanje 2x veći od radijusa zaokruživanja nivelete.

Ukoliko se zaokruživanje izvodi u dvije faze, broj ubačenih tangenti se može povećati na 2 ili (obično) 3. Usljed minimalnih razlika u nagibima između ubačenih tangenti, između njih se ne postavlja nikakvo vertikalno zaokruživanje.

### **3.3.2 Prateće površine kolovoza**

#### **3.3.2.1 Saobraćajne trake za nemotorizovane učesnike u saobraćaju (područja za bicikliste, pješake, itd.)**

Po pravilu su fizički, visinski ili razdjelnom trakom odvojene od saobraćajnih traka za motorna vozila. Potreban razmak zavisi od brzine kretanja motornog vozila (bezbjednosna širina). Detaljno su razrađene u poglavlju Cestovna područja za bicikliste, pješace i hendikepirane osobe.

#### **3.3.2.2 Nesaobraćajne trake (Razdjelne trake)**

Nesaobraćajne trake na kolovozu predstavljaju razdjelne trake između usmjerenih kolovoza ili između kolovoza i drugih saobraćajnih traka i saobraćajnih traka za mirujući saobraćaj. Poznate su još i pod nazivom razdjelni pojas. Vanjski izgled i stabilizacija razdjelnih traka vizuelno se razlikuju od traka u saobraćajnom području. U zavisnosti od načina izvođenja, mogu biti popločane ili izvedene postavljanjem odgovarajuće horizontalne signalizacije ili mogu biti izvedene kao zelene površine. Naprave za uzdužnu odvodnju kolovoza mogu biti izvedene na i u razdjelnim trakama.

Minimalna širina razdjelne trake mora biti jednaka sigurnosnoj širini (razmak između saobraćajnog i slobodnog profila puta) i zavisi od brzine vožnje.

Širina razdjelnih traka treba u načelu biti jednaka duž čitavog puta, izuzev na raskrsnicama ili u slučaju proširenja i/ili sužavanja za dodatne trake. U slučaju složenih prostornih ili ekonomskih uslova, kao i složene nivelete, razdjelnu traku je moguće izvesti u promjenljivoj širini, s tim da svaki od oba ruba kolovoza trake treba biti paralelan "svojoj" osovini usmjerenog kolovoza.

Na putevima na kojima brzina vožnje iznosi  $\geq 70 \text{ km/h}$ , razdjelna ograda treba fizički biti odvojena od kolovoza, sigurnosnom ogradom ili izdignutim ivičnjakom ili kombinacijom ova dva.

Ukoliko je zelena površina ovičena, zbog potreba održavanja njena minimalna širina treba da iznosi 1.20 m, uključujući ivičnjake sa obe strane. Uža područja se izvode popločavanjem (različite ploče za popločavanje), a projekat u tom slučaju treba da sadrži procjenu saobraćajne bezbjednosti s obzirom na usku razdjelnu traku (brzina vožnje).

Zasađivanje drveća može biti predviđeno na razdijelnoj traci koja se izvodi kao zelena površina. U tom slučaju, razmak drveća od ruba kolovoza se određuje tako da se drveće nalazi izvan slobodnog profila puta. Širina trake takođe zavisi od izbora vrste drveća (različite krošnje i korijenje).

Na putevima na kojima brzina vožnje iznosi  $\geq 70 \text{ km/h}$ , ne preporučujemo zasađivanje aleja drveća iz bezbjednosnih razloga (klizanje, sudari). U tom slučaju potrebno je procijeniti nivo saobraćajne bezbjednosti (postavljanje bezbjednosnih ograda i brzo uklanjanje opalog drveća ili vremenski ograničeno ograničenje brzine).

Razlikujemo sljedeće razdjelne trake s obzirom na položaj u poprečnom profilu kolovoza: srednja razdjelna traka i bočna razdjelna traka.

##### **3.3.2.2.1 Srednja razdjelna traka**

Kod puteva sa više saobraćajnih traka previđa se srednja razdjelna traka, omogućavajući razdvojeno upravljanje saobraćajnim tokovima, odvodnjavanje kolovoza i postavljanje saobraćajnih znakova i javne rasvjete.

Na putevima se predviđaju sljedeće minimalne širine razdjelnih traka:

- Na autoputevima: 3.20 – 4.00 m (predviđeno zatravnenje);

- Na ostalim putevima izvan naseljenih područja: 1.25 – 2.50 (predviđeno je popločavanje ili asfalt);
- Na putevima sa više saobraćajnih traka u naseljenim područjima: 1.60 – 4.50 m;
- Na putevima sa jednim kolovozom i više saobraćajnih traka ( $V \leq 70$  km/h): 0.50 m (stabilizovana kao kolovoz).

### 3.3.2.2.2 Bočne razdjelne trake

Bočne razdjelne trake treba predvidjeti uglavnom u gradovima i mjestima i naseljenim područjima, ukoliko se navedene trake koriste za razdvajanje biciklističkih ili pješačkih površina od kolovoza, uređenje zasađenih površina (žbunje, aleje drveća) duž puta ili kao trake u kojima se postavljaju uzdužne komunalne instalacije duž kolovoza.

Minimalna širina razdjelne trake treba da iznosi 1.20 m. Širina razdjelne trake na kojoj je zasađeno drveće i žbunje treba da iznosi najmanje 2.0 m.

Razdjelne trake mogu biti na nivou kolovoza ili od njega izdignute pomoću izdignutih ivičnjaka, i to:

- $h_{min} = 7$  cm ukoliko je razmak sigurnosne ograde od ivičnjaka  $\geq 50$  cm;
- $h_{min} = 10$  cm na putevima izvan naseljenih područja, ukoliko je ivičnjak postavljen do 10 cm prije ograde; ili
- $h = 12\text{--}13$  cm na putevima u naseljenim područjima (bez ograde).

### 3.3.2.3 Uzdužna područja za zaštitu kolovoza i postavljanje saobraćajne opreme

#### 3.3.2.3.1 Bankina

Bankine su uzdužna područja za zaštitu kolovoza i postavljanje saobraćajne opreme. Stabilizacija i vanjski izgled bankina vizuelno se razlikuju od stabilizacije i vanjskog izgleda saobraćajnih površina (pješčanih, travnatih, popločanih, obojenih). Ukoliko se izvodi kao kolovoz, mora biti razdvojena neprekidnom bijelom oznakom ruba kolovoza.

Bankine su predviđene za:

- Obezbeđenje veće bezbjednosti saobraćaja (prinudna upotreba dodatne širine);
- Postavljanje naprava i objekata za upravljanje i zaštitu saobraćaja (razdjelni smjerokazi i bezbjednosne ograde);
- Postavljanje naprava za uzdužno odvodnjavanje kolovoza (usmjereni kanali, plitki kružni kanali, izdignuti ivičnjaci sa sigurnosnim područjem); i
- Za izvođenje ivičnjaka (vidjeti poglavlje Ivičnjaci i usmjereni kanali).

Širina bankine zavisi od vrste (saobraćajne funkcije) puta, brzine vožnje i naprava (saobraćajna oprema, drenaža), koje se na nju postavljaju. Humusni dio nasipom zaštićene ili usječene kosine, koji se proteže u bankinu, ne treba obuhvatiti širinom bankine.

Minimalna širina bankine treba da iznosi 1.00 m. Širine bankina su navedene u tabeli 18, u zavisnosti od projektovane brzine.

**Tabela 18: Širine bankina**

$V_{pred}$ [km/h]	$\geq 100$	90 - 70	60 - 40
$s_b$ [m]	1.50	1.30	1.00

Minimalna širina bankine duž zaustavne trake za prinudno zaustavljanje treba da iznosi 1.00 m.

U izuzetnim slučajevima, na putevima iz tehničkih grupa C i D, širine bankina mogu da iznose 0.50 m (putevi bez razdjelnih smjerokaza) i 0.75 m (sa razdjelnim smjerokazima). Navedeni izuzeci mogu se primjenjivati na putevima iz tehničke grupe B (izvan naseljenih

područja), ukoliko je obim saobraćaja na takvima putevima ispod 1000 vozila dnevno.

Širina bankine duž biciklističke staze ili trotoara treba da iznosi 0.50 m, ukoliko je rub biciklističke staze ili trotoara posebno stabilizovan (granitne kocke, betonski ivičnjaci), širina može da iznosi 0.25 m.

Područje bankine može biti pješčano (drobljeni kamen ili šljunak), humusno, može biti popločano ili vezano (beton ili obrađene kamene ploče za popločavanje, asfalt, cement beton). Vanjski izgled stabilizovane bankine treba vizuelno da se razlikuje od kolovoza (po materijalu, boji).

Ukoliko je površina bankine stabilizovana istom konstrukcijom kao kolovoz, te ukoliko postoji mogućnost za povremeno korištenje za mimoilaženje vozila, sa vanjske strane bankine treba izvesti bermu širine najmanje 0.5 m.

Bankina duž zaustavne trake za prinudno zaustavljanje može se izvesti kao berma (uvaljana i sa gornjim humusnim slojem).

Ivicu za povezivanje, između bankine i kolovoza treba izvesti na istom nivou ili do 2 cm niže, s tim da je bankinu potrebno na odgovarajući način stabilizovati od mogućeg oštećenja gumama. Ukoliko bankina nije stabilizovana (obično u slučaju privremenog uređenja), na putu mora biti postavljena odgovarajuća i vidljiva saobraćajna signalizacija.

Poprečni nagib područja bankine treba izvesti prema vanjskom rubu bankine (udaljeno od kolovoza). Minimalna veličina poprečnog nagiba bankine zavisi od materijala koji je upotrebljen za izradu zastora (pješčana bankina 4%, travnata bankina 6%).

Bankinu na višoj (vanjskoj) strani kolovoza treba izvesti sa minimalnim poprečnim nagibom a na nižoj (unutrašnjoj) strani sa nagibom kolovoza, ukoliko je veći od minimuma koji je određen za bankine.

Ukoliko se bankina upotrebljava za postavljanje naprava za uzdužno odvodnjavanje, sa vanjske strane navedenih naprava treba izvesti kosu bermu širine najmanje 0.5 m.

Ukoliko se bankina upotrebljava za izgradnju trotoara, u obzir je potrebno uzeti odredbe koje se odnose na postavljanje ivičnjaka, kao i odredbe koje se odnose na sigurnosni prostor (razmak između saobraćajnog i slobodnog profila), kao i njihovo preklapanje.

### 3.3.2.4 Uzdužna područja za zaštitu i obezbjeđenje funkcionalnosti puta

#### 3.3.2.4.1 Berma

Berma predstavlja područje za obezbjeđenje funkcionalnosti puta, koje je izgrađeno sa vanjske strane naprava za odvodnjavanje i/ili saobraćajnih površina za nemotorizovani saobraćaj (biciklisti, pješaci). Upotrebljavaju se za obezbjeđenje zaštite stabilizacije naprava za odvodnjavanje, kao područje za postavljanje saobraćajne opreme i obezbjeđenje preglednosti na putu. Takođe se upotrebljavaju i kao uslužna područja za uklanjanje snijega. Ukoliko se odvodnjavanje puta, uslijed prostorno-sigurnosnih razloga izvodi odvojeno (posebno za kolovoz a posebno za okruženje puta), berma iza ivičnjaka može se upotrebljavati za izvođenje uzdužnih naprava za odvodnjavanje putnog okruženja (zakrivljeni kanal sa usisnim šahtovima).

Širina berme iza naprava za odvodnjavanje i iza stabilizovane bankine treba biti određena projektom, s tim da navedena širina ne može biti manja od 0.50 m. Minimalna širina berme iza biciklističkih i pješačkih površina treba da iznosi 0.25 m.

Područje berme se uglavnom izvodi sa humusom i travom, međutim moguće je primjenjivati i druge metode stabilizacije. Izvođenje berme samo sa ispunom od veznih zemljanih materijala nije dozvoljeno.

Ukoliko se berma izvodi sa travom, njen nagib treba da iznosi 6%.

Prilikom određivanja širine berme u obzir je potrebno uzeti sljedeće:

- Obezbeđenje zaštite puta i objekata i naprava duž istog;
- Obezbeđenje polja preglednosti u krivinama;

- Mogućnost odlaganja uklonjenog snijega;
- Mogućnost postavljanja saobraćajne opreme;
- Mogućnost postavljanja infrastrukturnih instalacija;
- Vožnju na bermi.

#### *3.3.2.4.2 Obezbeđenje zaštite puteva i objekata i naprava duž istih*

U cilju postizanja usklađenosti sa ovim kriterijumom minimalna širina berme mora biti jednaka debljini konstrukcije koju zaštićuje. U slučaju da se berma nalazi na usječenoj dionici puta, može biti uža.

Što se tiče zaštite, u obzir je potrebno uzeti moguću eroziju materijala sa kosine i izvođenje humusnog sloja, ukoliko se na kosini i bermi nalazi humusni sloj.

#### *3.3.2.4.3 Obezbeđenje polja preglednosti*

Širinom berme treba obezbijediti dovoljnu preglednost zaustavne dužine, koja se izračunava na osnovu određene brzine vožnje. Daljina preglednosti se određuje uzimajući u obzir sljedeće uslove:

1. Vozač u vozilu je za jednu polovinu kolovozne trake udaljen od unutrašnjeg ruba kolovozne trake; oči se nalaze u visini 1.0 m;
2. Vozač mora vidjeti prepreku koja je za polovinu širine kolovozne trake udaljena od unutrašnjeg ruba kolovoza;
3. Standardna visina prepreke zavisi od vrste puta i brzine vožnje (na putevima sa velikim brzinama vožnje, kao i na drugim putevima, ova visina iznosi do 0.45 m i 0.05 m, navedenim redoslijedom);
4. Prilikom određivanja polja preglednosti u obzir je potrebno uzeti uzdužni presjek puta;
5. Visina prepreke u vidnom polju na visini daljine preglednosti ne smije niti u jednom slučaju biti veća od 40% od razlike između visine očiju i prepreke;
6. Postavljanje saobraćajne opreme na bermu treba vršiti selektivno (npr. saobraćajni znak – da, putokaz – ne);
7. Zasađivanje drveća i žbunja u krivinama nije dozvoljeno;
8. Prilikom izvođenja izgradnje puta u fazama, polje preglednosti treba obezbijediti za dimenzije utvrđene nakon završne faze.

#### *3.3.2.4.4 Odlaganje snijega*

S obzirom na statističke podatke o snježnim padavinama i količinama snijega, projektom puta treba predvidjeti širinu berme, u cilju obezbjeđenja dovoljne površine i obima za uklanjanje snijega sa kolovoza.

#### *3.3.2.4.5 Postavljanje saobraćajne opreme*

Širinom berme treba obezbijediti dovoljno prostora za postavljanje saobraćajne opreme. Minimalna širina berme je dovoljna za postavljanje razdjelnih smjerokaza.

Prilikom postavljanja saobraćajne opreme u obzir je potrebno uzeti uslove za obezbjeđenje preglednosti (polje preglednosti).

#### *3.3.2.4.6 Različite infrastrukturne instalacije*

U sklopu berme je potrebno postaviti sve vrste komunalnih i telekomunikacionih vodova, te kanalizacionih vodova. U slučaju postavljanja nekoliko vodova i kanalizacije, njihov izbor zavisi od međusobnog uticaja određenih vodova. Širina berme mora biti dovoljna za potreban tehnički razmak između vodova, kao i za njihovo postavljanje, održavanje i rekonstrukciju (zamjenu), kao i za postavljanje i održavanje pristupnih tačaka navedenim vodovima (šahtovi).

### 3.3.2.4.7 *Vožnja na bermi*

Ukoliko je berma stabilizovana na odgovarajući način moguće je istu upotrebljavati za povremeni prolaz. Ukoliko brzina vožnje na kolovozu iznosi  $> 50$  km/h, na rubu berme koja je okrenuta prema kolovozu treba izvesti odgovarajuću uzdužnu fizičku zaštitu (ograda). Minimalna širina berme za vožnju (saobraćajni profil) ne smije biti manja od 0.70 m.

### 3.3.2.5 Naprave za uzdužno odvodnjavanje puta

#### 3.3.2.5.1 *Ivičnjak i usmjereni kanal*

Ivičnjaci (izdignuti, spušteni, pod uglom) predstavljaju elemente za visinsko razdvajanje uzdužnih područja puta. Elemenat ivičnjaka se sastoji od ivičnjaka i širine zaštitnog sloja duž ivičnjaka (tabela 19).

Standardne dimenzije ivičnjaka koji u slučaju udara sprečavaju prevrtanje iznose 15x25 cm (na autoputevima, 20x24 cm sa simetričnom kosinom od 7 cm), s tim da dio visine 0.12 do 0.13 m treba biti izdignut iznad kolovoza. Ukoliko se radi o mostovskim konstrukcijama, standardna visina ivičnjaka iznad kolovoza treba da iznosi između 0.18 i 0.20 m.

Izdignuti ivičnjaci se mogu upotrebljavati i kao naprava za uzdužno odvodnjavanje.

U slučaju da se izdignuti ivičnjak postavlja u kombinaciji sa  $\geq 0.10$  m udaljenom bezbjednosnom ogradi, visina ivičnjaka iznad kolovoza ne smije preći 0.07 m, a područje iza njega, barem do bezbjednosne ograde, treba biti stabilizovano i nagnuto prema ivičnjaku.

Ivičnjaci koji se nalaze na ulazima na privatne zemljišne posjede treba da budu spušteni. Dužina spuštenih ivičnjaka zavisi od širine ulaza, s tim da ne smije biti manja od 3 m. U slučaju da se na razmaku  $< 5$  m nalazi nekoliko uzastopnih ulaza, ivičnjaci koji se nalaze na razmacima između posjeda moraju takođe biti izvedeni kao spušteni. U cilju obezbjeđenja uzdužnog odvodnjavanja vode sa kolovoza ivičnjaci treba da budu spušteni na visinu od +2 cm iznad ruba kolovoza. Visina za odvodnjavanje nije potrebna ukoliko je poprečni nagib kolovoza na drugu stranu.

Povezivanje gornjeg ruba izdignutih i spuštenih ivičnjaka treba izvesti pomoću ugaonih ivičnjaka, kako je navedeno u tabeli 19.

Povezivanje izdignutih i spuštenih ivičnjaka upotrebom klasičnih elemenata za izvođenje ulaza preko trotoara (rubni ivičnjaci sa horizontalnim zaokruženjem gornjeg ruba) dozvoljeno je samo u izgrađenim područjima na putevima na kojima brzina vožnje iznosi  $\leq 50$  km/h.

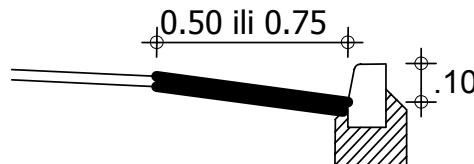
Standardne dimenzije ivičnjaka za izvođenje saobraćajnih traka za bicikliste i pješake (optičko razdvajanje površina i razdvajanje površina sa zadnje strane berme) treba da iznose 6(7)x20 cm. Kada se postavljanje izvodi u cilju optičkog razdvajanja saobraćajnih traka, ivičnjake u potpunosti treba izvesti kao spuštene do visine traka, dok se prilikom razdvajanja berme od saobraćajnih traka, izvode kao 0.10 m izdignuti ivičnjaci, iza koji se izvodi berma čija minimalna širina iznosi 0.25 m. Umjesto klasičnih ivičnjaka za razdvajanje površina moguće je upotrijebiti granitne kocke, dimenzija 6x6x6 cm ili 8x8x8 cm.

Ivičnjaci – izuzev za mostovske konstrukcije, gdje su obuhvaćeni konstrukcijom objekta – treba da budu izvedeni na betonskim temeljima, debljine najmanje 10 cm i betonirani sa obe strane (10 cm nazad i 5 cm naprijed). Visina betonske prevlake treba da se završi 5 cm ispod ruba ivičnjaka ili ispod susjednog stabilizovanog područja. Za izradu temelja i betonske prevlake upotrebljava se cement beton MB 15. Vanjski gornji rub izdignutog ivičnjaka treba biti skraćen.

**Tabela 19: Karakteristike izvođenja izdignutih ivičnjaka**

Vrsta puta	Maksimalna brzina vožnje	Nagib kosine ugaonog ivičnjaka	Širina zaštitnog sloja duž ivičnjaka
Izvan naseljenih područja	$\geq 80 \text{ km/h}$	4%	0.50 m
Na glavnim putevima u naseljenim područjima i putevima izvan naseljenih područja	$\geq 60 \text{ km/h}$	6,5%	0.20 m
Ostali putevi	$\leq 50 \text{ km/h}$	12%	0.00 m

Kombinacija ivičnjaka i izvođenja dijela stabilizovane bankine pod uglom je usmjereni kanal koji je predviđen za uzdužnu odvodnju površinskih voda kolovoza i iz usjeka. Standardne dimenzije usmjerenih kanala su predstavljene na crtežu 27. Širina 0.50 i 0.75 m se primjenjuje na putevima sa dvije saobraćajne trake i na kolovozima sa više od dvije saobraćajne trake, navedenim redoslijedom.

**Crtež 27: Ivičnjaci i usmjereni kanali (širina i poprečni nagib)**

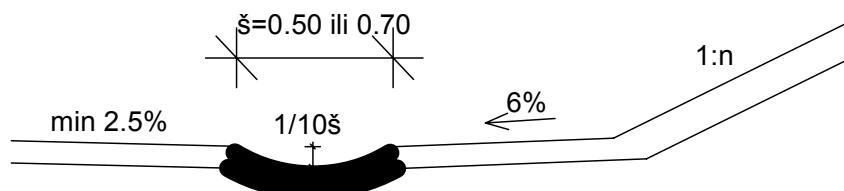
### 3.3.2.6 Zakrivljeni kanal (rigol)

Poseban oblik kanala za odvodnjavanje vode sa kolovoza i iz usjeka predstavlja zakrivljeni kanal koji se izvodi na rubu i u nivou kolovoza. Bolje se uklapa u poprečni profil i obezbjeđuje bolju bezbjednost saobraćaja. Na putevima iz tehničkih grupa C i D, u slučaju niskog obima saobraćaja i izvođenja NPP sa suženim dimenzijama kolovoza, navedeni zakrivljeni kanal treba biti predviđen kao područje za izbjegavanje vozila. U tom slučaju, stabilizacija istog treba biti jednaka stabilizaciji kolovoza.

Zakrivljeni kanal se izvodi:

- Stabilizacijom asfalta (širine od 0.50 do 0.80 cm);
- Trotoarom (širine 0.50 do 0.80 cm);
- Stabilizacijom cement-betona (širine 0.50 cm); i
- Stabilizacijom trave (širine od 1.00 do 1.50 u izuzetnim slučajevima do 2.00 m).

Oblik, položaj i određene dimenzije zakrivljenih kanala predstavljene su na crtežu 28.

**Crtež 28: Zakrivljeni kanal (rigol)**

### 3.3.3 Kosine usjeka i nasipa

Nagibi kosina usjeka i nasipa duž puta uglavnom zavise od geomehaničkih svojstava terena u usjeku, kao i svojstava materijala za ispunu.

Nakon određivanje geomehaničkih parametara slijedi projektovanje nagiba usjeka i nasipa, sa stanovišta uređenja terena duž kolovoza, u cilju obezbeđenja najboljeg mogućeg uklapanja puta u okolni teren, s tim da je u najvećoj mogućoj mjeri u obzir potrebno uzeti karakteristike lokalnog reljefa kao i mikroreljefa nasipa.

Posebno:

- Smanjenje dozvoljenih geomehaničkih nagiba (usjeci i nasipi);
- Zaokruživanje povezivanja usjeka i nasipa prirodnim terenom;
- Upotreba pregradnih bermi koje predstavljaju elemenat projekta i rješenje za odvodnjavanje kosina.

Projekat usjeka i nasipa može imati značajan uticaj na uklapanje puta u okolni pejzaž.

Dalje u tekstu navodimo određene karakteristike vizuelne analize:

- Niži nasipi izgledaju bolje ukoliko su im blaži nagibi kosina;
- U određenim slučajevima je prirodnije da se izvede jednaka dužina nasipa nego stalan nagib;
- Poboljšava se optički prikaz ukoliko se blaži nagib kosina izvodi sa unutrašnje strane usjeka;
- Blagi usjeci i nasipi se bolje stapaju sa okolinom i pejzažom ukoliko je niveleta posteljice puta produžena do prirodnog nagiba terena.

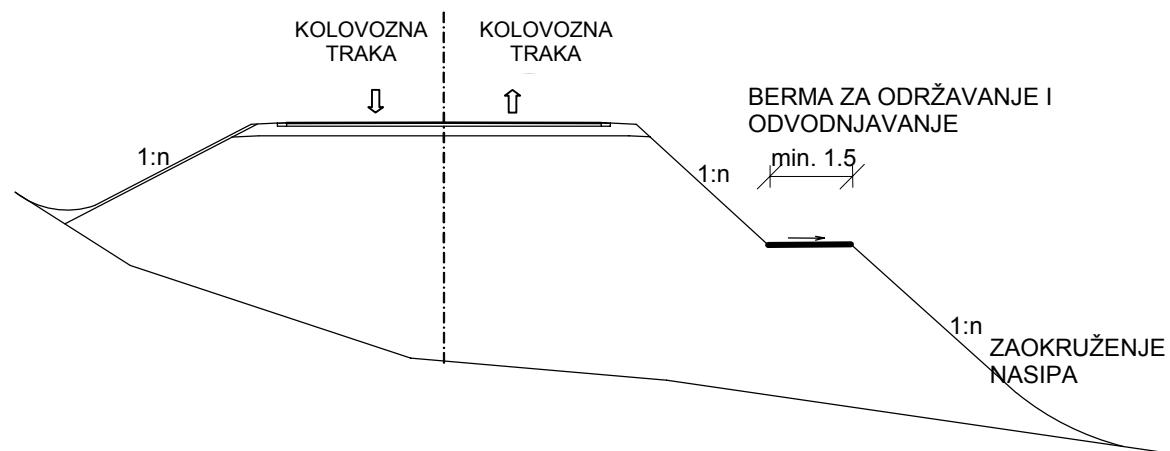
Projektant puta ima na raspolaganju dva rješenja:

- Upotrebu jednakih nagiba kosina usjeka i nasipa (klasično rješenje); ili
- Jednake dužine kosina usjeka i nasipa.

S obzirom na pogled sa puta (pogled vozača/korisnika), vizuelno su prikladnija rješenja sa jednakim dužinama kosina, odnosno samo do visine od 5 metara sa dužinama kosina do 10 metara.

S obzirom na izgled puta posmatrano iz okoline, bolje rješenje predstavlja upotreba jednakih nagiba, jer je na taj način intervencija manje upadljiva – izuzev u slučaju veoma niskih usjeka i nasipa (do 3 metra), gdje su rješenja sa jednakim dužinama kosina takođe veoma dobra.

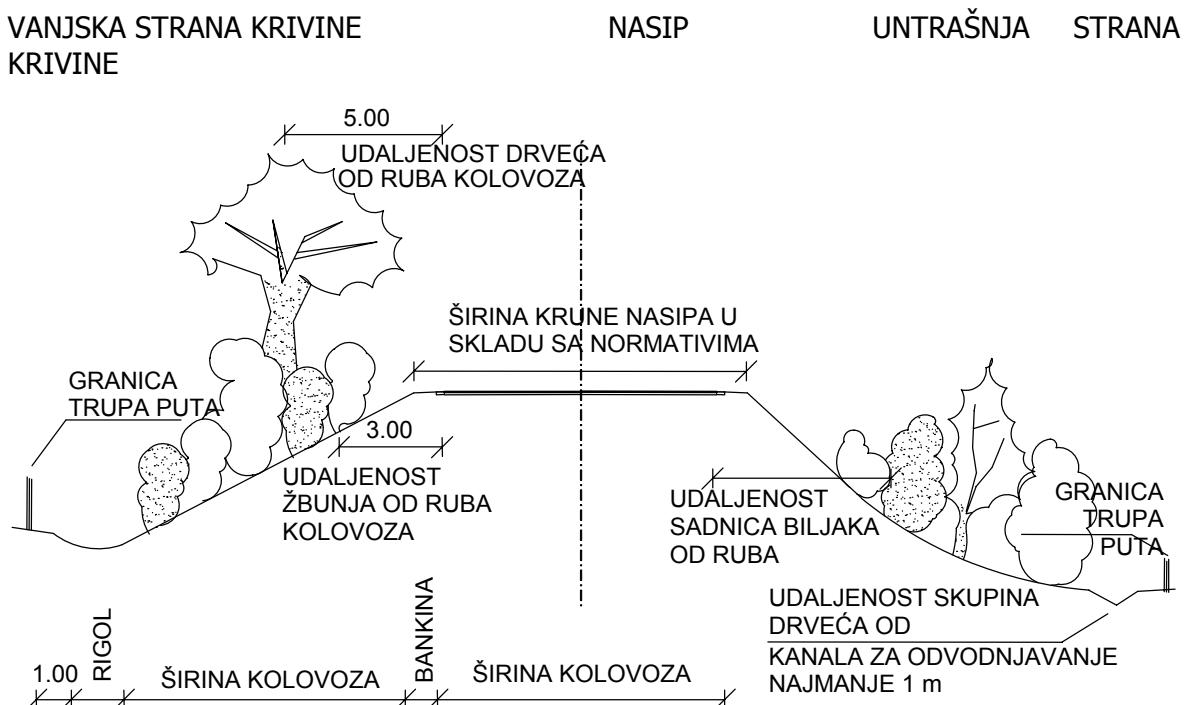
**Crtež 29: Primjer poprečnog profila nasipa**



### 3.3.4 Ozelenjavanje područja duž puteva

U načelu, moguće je ozeleniti sva humusna područja na putu ili duž puta, ukoliko preglednost na putu nije ugrožena.

**Crtež 30: Ozelenjavanje kosina nasipa**

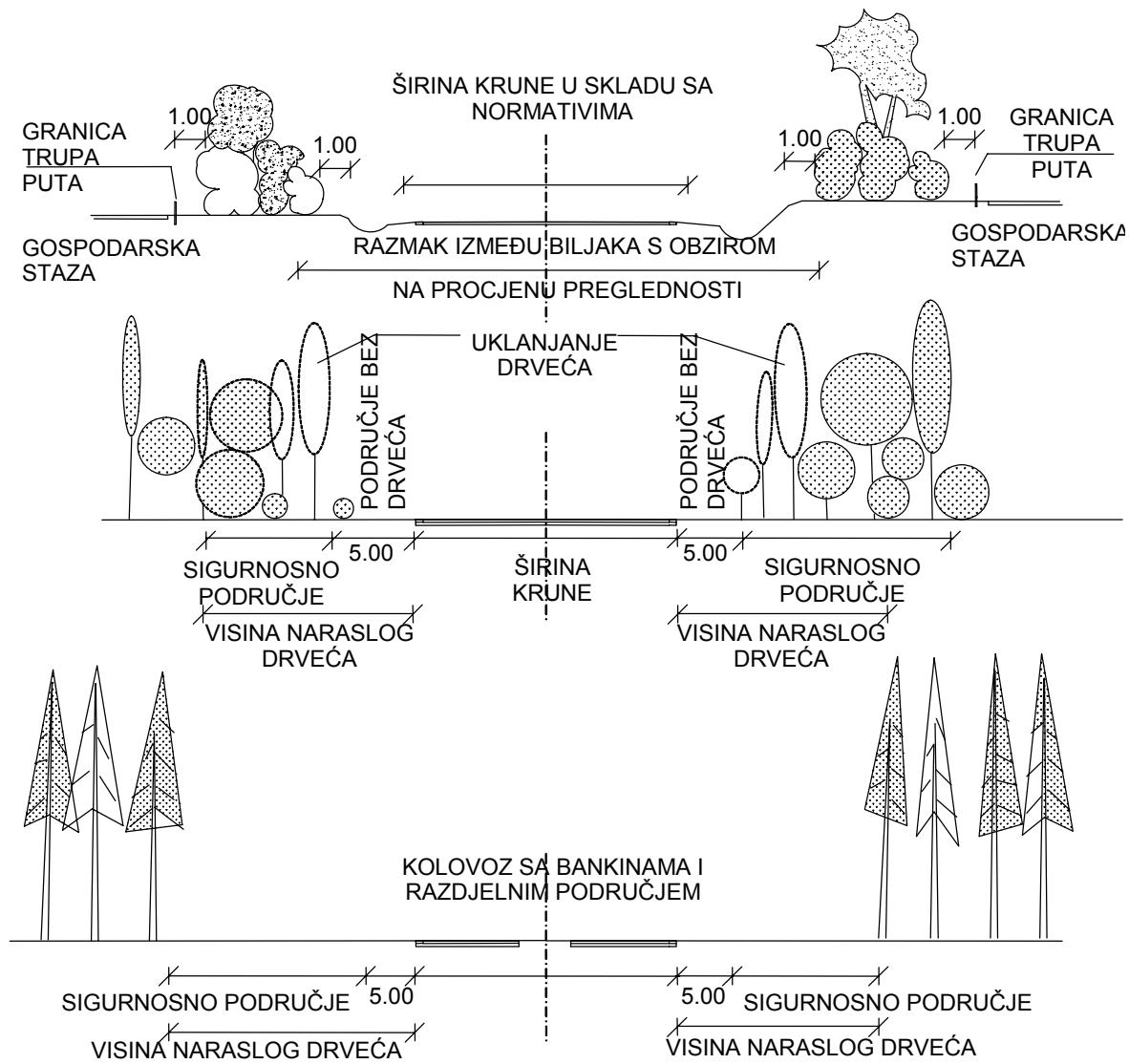


#### 3.3.4.1 Put na nasipu

Osnovno pravilo koje se odnosi na ozelenjavanje je da se grane drveća ne smiju protezati u slobodni profil puta, te da je u obzir potrebno uzeti preglednost u konkavnim krivinama. Sa vanjske strane krivine, udaljenost grmlja treba da iznosi najmanje 3.00 m, dok drveće treba biti najmanje 5.00 m udaljeno od kolovoza. Preglednost je značajna sa unutrašnje strane krivine, stoga, u ovom slučaju preovladava kriterijum preglednosti. Na pravcu, grmlje i drveće treba biti zasađeno na istom razmaku kao sa vanjske strane krivina. Žbunje treba biti zasađeno na razmaku od najmanje 1.00 m od granice isključive upotrebe zemljišta.

### 3.3.4.2 Putevi u pravcu

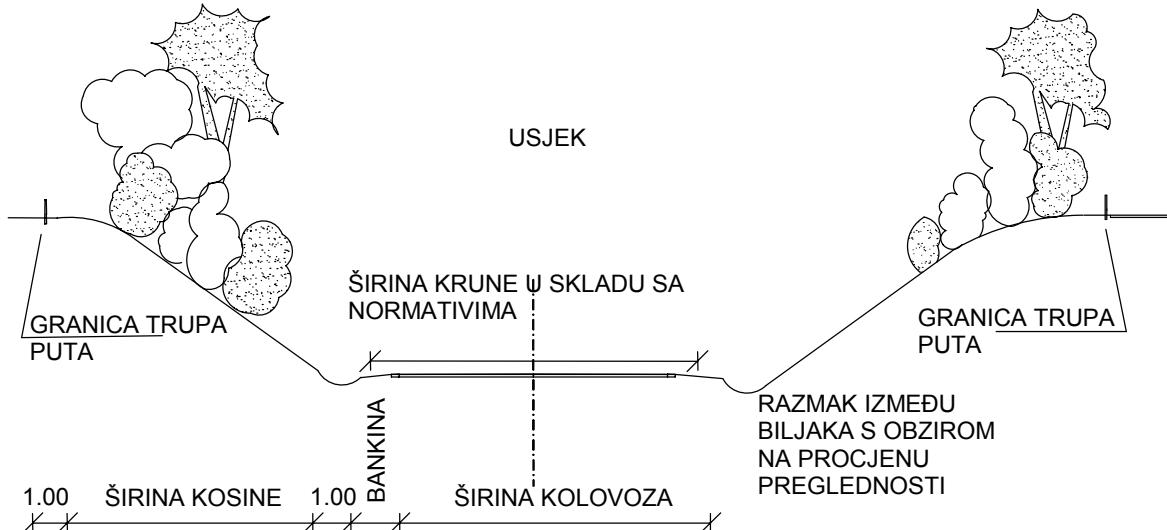
**Crtež 31: Ozelenjavanje kosina na pravcu**



### 3.3.4.3 Put u usjeku

U takvom položaju puta preglednost predstavlja odlučujući faktor. Žbunje ili drveće ne treba biti manje od 1.00 m udaljeno od kanala za odvodnjavanje atmosferskih voda.

**Crtež 32: Ozelenjavanje kosina usjeka**



## 3.4 STANDARDNI POPREČNI PROFILI

### 3.4.1 Vrste poprečnih profila na putu

Poprečni profil je prva polazna projekcija u projektovanju puta. Njime se utvrđuju vrsta i dimenzije elemenata puta, omeđuju konture budućeg putnog prostora i sagledava eksploracione i investicione efekte koji se mogu javiti kao posledica primenjenih rešenja u tom profilu.

Za potrebe planiranja, projektovanja i građenja puteva poprečni profil uzima sledeće oblike, različite po sadržaju i namјenu, za kojeg se pripremaju:

- geometrijski poprečni profili,
- tipski poprečni profili,
- normalni poprečni profili,
- karakteristički poprečni profili,
- detaljni poprečni profili.

### 3.4.2 Geometrijski poprečni profil

Geometrijski poprečni profil (GPP) je grafički prikaz saobraćajnih i ostalih uzdužnih površina na kolovoznom profilu (vozne trake, ovičenja, razdelne trake i bankine) projektovanog puta, izabranih i definiranih prema vrsti i značaju puta te planiranom saobraćajnom opterećenju (učesnici i volumen toka), da bi put mogao funkcionirati u okviru saobraćajnih i voznodinamičkih karakteristika (brzina putovanja i omjer između merodavnog saobraćajnog opterećenja i kapaciteta puta = nivo usluge), predviđenih prema njegovoj saobraćajnoj funkciji (kategorija puta).

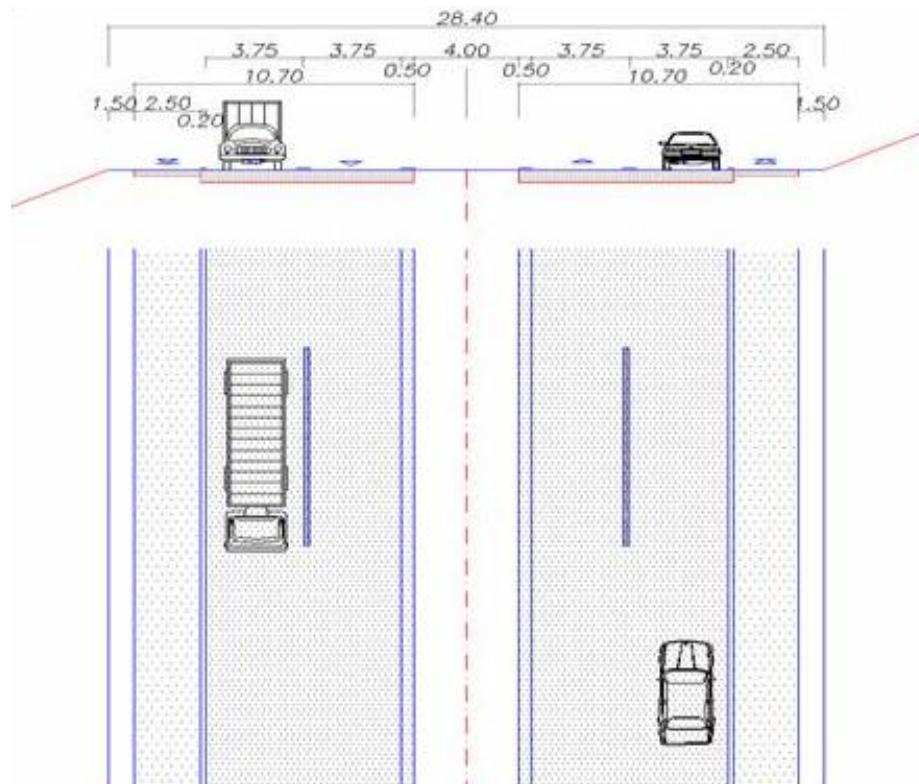
U GPP se definiraju:

- broj i poredak te širine pojedinih saobraćajnih površina kolovoza,
- osnovni režim u eksploraciji (sa jednim ili dva kolovoza),
- horizontalni razmaci i/ili vertikalna delineacija pojedinih elemenata profila,
- saobraćajni i slobodni profil i
- moguće faze u građenju puta (prvo uži, kasnije širi).

Primjena GPP:

- u planiranju saobraćaja i putne mreže,
- u generalnim studijama kao polazno opredeljenje,
- u prostornim studijama za definiranje odnosa sa putnom sredinom
- u idejnem i glavnom projektu puta kao osnova za definiranje normalnih profila te
- u ekspertnim studijama (definiranje saobraćajnog režima na putu, uvođenje inteligentnih saobraćajnih sistema).

### Crtež 33: Geometrijski poprečni profil (GPP)



### 3.4.3 Tipski poprečni profili

#### 3.4.3.1 Karakteristike tipskih poprečnih profila

Tipski prečni profil (TPP) je geometrijski poprečni profil (GPP), definiran kao jedno od mogućih rešenja za pojedinu vrstu odnosno kategoriju puta, da bi se postigao jedinstveni pristup u projektovanju puteva u zemlji.

Tipski poprečni profil određuje se:

- prema saobraćajnom režimu u eksploataciji (sa jednim ili dva kolovoza),
- prema saobraćajnim karakteristikama za pojedinu vrstu puta (broj i poredak saobraćajnih traka, ivične trake i trake za zaustavljanje na kolovozu, razdjelni pojasevi) i
- prema dimenzijama pojedinih elemenata kolovoza (širine traka).

Pojedini TPP je u ovoj smjernici pored grafičkog prikaza pretstavljen i zavisnošću između brzine ( $V_{pros}$ ) i stepena iskorišćenosti kapaciteta ( $Q_{merod}/C$ ) kao osnovnim pokazateljem kvaliteta saobraćajnog toka u uslovima brežuljkastog terena i saobraćajnih parametara, koji su kao standardni uzeti u obzir u metodologiji u priručniku za dimenzioniranje propusne moći puta HCM (putnička vozila + 5% teških vozila + bez ograničenja preticanja), koja se ovim smjernicama usvaja kao zvanično priznata metodologija.

Kada put vodi kroz prostore sa različitim karakteristikama (izvan ili unutar naselja, ravnicaarski ili brdovit, sa ili bez biciklističkih i pješačkih traka), u jednom te istom projektu primjeni se više tipskih poprečnih profila, da bi se obezbedilo normalno funkcioniranje puta u tim različitim uslovima.

Izbor TPP za potrebe projekta izvodi se na osnovu u ovoj smjernici datih parametara, koji obezbeđuju voznodinamički kvalitet projektovanog puta (u prvom redu  $V_{poč}$  i  $V_{put}$ ), i atributa (karakteristike prema kategoriji puta). Ako pokazatelji kvalitete saobraćajnog toka

zadovoljavaju očekivanja, u projektu nije potrebno izvoditi saobraćajno dimenzioniranje profila.

U slučaju drugačijih saobraćajnih (veći udeo teških vozila) i reliefnih parametara (brdoviti ili planinski teren) pokazatelje kvalitete saobraćajnog toka potrebno je u projektu puta posebno provjeriti i rezultate adekvatno adaptirati, da bi se moglo utvrditi opravdanost izbora TPP. U tom slučaju potrebno je ili primenjiti određene zahvate za povisjenje nivoja usluge ili izabrati TPP sa većom propusnom moću.

U ovoj smjernici su predloženi TPP za lakšu raspoznavaju naznačeni sa šiframa (A-1, C-2), koje iskazuju osnovne karakteristike pojedinog TPP. Primjenom TPP iz ove smjernice u projektu puta nije potrebno posebno dokazivati propusno moć projektovanog puta.

### 3.4.3.2 Klasifikacija tipskih poprečnih profila

Za pojedine kategorije puta sa određenim predviđenim brzinama predlažu se sljedeći tipski poprečni profili:

- A-1 Autoputevi (fizički razdvojeni kolovozi) sa četiri saobraćajne trake ili više, sa trakama za prinudno zaustavljanje;
- A-2 Autoputevi sa užim bankinama za prinudno zaustavljanje (za putnička vozila) ili sa stajalištima-odmaralištima i suženom srednjom razdjelnom trakom;
- A-3 Gradski putevi (osvjetljenje), broj traka neograničen;
- A-4 Sabirni putevi, 0,50 m razdjelne trake (samo za označavanje razdvajanja);
- B-1 Putevi sa tri trake sa fizički razdvojenim usmjerenim kolovozima;
- B-2 Putevi sa tri trake bez fizički razdvojenih usmjerenih kolovoza;
- B-3 Putevi sa tri trake u gradskim područjima, gdje je srednja traka predviđena isključivo za skretanje lijevo ili gdje su dvije trake predviđene za jedan smjer vožnje a treća za drugi smjer;
- C-1 Putevi sa dvije trake sa bankinama za prinudno zaustavljanje;
- C-2 Putevi sa dvije trake bez bankina za prinudno zaustavljanje;
- C-3 Putevi sa dvije trake u gradskim područjima;
- C-4 Putevi sa dvije trake sa biciklističkim trakama u gradskim područjima;
- D-1 Putevi sa jednom saobraćajnom trakom;
- D-2 Putevi sa jednom saobraćajnom trakom u gradskim područjima;
- E-1 Uređenje uzdužnih područja duž puteva sa jednom saobraćajnom trakom;
- E-2 Uređenje uzdužnih područja duž puteva sa dvije saobraćajne trake.

### 3.4.3.3 Propusnost tipskih poprečnih profila

#### 3.4.3.3.1 Saobraćajna propusnost elementarnih TPP

Na saobraćajnu propusnost za određenu brzinu vožnje utiče sljedeće:

1. Vrsta puta;
2. Broj saobraćajnih traka;
3. Širina kolovoznih traka i razmak bočnih prepreka;
4. Usponi i padovi;
5. Parametri koji se odnose na saobraćaj (vrsta vozila, vrsta vozača, raspodjela saobraćaja po smjerovima); i
6. Brzina u slobodnom saobraćajnom toku.

Dalje se navodi saobraćajna propusnost za pojedine TPP pri različitim brzinama vožnje, gdje se u obzir uzima sljedeće:

- Osnovni TPP su oni koji su navedeni u klasifikaciji TPP;
- U obzir je uzeto fizičko razdvajanje oba smjera vožnje, ako postoji;

- U obzir su uzete predložene širine kolovozne trake i njihov broj, kao i udaljenost bočnih prepreka;
- U obzir je uzet brežuljkast teren i 5% učešća teških vozila u saobraćaju;
- U obzir su uzete različite brzine u slobodnom saobraćajnom toku, koje omogućavaju horizontalni geometrijski elementi osovine puta.

Vrijednosti u tabelama i grafikonima se primjenjuju za:

- Svaki smjer vožnje u TPP sa doznakama A-x,
- Oba smjera vožnje u TPP sa doznakom C-x.

Pri određivanju saobraćajne propusnosti TPP sa doznakama B-x i D-x u obzir je potrebno pored osnovnih gore navedenih parametara uzeti i ostale uslove i parametre (sistem, dužina, itd.). Stoga, ove TPP ne treba smatrati osnovnim, a saobraćajna propusnost ne treba biti unaprijed za njih određivana.

#### 3.4.3.3.2 Primjena količina navedenih u tabelama i na grafikonima

Količine navedene u tabelama i grafikonima su orijentacione i izračunate su primjenom određenih osnovnih parametara.

Upotrebljavaju se uglavnom pri planiranju mjera na putevima (planiranje upravljanja), kao i za grube preliminarne procjene adekvatnosti saobraćaja na određenom odabranom TPP s obzirom na predviđene podatke o saobraćaju na određenom putu ili dionici istog.

#### 3.4.3.3.3 Uticaj dodatnih traka na propusnost kolovoza

Ukoliko je saobraćajna traka na određenom kolovozu predviđena samo za odabranu vrstu vozila ili odabrane vrste korisnika, kod proračuna propusne moći puta navedena traka ne treba biti obuhvaćena kao deo TPP na koji je dodata.

U tom slučaju izračunavanje saobraćajne propusnosti izvodi se sljedećim:

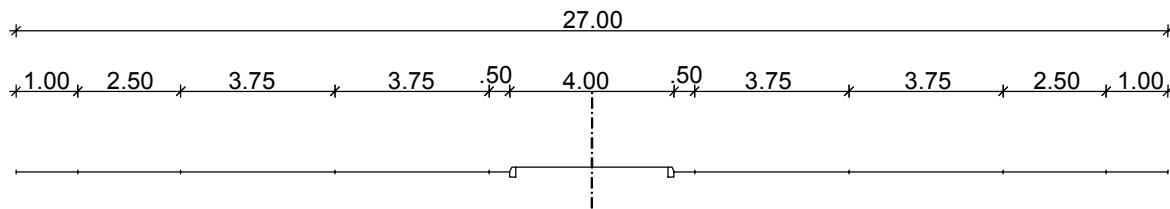
- Izračunavanje saobraćajne propusnosti se izvodi s obzirom na osnovni sastav i dimenzije TPP;
- Kod ovog izračunavanja treba je uzeti u obzir smanjenje saobraćajnog opterećenja, koji proizilazi zbog dodatne trake;
- Saobraćaj na dodatnoj traci treba smatrati kontinuiranom bočnom preprekom.

#### 3.4.3.3.4 Tabele i grafikoni o propusnosti KPP

*Simboli:*

$V_{PT}$ [km/h]	Brzina slobodnog toka
$V_{pot}$ [km/h]	Brzina vožnje
$Q_{h2}$ [veh/h]	Jednočasovni dvosmjerni tok
b [m]	Širina kolovoza
$b_b$ [m]	Širina bankine, slobodnog profila

3.4.3.4 TPP A-1: Autoputevi (fizički razdvojeni kolovozi) četiri trake ili više, sa bankinama za prinudno zaustavljanje

**Crtež 34: Grafikon TPP A-1****Tabela 20: Propusnost TPP A-1, četiri trake**

<b><math>V_{PT} = 120 \text{ km/h}</math></b>								
$b = 3.75 \text{ m (3.6 m)}$								
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	2050	2100	2400	2700	3000	3300	3550
$V_{pot} [\text{km/h}]$	120.0	120.0	119.9	118.7	115.3	108.8	98.6	86.9
$b = 3.50 \text{ m}$								
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	2050	2100	2400	2700	3000	3300	3550
$V_{pot} [\text{km/h}]$	119	119	118.9	117.8	114.5	108.1	98	86.3
$b = 3.25 \text{ m (3.2 m)}$								
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	2150	2200	2500	2800	3100	3400	3500
$V_{pot} [\text{km/h}]$	114.4	114.4	114.3	113.1	109.4	102.3	91.1	86.3

<b><math>V_{PT} = 100 \text{ km/h}</math></b>								
$b = 3.75 \text{ m (3.6 m)}$								
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	2450	2500	2700	2900	3100	3300	3400
$V_{pot} [\text{km/h}]$	100.0	100.0	99.9	99.2	97.1	93.2	87.1	83.2
$b = 3.50 \text{ m}$								
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	2500	2550	2700	2900	3100	3300	3400
$V_{pot} [\text{km/h}]$	99	99	98.9	98.3	96.3	92.6	86.6	82.7
$b = 3.25 \text{ m (3.2 m)}$								
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	2600	2650	2800	3000	3200	3300	3350
$V_{pot} [\text{km/h}]$	94.4	94.4	94.3	93.6	91.4	87.2	84.1	82.3

<b><math>V_{PT} = 90 \text{ km/h}</math></b>								
$b = 3.75 \text{ m (3.6 m)}$								
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	2700	2750	2800	3000	3200	3300	3300
$V_{pot} [\text{km/h}]$	90.0	90.0	89.9	89.7	88.1	84.6	81.9	

**Tabela 21: Propusnost TPP A-1, šest traka**

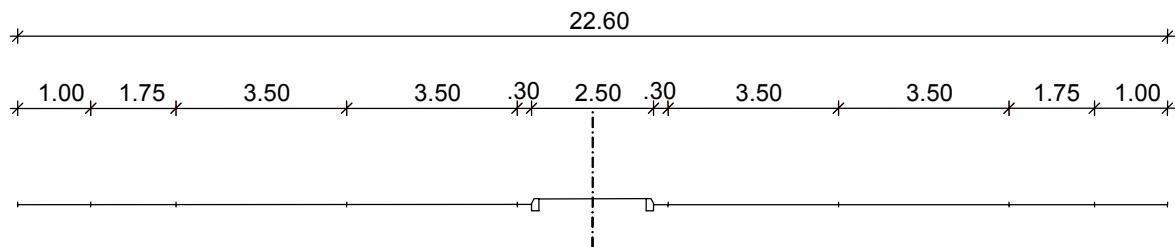
<b><math>V_{PT} = 120 \text{ km/h}</math></b>								
$b = 3.75 \text{ m (3.6 m)}$								
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	3300	3350	3700	4100	4500	4900	5300
$V_{pot} [\text{km/h}]$	120.0	120.0	119.9	119.3	117.4	113.7	107.7	99.2
$b = 3.50 \text{ m}$								
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	3350	3400	3700	4100	4500	4900	5300
$V_{pot} [\text{km/h}]$	119	119	118.9	118.4	116.6	112.9	107	98.6

$b = 3.25 \text{ m (3.2 m)}$									
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	3500	3550	3900	4300	4700	5100	5500	5650
$V_{\text{pot}} [\text{km/h}]$	114.4	114.4	114.3	113.6	111.4	107.2	100.3	90.6	86.1

$V_{\text{PT}} = 100 \text{ km/h}$									
$b = 3.75 \text{ m (3.6 m)}$									
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	4000	4050	4300	4600	4900	5200	5500	
$V_{\text{pot}} [\text{km/h}]$	100.0	100.0	99.9	99.4	97.7	94.6	89.7	82.7	
$b = 3.50 \text{ m}$									
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	4050	4100	4300	4600	4900	5200	5450	
$V_{\text{pot}} [\text{km/h}]$	99	99	98.9	98.5	96.9	93.9	89.1	83.5	
$b = 3.25 \text{ m (3.2 m)}$									
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	4200	4250	4400	4700	5000	5300	5450	
$V_{\text{pot}} [\text{km/h}]$	94.4	94.4	94.3	94	92.6	89.6	84.6	81.2	

3.4.3.5 TPP A-2: Autoputevi sa užim bankinama za prinudno zaustavljanje (uglavnom putničkih vozila) ili stajališta-odmarališta i suženom srednjom razdjelnom trakom

**Crtež 35: Grafikon TPP A-2**



**Tabela 22: Propusnost TPP A-2**

$V_{\text{PT}} = 100 \text{ km/h}$									
$b = 3.5 \text{ m}; \text{bez bankine za prinudno zaustavljanje}$									
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	2100	2150	2300	2500	2700	2900	3100	3200
$V_{\text{pot}} [\text{km/h}]$	97.1	97.1	96.8	96.1	94.1	92.1	89.9	87.5	86.2
$b = 3.25 \text{ m (3.2 m)}; \text{without hard shoulder for emergency stop}$									
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	1000	2100	2150	2300	2500	2700	2900	3100
$V_{\text{pot}} [\text{km/h}]$	92.5	92.5	92.5	92.2	91.3	89.6	87.7	85.6	83.3
$V_{\text{PT}} = 100 \text{ km/h}$									
$b = 3.5 \text{ m}; \text{bankina za prinudno zaustavljanje}$									
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	2100	2150	2300	2500	2700	2900	3100	3200
$V_{\text{pot}} [\text{km/h}]$	98.7	98.7	98.4	97.4	95.4	93.6	91.4	89	87.7
$b = 3.25 \text{ m (3.2 m)}; \text{bankina za prinudno zaustavljanje}$									
$Q_h [\text{veh/h}]$	0	1000	2100	2150	2300	2500	2700	2900	3100
$V_{\text{pot}} [\text{km/h}]$	94.1	94.1	94.1	93.8	92.9	91.2	89.2	87.1	84.7

<b>V<sub>PT</sub> = 90 km/h</b>								
b = 3.5 m; bez bankine za prinudno zaustavljanje								
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2100	2150	2300	2500	2700	2900	3050
V <sub>pot</sub> [km/h]	87.1	87.1	86.9	86.0	84.5	82.8	80.8	79.3
b = 3.25 m (3.2 m); bez bankine za prinudno zaustavljanje								
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	1000	2100	2150	2300	2500	2700	2900
V <sub>pot</sub> [km/h]	82.5	82.5	82.5	82.3	81.5	80.2	78.6	76.8

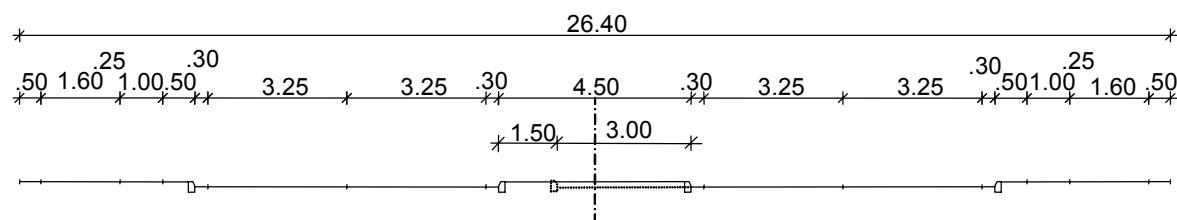
<b>V<sub>PT</sub> = 90 km/h</b>								
b = 3.5 m; bankina za pravilno zaustavljanje								
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2100	2150	2300	2500	2700	2900	3100
V <sub>pot</sub> [km/h]	88.7	88.7	88.5	87.6	86.0	84.2	82.3	80.1
b = 3.25 m (3.2 m); bankina za pravilno zaustavljanje								
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	1000	2100	2150	2300	2500	2700	2950
V <sub>pot</sub> [km/h]	84.1	84.1	84.1	83.9	83.1	81.7	80	77.7

<b>V<sub>PT</sub> = 80 km/h</b>								
b = 3.5 m; bez bankine za prinudno zaustavljanje								
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2100	2150	2300	2500	2700	2900	2950
V <sub>pot</sub> [km/h]	77.1	77.1	77.0	76.7	76.2	75.6	74.9	74.7
b = 3.25 m (3.2 m); bez bankine za prinudno zaustavljanje								
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	1000	2100	2150	2300	2500	2700	2800
V <sub>pot</sub> [km/h]	72.5	72.5	72.5	72.4	72.1	71.5	70.9	70.5

<b>V<sub>PT</sub> = 80 km/h</b>								
b = 3.5 m; bankina za pravilno zaustavljanje								
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2100	2150	2300	2500	2700	2900	3050
V <sub>pot</sub> [km/h]	78.7	78.7	78.6	78.3	77.8	77.2	76.5	76
b = 3.25 m (3.2 m); bankina za pravilno zaustavljanje								
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	1000	2100	2150	2300	2500	2700	2850
V <sub>pot</sub> [km/h]	74.1	74.1	74.1	74	73.7	73.2	72.5	72

### 3.4.3.6 TPP A-3: Gradski putevi (osvjetljenje), broj saobraćajnih traka neograničen

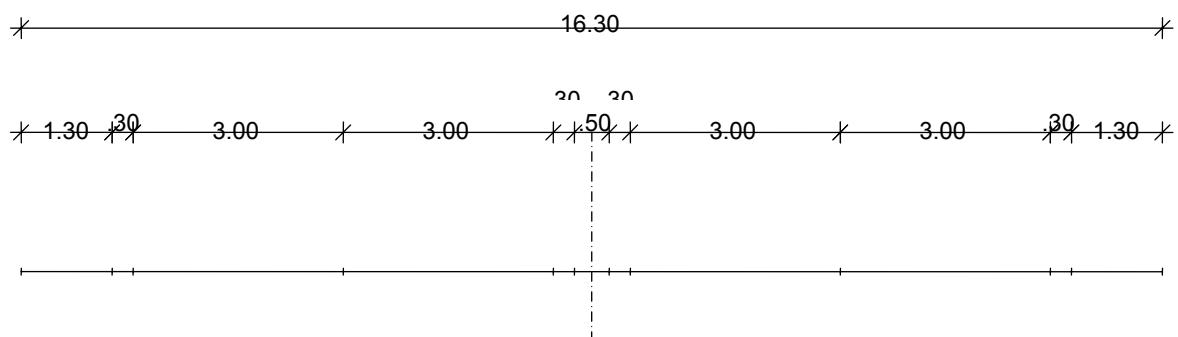
### **Crtež 36: Grafikon TPP A-3**



**Tabela 23: Propusnost TPP A-3**

<b>V<sub>PT</sub> = 90 km/h</b>										
<i>b</i> = 3,5 m; osvjetljenje										
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2000	2300	2500	2700	2900	3100	3300	3500	3650
V <sub>pot</sub> [km/h]	88.4	88.4	88.4	88.3	87.5	86.2	84.8	83.2	81.5	80.2
<i>b</i> = 3,25 m (3,2 m); osvjetljenje										
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2000	2150	2300	2550	2700	2900	3100	3300	3540
V <sub>pot</sub> [km/h]	83.8	83.8	83.8	83.8	83.6	82.9	81.8	80.5	79	77.2
<b>V<sub>PT</sub> = 90 km/h</b>										
<i>b</i> = 3,5 m; bez osvjetljenja										
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2000	2300	2500	2700	2900	3100	3300	3500	3650
V <sub>pot</sub> [km/h]	88.7	88.7	88.7	88.6	87.8	86.5	85.1	83.5	81.8	80.4
<i>b</i> = 3,25 m (3,2 m); bez osvjetljenja										
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2000	2500	2650	2700	2900	3100	3300	3500	3550
V <sub>pot</sub> [km/h]	84.1	84.1	84.1	83.5	83.2	82.1	80.8	79.3	77.7	77.3
<b>V<sub>PT</sub> = 80 km/h</b>										
<i>b</i> = 3,5 m; osvjetljenje										
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2500	2700	2900	3100	3300	3500	3600		
V <sub>pot</sub> [km/h]	78.4	78.4	78.1	77.7	77.2	76.6	76.1	75.8		
<i>b</i> = 3,25 m (3,2 m); osvjetljenje										
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2500	2700	2900	3100	3300	3350	3400		
V <sub>pot</sub> [km/h]	73.8	73.8	73.5	73	72.5	71.9	71.8	71.6		

## 3.4.3.7 TPP A-4: Sabirni putevi, 0,50 m razdjelne trake (samo za označavanje)

**Crtež 37: Grafikon TPP A-4****Tabela 24: Propusnost TPP A-4**

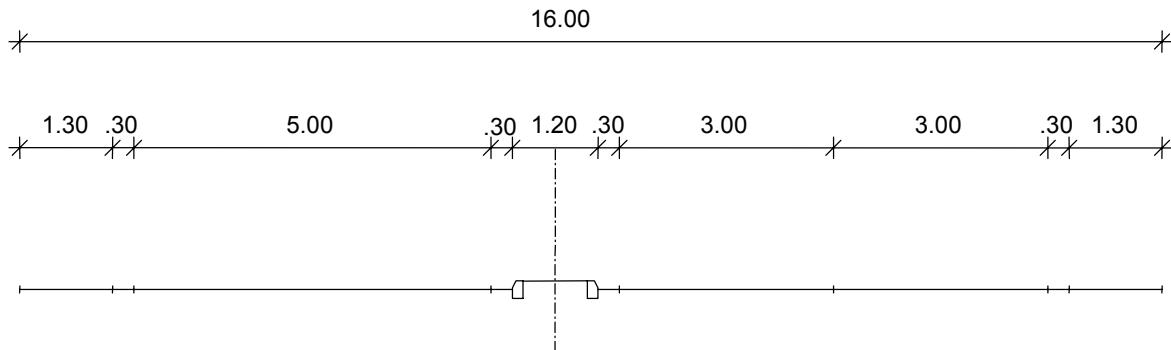
<b>V<sub>PT</sub> = 90 km/h</b>										
<i>b</i> = 3,5 m										
Q <sub>h</sub> [veh/h]	0	2500	2700	2900	3100	3300	3500	3600		

$V_{pot}$ [km/h]	86.1	86.0	85.2	84.0	82.6	81.1	79.5	78.6
$b = 3.25 \text{ m (3.2 m)}$								
$Q_h$ [veh/h]	0	2500	2700	2900	3100	3300	3400	3450
$V_{pot}$ [km/h]	81.5	81.5	80.7	79.6	78.4	77	76.3	75.9

<b><math>V_{PT} = 80 \text{ km/h}</math></b>							
$b = 3.25 \text{ m (3.2 m)}$							
$Q_h$ [veh/h]	0	2500	2700	2900	3100	3300	3315
$V_{pot}$ [km/h]	71.5	71.5	71.2	70.7	70.2	69.6	69.5

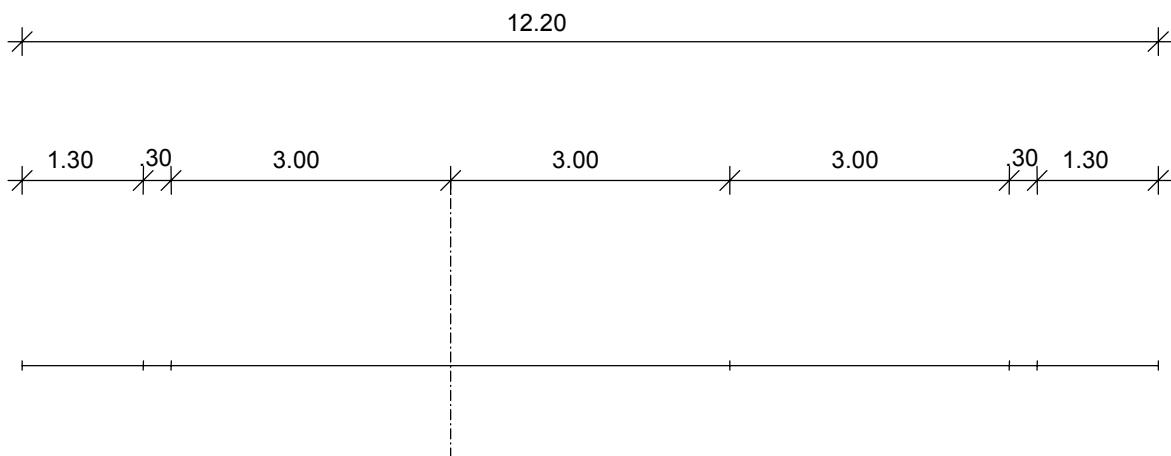
### 3.4.3.8 TPP B-1: Putevi sa tri saobraćajne trake za fizički razdvojenim usmjerenim kolovozima

**Crtež 38: Grafikon TPP B-1**



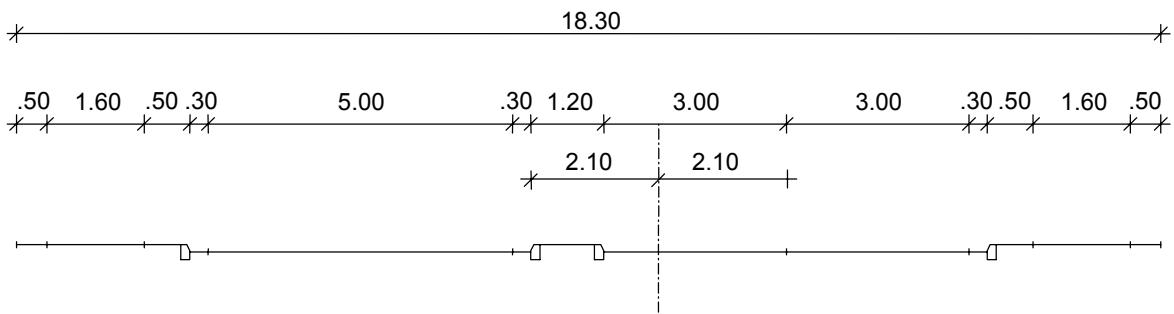
### 3.4.3.9 TPP B-2: Putevi sa tri saobraćajne trake bez fizički razdvojenih usmjerenih kolovoza

**Crtež 39: Grafikon TPP B-2**



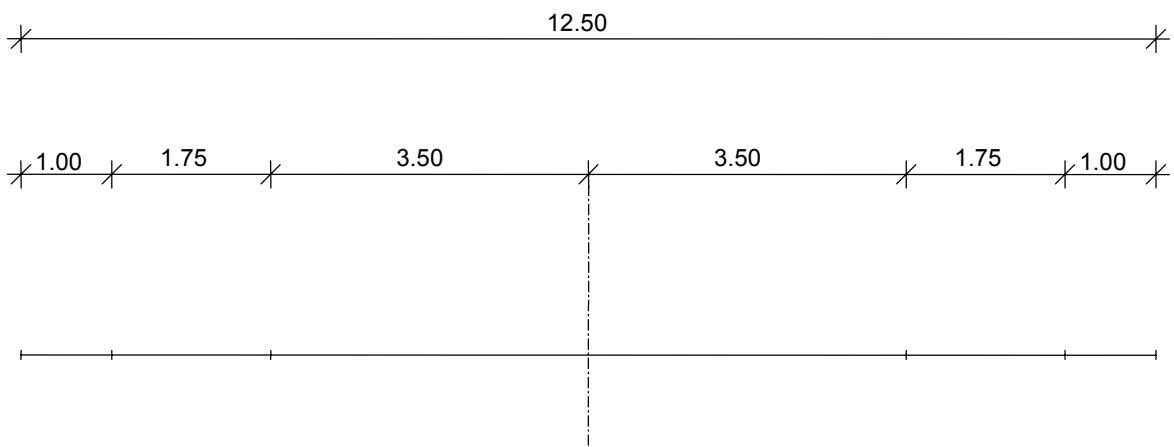
3.4.3.10 TPP B-3: Putevi sa tri saobraćajne trake u gradskim područjima. Srednja traka je predviđena isključivo za skretanje lijevo ili su dvije trake predviđene za jedan smjer vožnje a treća za drugi

**Crtež 40: Grafikon TPP B-3**



3.4.3.11 TPP C-1: Putevi sa dvije saobraćajne trake sa bankinama za prinudno zaustavljanje

**Crtež 41: Grafikon TPP C-1**

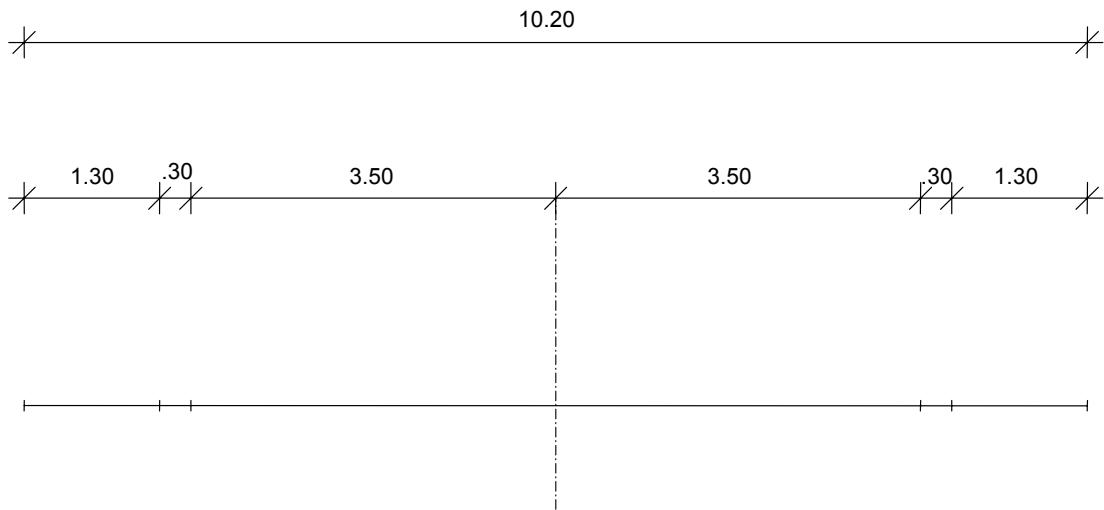


**Tabela 25: Propusnost TPP A-4**

<b>V<sub>PT</sub> = 70 km/h</b>												
<b>b = 3.5 m</b>												
<b>Q<sub>h2</sub> [veh/h]</b>	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
<b>V<sub>pot</sub> [km/h]</b>	69.3	69.2	68.1	66.9	62.2	58.8	54.7	49.9	45	40.2	35.3	28.7
<b>b = 3.25 m (3.2 m)</b>												
<b>Q<sub>h2</sub> [veh/h]</b>	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
<b>V<sub>pot</sub> [km/h]</b>	68.3	68.2	67.1	65.9	61.2	57.8	53.7	48.9	44	39.2	34.3	28.7

TPP C-2: Putevi sa dvije saobraćajne trake bez bankina za pr nudno zaustavljanje

### Crtež 42: Grafikon TPP C-2



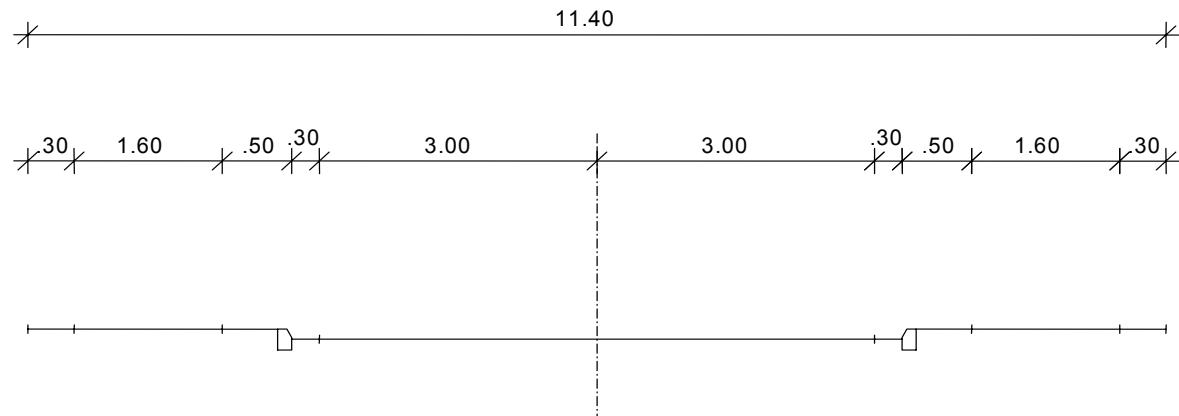
**Tabela 26: Propusnost TPP C-2**

<b>V<sub>PT</sub> = 100 km/h</b>												
$b = 3.5 \text{ m}; b_b = 1.5 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	99.3	99.2	98.1	96.9	92.2	88.8	84.7	79.9	75	70.2	65.3	59.7
$b = 3.5 \text{ m}; b_b = 1.3 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	97.2	97.1	96	94.8	90.1	86.7	82.6	77.8	72.9	68.1	63.2	57.6
$b = 3.2 \text{ m (3.25 m)}; b_b = 1.3 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	96.2	96.1	95	93.8	89.1	85.7	81.6	76.8	71.9	67.1	62.2	56.6
$b = 3.0 \text{ m}; b_b = 1.0 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	96.2	96.1	95	93.8	89.1	85.7	81.6	76.8	71.9	67.1	62.2	56.6
<b>V<sub>PT</sub> = 90 km/h</b>												
$b = 3.5 \text{ m}; b_b = 1.5 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	89.3	89.2	88.1	86.9	82.2	78.8	74.7	69.9	65	60.2	55.3	49.7
$b = 3.5 \text{ m}; b_b = 1.3 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	87.2	87.1	86	84.8	80.1	76.7	72.6	67.8	62.9	58.1	53.2	47.6
$b = 3.2 \text{ m (3.25 m)}; b_b = 1.3 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub>	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450

[veh/h]												
V <sub>pot</sub> [km/h]	86.2	86.1	85	83.8	79.1	75.7	71.6	66.8	61.9	57.1	52.2	46.6
$b = 3.0 \text{ m}; b_b = 1.0 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	86.2	86.1	85	83.8	79.1	75.7	71.6	66.8	61.9	57.1	52.2	46.6
<b>V<sub>PT</sub> = 80 km/h</b>												
$b = 3.5 \text{ m}; b_b = 1.5 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	79.3	79.2	78.1	76.9	72.2	68.8	64.7	59.9	55	50.2	45.3	39.7
$b = 3.5 \text{ m}; b_b = 1.3 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	77.2	77.1	76	74.8	70.1	66.7	62.6	57.8	52.9	48.1	43.2	37.6
$b = 3.2 \text{ m (3.25 m)}; b_b = 1.3 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	76.2	76.1	75	73.8	69.1	65.7	61.6	56.8	51.9	47.1	42.2	36.6
$b = 3.0 \text{ m}; b_b = 1.0 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	76.2	76.1	75	73.8	69.1	65.7	61.6	56.8	51.9	47.1	42.2	36.6

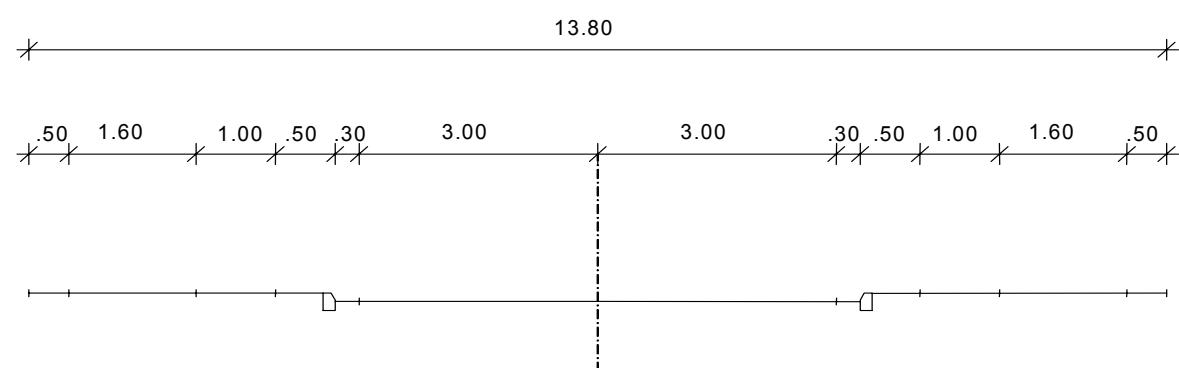
<b>V<sub>PT</sub> = 70 km/h</b>												
$b = 3.5 \text{ m}; b_b = 1.5 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	69.3	69.32	68.1	66.9	62.2	58.8	54.7	49.9	45	40.2	35.3	29.7
$b = 3.5 \text{ m}; b_b = 1.3 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	67.2	67.1	66	64.8	60.1	56.7	52.6	47.8	42.9	38.1	33.2	27.6
$b = 3.2 \text{ m (3.25 m)}; b_b = 1.3 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	66.2	66.1	65	63.8	59.1	55.7	51.6	46.8	41.9	37.1	32.2	26.6
$b = 3.0 \text{ m}; b_b = 1.0 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	66.2	66.1	65	63.8	59.1	55.7	51.6	46.8	41.9	37.1	32.2	26.6
$b = 2.75 \text{ m}; b_b = 1.0 \text{ m}$												
Q <sub>h2</sub> [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
V <sub>pot</sub> [km/h]	64.4	64.3	63.2	62	57.3	53.9	49.8	45	40.1	35.3	30.4	24.8

### 3.4.3.12 TPP C-3: Putevi sa dvije saobraćajne trake u gradskim područjima

**Crtež 43: Grafikon TPP C-3****Tabela 27: Propusnost TPP C-3**

<b><math>V_{PT} = 70 \text{ km/h}</math></b>												
$b = 3.2 \text{ m (3.25 m)}$												
$Q_{h2} \text{ [veh/h]}$	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
$V_{pot} \text{ [km/h]}$	61.5	61.4	60.3	59.1	54.4	51	46.9	42.1	37.2	32.4	27.5	21.9
$b = 3.0 \text{ m}$												
$Q_{h2} \text{ [veh/h]}$	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
$V_{pot} \text{ [km/h]}$	61.5	61.4	60.3	59.1	54.4	51	46.9	42.1	37.2	32.4	27.5	21.9
$b = 2.7 \text{ m (2.75 m)}$												
$Q_{h2} \text{ [veh/h]}$	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
$V_{pot} \text{ [km/h]}$	59.7	59.6	58.5	57.3	52.6	49.2	45.1	40.3	35.4	30.6	25.7	20.1

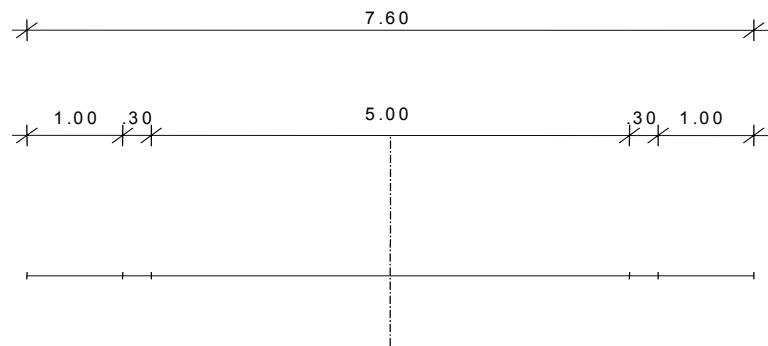
### 3.4.3.13 TPP C-4: Putevi sa dvije saobraćajne trake sa biciklističkim trakama u gradskim područjima

**Crtež 44: Grafikon TPP C-4**

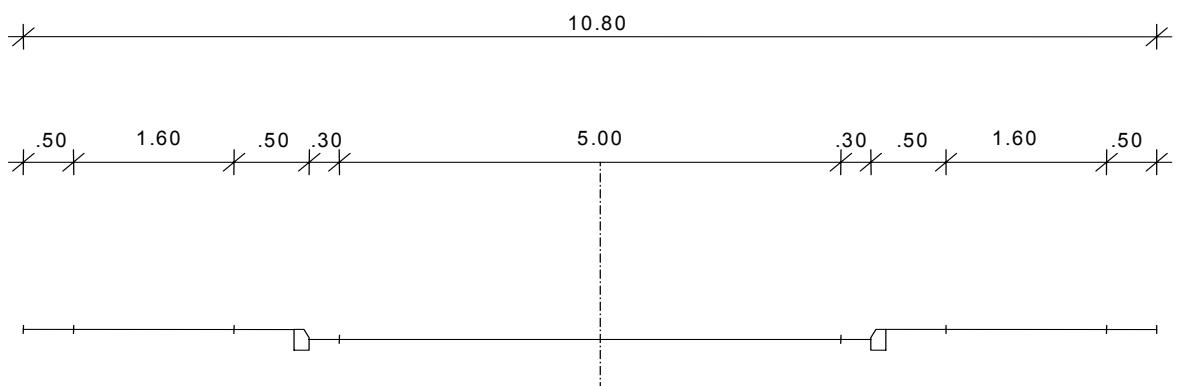
**Tabela 28: Propusnost TPP C-4**

$V_{PT} = 70 \text{ km/h}$												
$b = 3.2 \text{ m (3.25 m)}$												
$Q_{h2}$ [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
$V_{pot}$ [km/h]	64.1	64	62.9	61.7	57	53.6	49.5	44.7	39.8	35	30.1	24.5
$b = 3.0 \text{ m}$												
$Q_{h2}$ [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
$V_{pot}$ [km/h]	64.1	64	62.9	61.7	57	53.6	49.5	44.7	39.8	35	30.1	24.5
$b = 2.7 \text{ m (2.75 m)}$												
$Q_{h2}$ [veh/h]	1	5	50	100	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2450
$V_{pot}$ [km/h]	62.3	62.2	61.1	59.9	55.2	51.8	47.7	42.9	38	33.2	28.3	22.7

## 3.4.3.14 TPP D-1: Putevi sa jednom saobraćajnom trakom

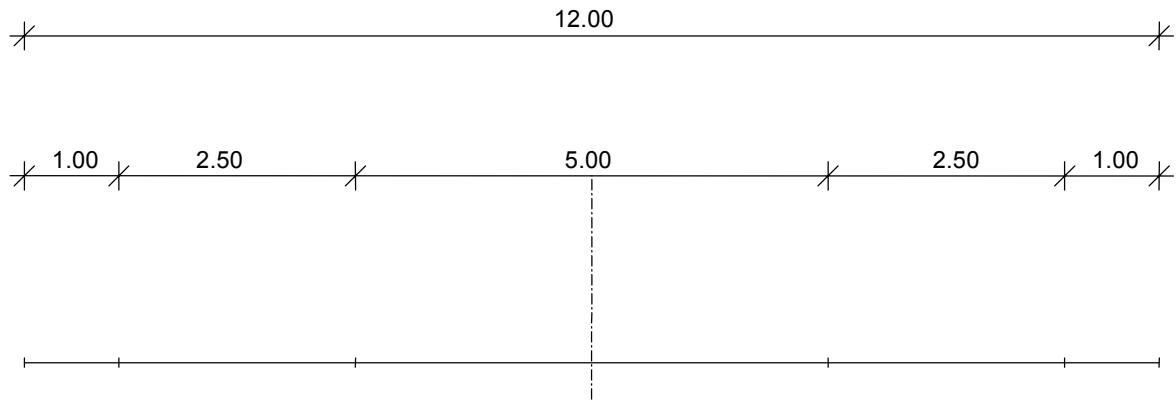
**Crtež 45: Grafikon TPP D-1**

## 3.4.3.15 TPP D-2: Putevi sa jednom saobraćajnom trakom u gradskim područjima

**Crtež 46: Grafikon TPP D-2**

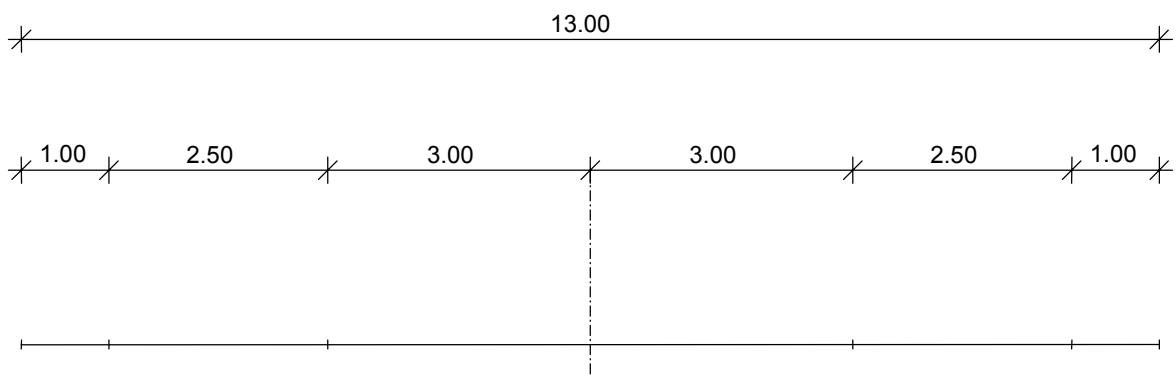
3.4.3.16 TPP E-1: Uređenje uzdužnih područja duž puta sa jednom saobraćajnom trakom

**Crtež 47: Grafikon TPP E-1**



3.4.3.17 TPP E-2: Uređenje uzdužnih područja duž puta sa dvije saobraćajne trake

**Crtež 48: Grafikon TPP E-2**



### 3.4.4 Normalni poprečni profil

Normalni poprečni profil (NPP) je grafički prikaz GPP u standardnim prirodnim i u standardnim saobraćajnim uslovima. Ukratko: NPP je sa trupom puta i građevinsko - konstrukterskim rešenjima dopunjeno GPP, stavljen u realne dimenzije prostora.

Njime se definiraju

- oblici i dimenzije pojedinih vrsta saobraćajnih i pratećih elemenata kolovoza (zaštitni pojasevi i elementi odvodnjavanja),
- interni odnosi među njima (sistem razdvajanja – razdjelne zelene trake, ivičnjaci, ograde),
- vrsta i položaj elemenata za zaštitu puta i okoline (vanske ograde, ograde protiv buke),
- položaj osnovnih elemenata saobraćajne opreme puta (smjernici, znakovi, ograde),
- vrsta i položaj infrastrukturnih i komunalnih vodova,
- građevinski detalji za izvođenje radova i
- cjelokupna širina zemljišta, potrebnog za izgradnju puta (putno zemljište),

uslovljenih za izvođenje saobraćajne funkcije puta prema u tehničkom propisu prethodno definiranim saobraćajnim i voznodinamičkim uslovima.

U NPP se pored dimenzija, koje su definirane u NPP, pokazuju:

- liniju terena sa deblijinom humusa i kotom terena na osi puta,
- položaj nivelete u profilu te nagibi kolovoza i planuma donjeg stroja,
- debljina i sastav kolovozne konstrukcije,
- prateći elementi kolovoza sa konstrukterskim rešenjima, dimenzijama i nagibima (bankina, berma, uređenja za uzdužno odvodnjavanje puta, razdjelne trake),
- vrstu i oblik elemenata trupa puta u profilu (usek, nasip, mješoviti profil, nagib kosina, uređenje kosina),
- građevinska rešenja za izgradnju trupa puta (nagibi na pojedinim slojevima donjeg stroja u slučaju primjene različitih nasipnih materiala, zasjeci, iskljinjenja, rigoli ili drenaže za odvodnjenje donjeg stroja),
- položaj i građevinska rešenja zaštitnih elemenata puta (kanali, potporni i oporni zidovi, duboke drenaže),
- položaj i dubina u trup puta ugrađenih komunalnih i infrastrukturnih vodova te njihova međusobna rastojanja po profilu i visini (kanalizacija, vodovod, plin, elektro, javna rasvjeta, TV kabel, vručevod, kabel za internu komunikaciju vlasnika puta i slično),

U normalnim uvjetima se u projektima pokazuju najmanje 3 osnovna profila:

- NPP na nasipu,
- NPP u usjeku te
- NPP u zasjeku (mješoviti profil).

Kod puteva sa po smjeru razdvojenim kolovozima u projektu pokazuju se još:

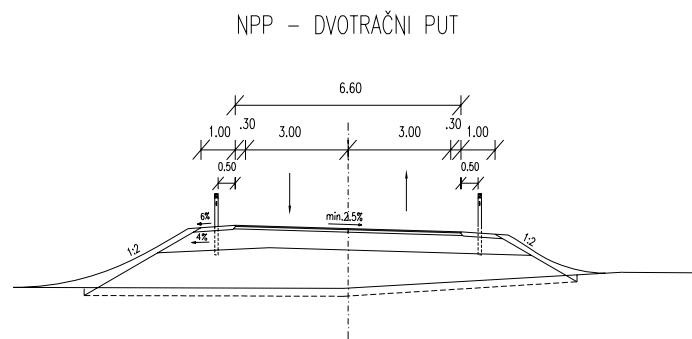
- NPP u pravcu,
- NPP u krivini i
- NPP sa visinski razdvojenim kolovozima,

da bi se definiralo visinske odnose oba kolovoza i prema potrebi uključilo i dodatne površine i zahvate u cilju obezbeđenja normalne eksploatacije puta.

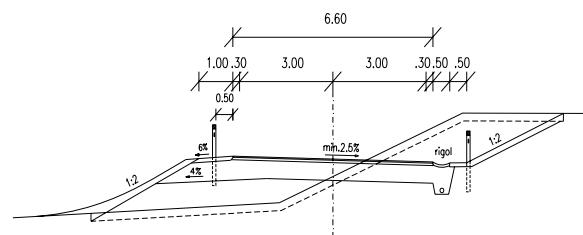
### Primjena NPP:

- u lokacionim projektima za definiranje odnosa sa putnom sredinom i kao prikaz budućeg stanja,
- u idejnom i glavnom projektu puta kao obavezan prilog u projektu i
- u ekspertnim studijama (geotehničke studije, definiranje saobraćajnog režima na putu, uvođenje inteligentnih saobraćajnih sistema i slično).

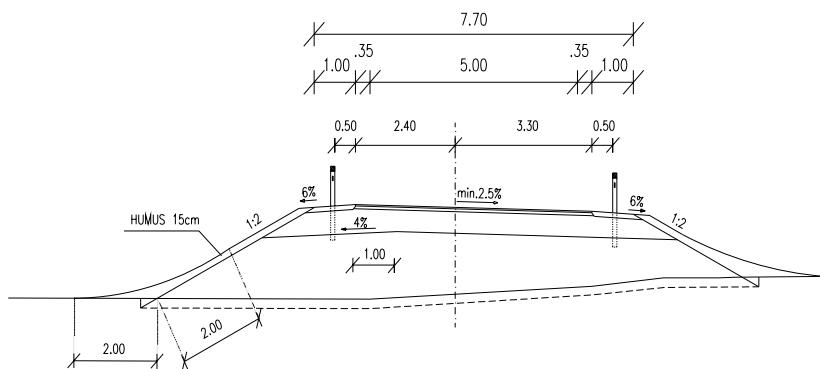
### Crtež 49: Normalni poprečni profil (NPP) - primeri



NPP – DVOTRAČNI PUT U MJEŠOVITOM PROFILU

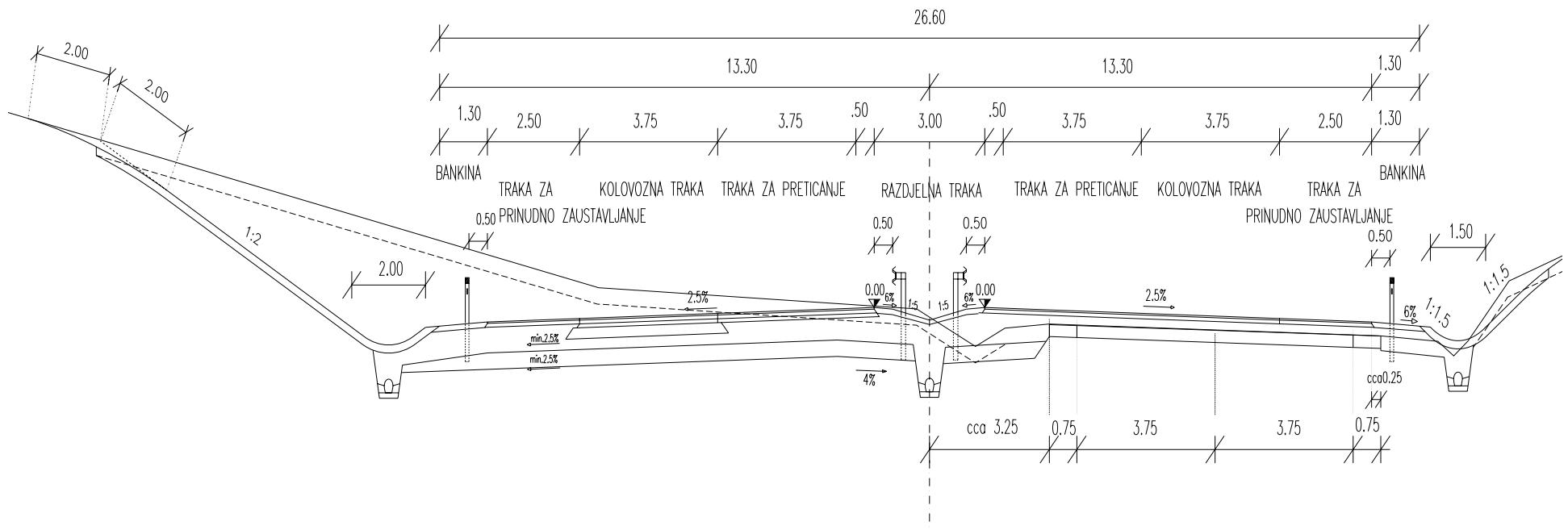


NPP – RAMPA PRIKLJUČKA  
JEDNOSMJERNA



## NPP – AUTOPUT

## U USJEKU



### 3.4.5 Karakteristički poprečni profil

Karakteristički poprečni profil (KPP) je grafički prikaz NPP na pojedinim stacionažama ili deonicama puta, na kojima se mjenaju:

- struktura i oblik trupa puta (most, viadukt, tunel, potporni zidovi),
- saobraćajni zahtjevi (proširenja kolovoznih traka, dodatne trake na usponima ili u priključcima te raskršćima, dodatne trake za parkiranje, oduzimanje traka, zaustavne niše),
- visinski odnosi po smjeru razdvojenih kolovoza (specijalna izvođenja vitoperenja, zamjena položaja osovine puta i slično),
- poredak saobraćajnih elemenata kolovoza zbog uključenja lokalno primjenjenih mjera za vođenje saobraćaja i/ili veću bezbednost saobraćaja (razdjelni otoci različitog namjena),
- sadržaj i poredak površina duž kolovoza (biciklistička traka, biciklistička staza, trotoar i slično),
- elementi uzdužnog odvodnjavanja te mjere zaštite okoline duž puta (rigoli, duboke uzdužne drenaže, kanalizacija, ograde protiv buke, ograde protiv prejakog vетра i slično),
- sastav i/ili debljina kolovozne konstrukcije,
- sadržaj i lokacija pojedinih instalacija i vodova u trupu puta (komunalna infrastruktura)

ili se na i uz put umještaju pojedine vrste funkcionalnih površina kao

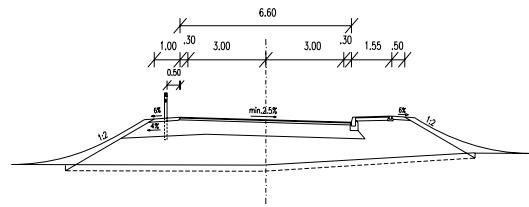
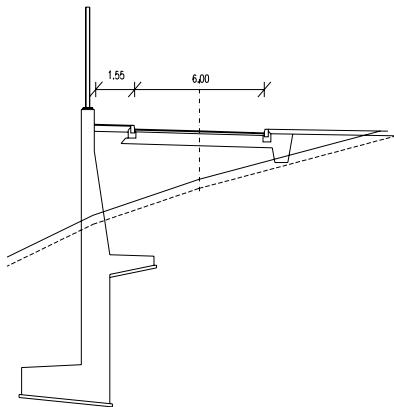
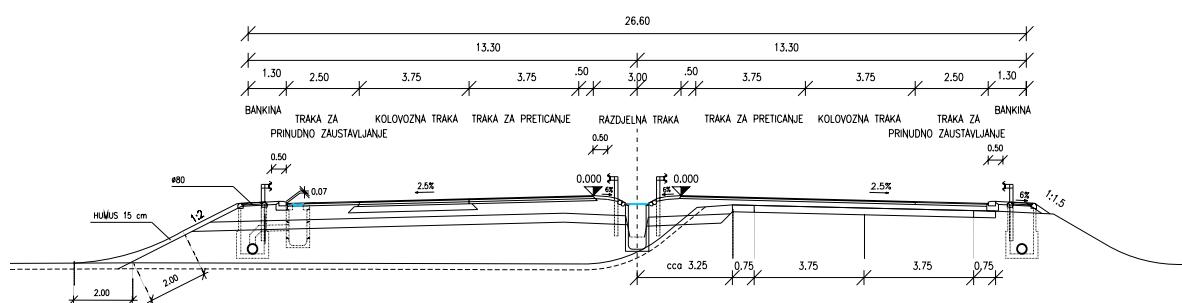
- stanice za naplatu putarine ili carine,
- stajalište autobusa,
- servisne površine uz kolovoz (odmarališta, benzinske stanice, površine za kontrolu saobraćaja, površina za objekte za održavanje puta ako je u kontaktu sa kolovozom, deponije sa različitim namjenom i slično),
- površine za namještanje različitih uređaja uz kolovoz (pozivna mjesta SOS, površine za namještanje različitih potpornih konstrukcija, i slično).

Primjena KPP:

- u idejnom i glavnom projektu puta kao obavezan prilog u projektu i
- u ekspertnim studijama (uvodenje inteligentnih saobraćajnih sistema na putu, studija zaštite okoline i slično).

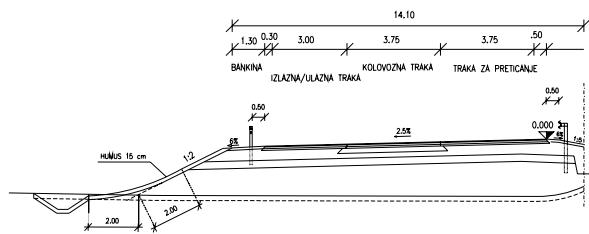
## Crtež 50: Karakteristički poprečni profil (KPP) - primeri

KPP – DVOTRAČNI PUT SA TROTOAREM

KPP – DVOTRAČNI PUT  
SA OGRADOM PROTIV BUKE IN POTPORNIIM ZIDOMKPP – AUTOPUT  
ZAŠTITA OKOLINE (KONTROLIRANO ODVODNJAVAњE)

KPP – AUTOPUT

DODATNA TRAKA



### 3.4.6 Detaljni poprečni profil (DPP)

Detaljni poprečni profil (DPP) je grafički prikaz presjeka puta na pojedinim stacionažama, da bi se na tim stacionažama:

- definiralo visinski položaj puta u prirodnoj sredini (kota terena, kota nivelete, kote ivica kolovoza, visina ivičnjaka, kosine i njihov nagib, odstojanja pojedinih elemenata namještenih uz put),
- pokazalo poprečne nagibe kolovoza i ostalih uzdužnih površina,
- planimetriralo obim pojedinih vrsta zemljanih radova za potrebe masnog profila te rasporeda masa po trasi puta ili van nje (otkop humusa, površine useka, nasipa, humuziranje kosina),
- pokazalo vrste i položaj instalacija i vodova u trupu puta,
- definiralo elemente za poprečno odvodnjavanja (propusti), ako se nalaze na toj stacionaži i
- unelo vrstu i položaj različitih uređenja (temelji stubova i slično) ako se nalaze na toj stacionaži.

Detajlni poprečni profili se izvođe prema prethodno u projektu definiranim NPP i KPP na unapred utvrđenim rastojanjima duž trase. Ovi profili omogućavaju:

- proračun količina za predmer radova i utvrđivanje građevinskih troškova u projektu,
- izvođenje građevinskih radova i
- kontrolu izvršenih radova.

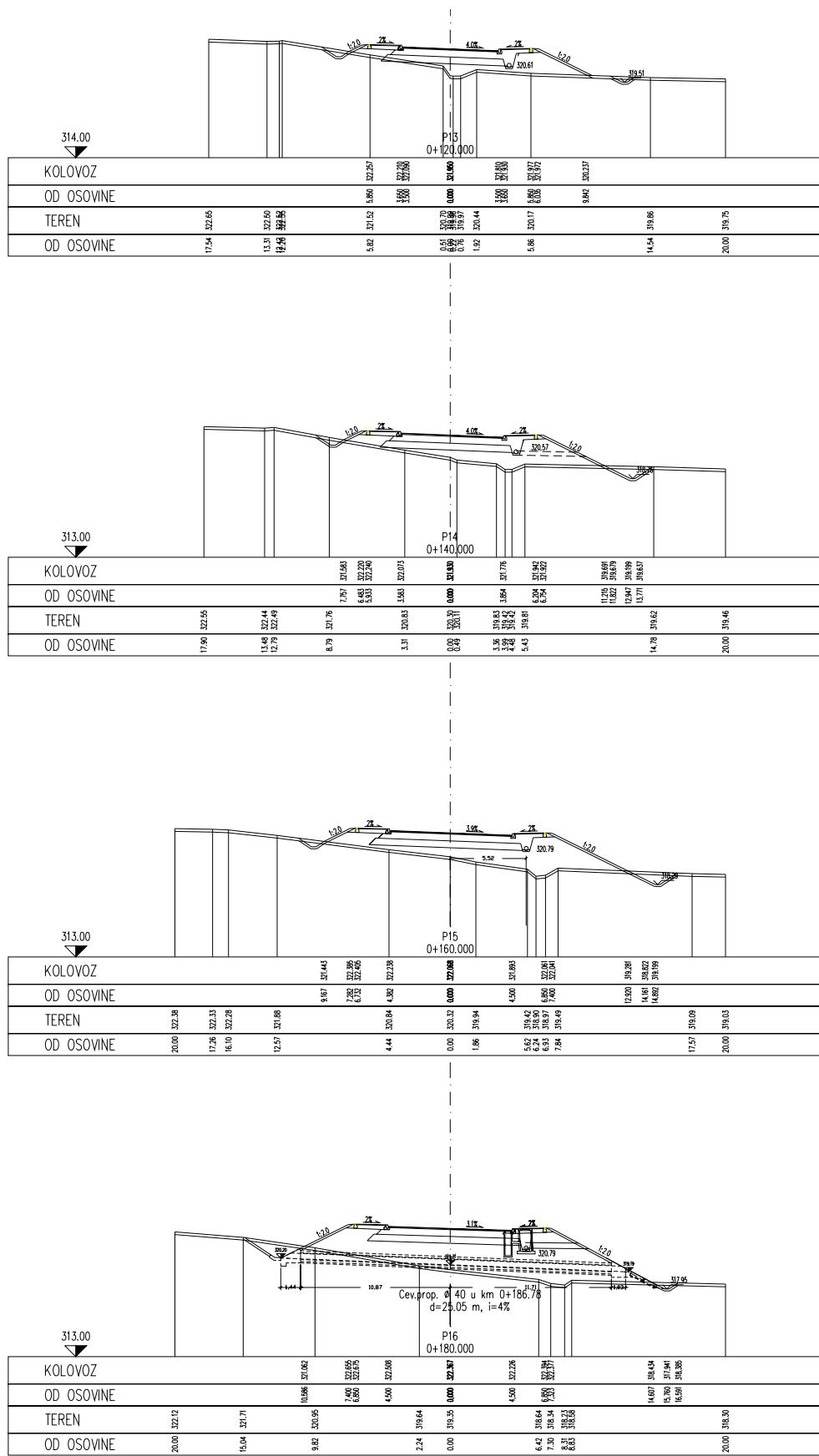
Razmaci između zaporednih detaljnih poprečnih profila zavise od vrste projektne dokumentacije i od zakrivljenosti osovine puta.

Detajlni poprečni profili označavaju se ili zaporednim brojem ili šifrom P-x (x\_zaporedni broj) ili stacionažom ili kombinacijom tih mogućnosti, da bi se moglo u projektu i kod građenja puta pratiti njihov raspored.

Primjena DPP:

- u generalnim studijama na pojedinim stacionažama za prikazivanje odnosa puta do elemenata u prostoru (konfliktna mjesta), kao poželjni prilog u studiji,
- u idejnem projektu na konstantnim razmacima (20, 25 ili 50m) ili na stacionažama ukrštanja linije terena sa linijom nivelete (karakteristička mjesta terena na uzdužnom profilu puta), kao obavezni prilog u projektu,
- u glavnom projektu puta na konstantnim razmacima (5, 10, 20 ili 25m) ili na proizvoljnim stacionažama sa razmakom 25m ili manje, kao obavezni prilog u projektu i
- na gradilištu za označavanje položaja pojedinog u projektu ucrtanom DPP i za postavljanje građevinskih profila (označavanje lokacije i padina kosina).

## **Crtež 51: Detajlni poprečni profil (DPP)**





## 4 PROJEKTNI ELEMENTI PUTA

### 4.1 OSNOVE ZA IZBOR I USKLAĐENOST ELEMENATA PUTEVA

Vrste i dimenzije geometrijskih i tehničkih elemenata puta, koji se primjenjuju u planerskim i projektnim rešenjima puteva, zavise od

- vrste puta (kategorija),
- društveno opredeljenih dopuštenih brzina vožnje,
- društveno opredeljenih prosječnih vrednosti brzina vožnje na pojedinoj vrsti puta,
- prostora kroz koji put poteče (unutar/izvan naselja, osjetljivost postojećih elemenata u prostoru i od njih zavisnih ograničenja),
- psihofizičkih karakteristika tipičnih vozača na pojedinoj vrsti puta,
- karakteristika površine kolovoza,
- karakteristika oticanja površinske vode sa kolovoza,
- saobraćajnog opterećenja na pojedinom putu,
- racionalnosti i ekonomičnosti investicija,
- mogućnosti usklađivanja elemenata puta međusobno (prostorna linija),
- mogućnosti usklađivanja elemenata puta sa uređenjima uz trasu (raskrsnice, prilazi, ostala infrastruktura i slično) i
- međusobnih uticaja primjene pojedinih elemenata,

da bi se postiglo što bolje rezultate u vidu

- funkcionalnosti puta,
- ispunjavanja voznodinamičkih efekata na putu,
- ugodnog osjećaja vozača,
- saobraćajne bezbednosti,
- uklapanju puta u prirodni okoliš,
- estetskog oblikovanja putnog pojasa,
- što manjih troškova građenja i održavanja puta i
- što manjih eksploatacionih troškova.

U ovoj smjernici date su granične vrijednosti pojedinih elemenata, teorijska izvođenja i praktički proračuni sa tabelama i diagramima za primjenu elemenata izvan graničnih vrijednosti te uslovi za izvođenje usklađene kompozije tih elemenata.

Smjernica je podeljena u sledeće glavne djelove:

- preglednost,
- geometrijski elementi osovine puta u horizontalnoj (osovina puta) i vertikalnoj (niveleta) ravni i
- elementi, kompozicija elemenata i saobraćajna uspješnost puta u poprečnom profilu.

## 4.2 PREGLEDNOST

Bezbjednost saobraćaja i kvalitet saobraćajnog toka zahtijevaju preglednost na putu, kako bi se omogućilo pravovremeno smanjenje brzine, zaustavljanje vozila ili preticanje.

Dužine zaustavne preglednosti predstavljaju osnovu za izračunavanje:

- širine polja preglednosti duž trase puta (pregledna berma),
- preglednog trougla na raskrsnicama (vidjeti: raskrsnice u nivou),
- minimalanog radijusa vertikalne krivine,
- dužine za preticanje, i
- preglednosti na lijevoj saobraćajnoj traci ( putevi sa fizički razdvojenim jednosmjernim kolovozima).

Za navedene proračune polaznu tačku predstavlja predviđena brzina  $V_{pred}$ .

U cilju osiguranja višeg nivoa bezbjednosti saobraćaja, preporučuje se da se na dvosmjernim putevima sa dvije saobraćajne trake iz grupe A i B (izvan naselja) za izračunavanje veličine minimalnog radijusa vertikalne krivine i udaljenosti za preticanje, u obzir uzme brzina  $V_{proj}$  ili  $V_i = (V_{pred} + 20 \text{ km/h}) \leq V_{dozv.}$

U izuzetno zahtjevnim prostornim uslovima zaustavna dužina može biti smanjena:

- upotrebom kvalitetnijeg kamenog agregata (silikatni agregat), ili
- češćim obnavljanjem habajućeg sloja (obavezno je češće mjerjenje koeficijenta trenja), ili
- smanjenjem brzine vožnje (ograničenje brzine).

### 4.2.1 Razdaljina za smanjenje brzine kretanja, i preglednost

Razdaljina za smanjenje brzine kretanja (raskrsnica, priključak) se izračunava prema sljedećem obrascu:

$$L_z = (V_p^2 - V_k^2) / 26(a_z + 0.1 \cdot s_i)$$

gdje  $V_p$  predstavlja početnu brzinu a  $V_k$  konačnu. Vrijednost usporavanja  $a_z [\text{ms}^{-2}]$  pri tom ne smije preći dozvoljene vrijednosti koeficijenta trenja iz tabele 9.

### 4.2.2 Zaustavna dužina i preglednost

#### 4.2.2.1 Zaustavna dužina

Zaustavna dužina  $L_z$  je najkraća dužina na kojoj vozač, na mokrom i čistom kolovozu, može da zaustavi vozilo u uslovima dozvoljene vrijednosti koeficijenta trenja ( $= f_T 90\%$ ).

Vrijednosti u tabeli 9 su određene za habajuće slojeve izrađene od karbonatne kamene smjese (agregata).

Za različite vrste materijala habajuće sloja zaustavnu dužinu treba odrediti na osnovu stručno utvrđenih vrijednosti koeficijenta trenja.

#### 4.2.2.2 Skraćena zaustavna dužina

Upotrebom smjese zrna silikatnog kamenja za izradu habajućeg sloja moguće je postići veće vrijednosti koeficijenta trenja ( $f_T 50\%$  u tabeli 9), te se na taj način skraćuje zaustavna dužina.

Ukoliko se skraćena zaustavna dužina primjenjuje na kolovozu sa habajućim slojem izrađenim od smjese zrna karbonatnog kamenja, u projektu je potrebno odrediti raspored prethodnih kontrolnih mjerjenja koeficijenta trenja na datom putu.

#### 4.2.2.3 Zaustavna preglednost

Zaustavna preglednost  $P_z$  je minimalna dužina na kojoj vozač opaža prepreku da bi do nje potpuno zaustavio vozilo u uslovima dozvoljene vrijednosti koeficijenta trenja:

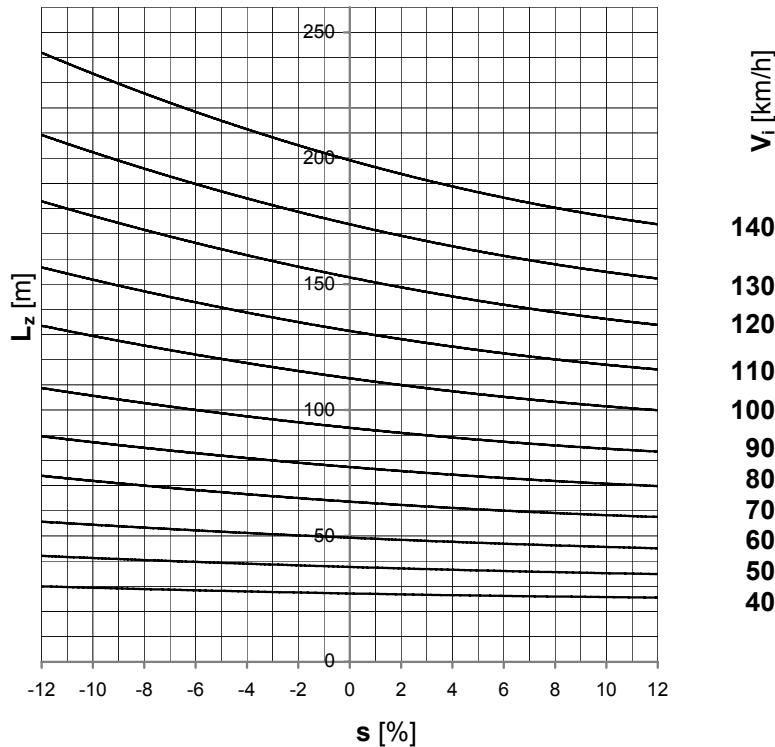
$$P_z = L_z + 7m$$

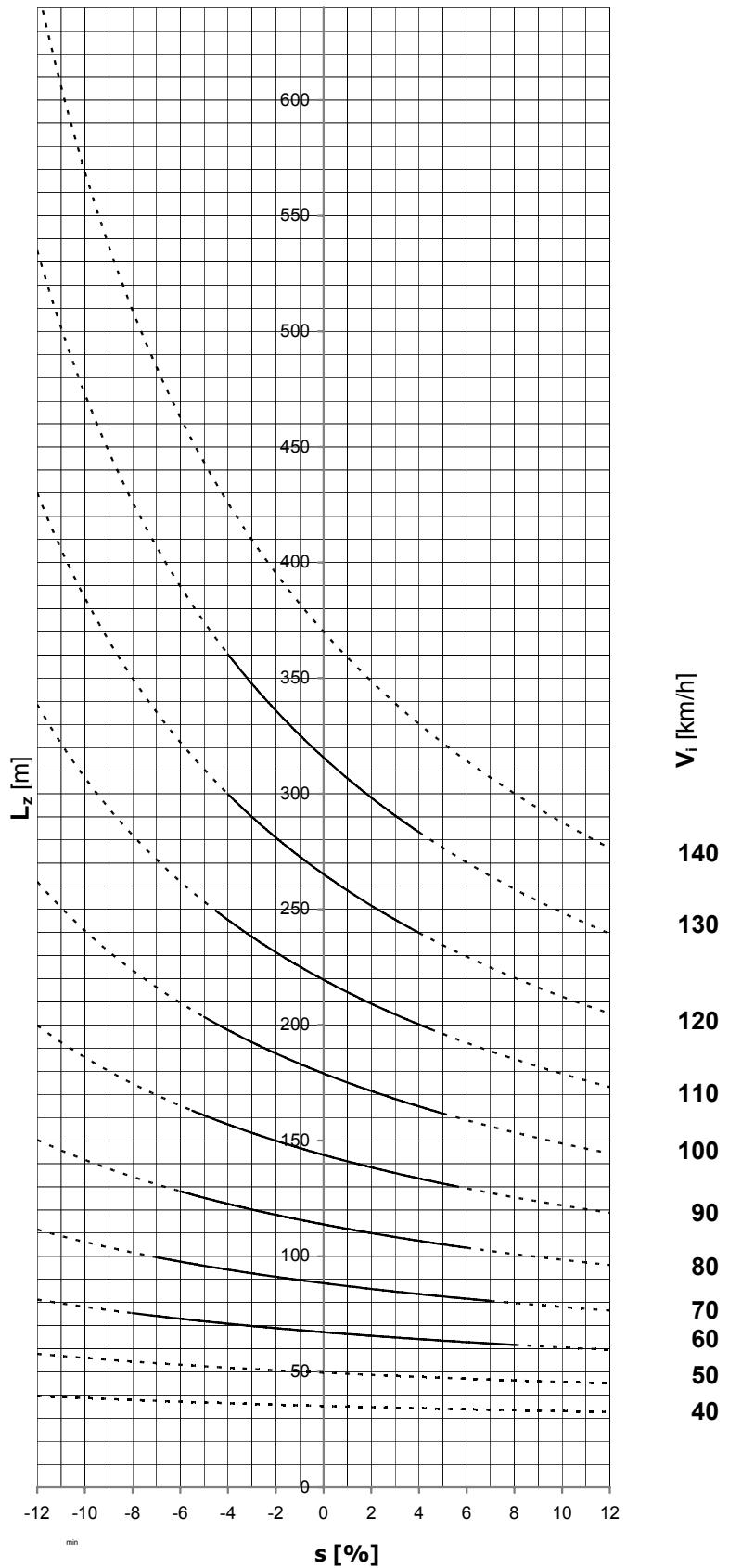
Bezbjednosni razmak od 7 m je, izuzev kada je riječ o putevima iz tehničke grupe A, moguće izostaviti.

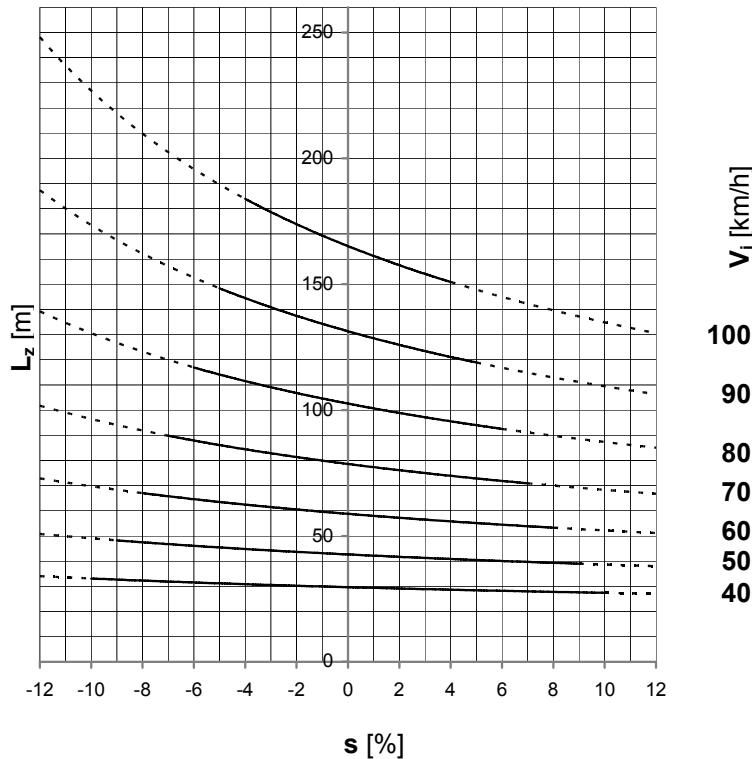
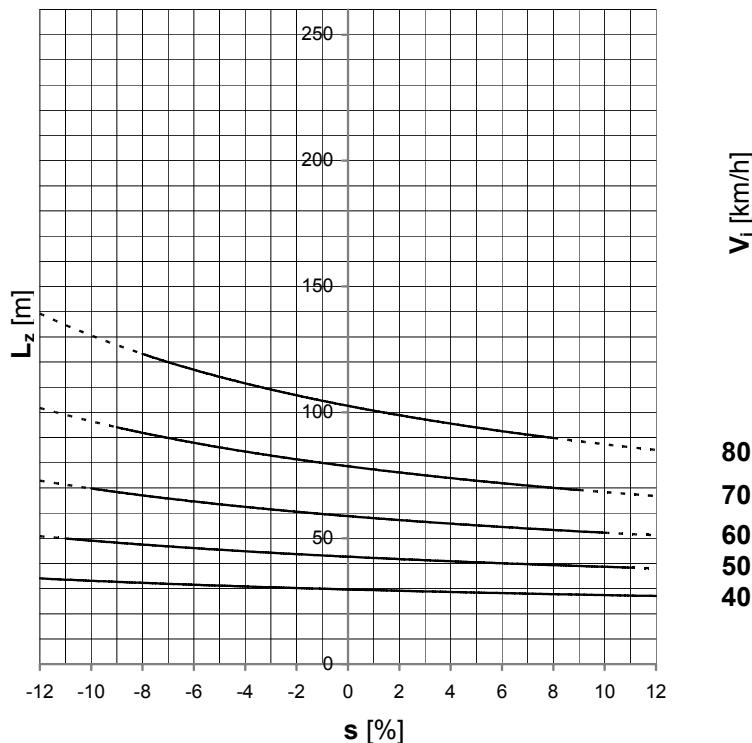
Dužine zaustavne preglednosti  $L_z$  su predstavljene na sljedeći način:

- na crtežu 52 za skraćenu zaustavnu dužinu,
- na crtežu 53 za tehničku grupu A,
- na crtežu 54 za tehničku grupu B, i
- na crtežu 55 za tehničku grupu C.

**Crtež 52: Skraćena zaustavna preglednost ( $f_{T50\%}$ )**



**Crtanje 53: Zaustavna preglednost – za tehničku grupu puteva A**

**Crtež 54: Zaustavna preglednost – za tehničku grupu puteva B****Crtež 55: Zaustavna preglednost – za tehničku grupu puteva C**

Preglednost je potrebno obezbijediti posebno za svaki saobraćajni pravac. Sa stanovišta projekta, preglednost je potrebno omogućiti u osnovi (horizontalna preglednost) i nagibu

(vertikalna preglednost).

### 4.2.3 Horizontalna preglednost

#### 4.2.3.1 Pregledna berma

Shema i parametri pregledne berme su dati na crtežu 56. Vozač se nalazi na sredini unutrašnje saobraćajne trake.

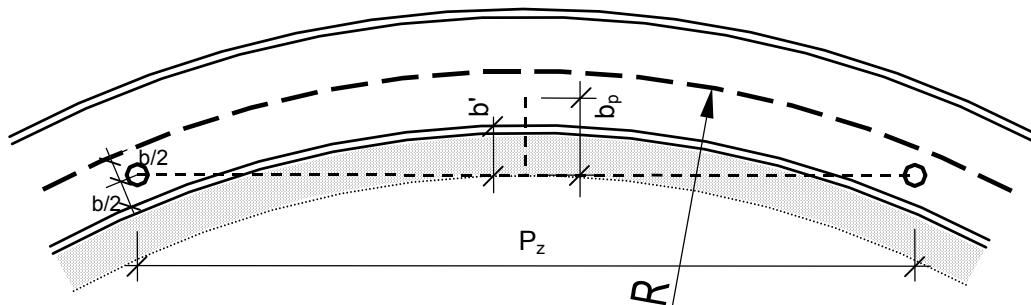
$$b_p = \frac{P_z^2}{8 \cdot R} \text{ i } b' = b_p - \frac{b}{2}$$

gdje je:

- $b'$  [m] širina pregledne berme
- $b_p$  [m] širina polja preglednosti
- $P_z$  [m] zaustavna preglednost
- $R$  [m] radijus horizontalne krivine

Prelaz na širinu polja preglednosti se izvodi srazmjerno cijelom dužinom prelazne krivine.

**Crtež 56: Shema polja horizontalne preglednosti**



Na putevima koji se sastoje od dva razdvojena jednosmjerna kolovoza, preglednost je potrebno obezbijediti i na krajnjoj lijevoj saobraćajnoj traci. Navedenu preglednost je potrebno projektom provjeriti u sljedećim slučajevima:

- ukoliko su čelične zaštitne ograde predviđene na datoj dionici puta, koja se u isto vrijeme nalazi u horizontalnoj i vertikalnoj krivini,
- kroz tunele, i
- na vijaduktima.

Shema preglednosti je prikazana na crtežu 56, dok se veličina radijusa horizontalnog kružnog luka određuje na osnovu nomograma na crtežu 58.

### 4.2.4 Vertikalna preglednost

Vertikalna preglednost na putu se određuje na osnovu visine položaja očiju vozača (1.00 m), i n a osnovu visine prepreke na putu na zaustavnoj preglednoj duljini. Visina prepreke na putu je u načelu jednak nuli. Međutim, pošto se sa većim brzinama javljaju i neekonomična rješenja, toleriše se dio prepreke koji nije vidljiv. Minimalne visine vidljivog dijela prepreka na putevima su prikazane u tabeli 29.

Minimalna veličina radijusa konveksne vertikalne krivine:

$$P_z = \sqrt{(r_{\min\text{konv}} + h_1)^2 - r_{\min\text{konv}}^2} + \sqrt{(r_{\min\text{konv}} + h_2)^2 - r_{\min\text{konv}}^2}$$

gdje je:

- $P_z$  [m] zaustavna duljina

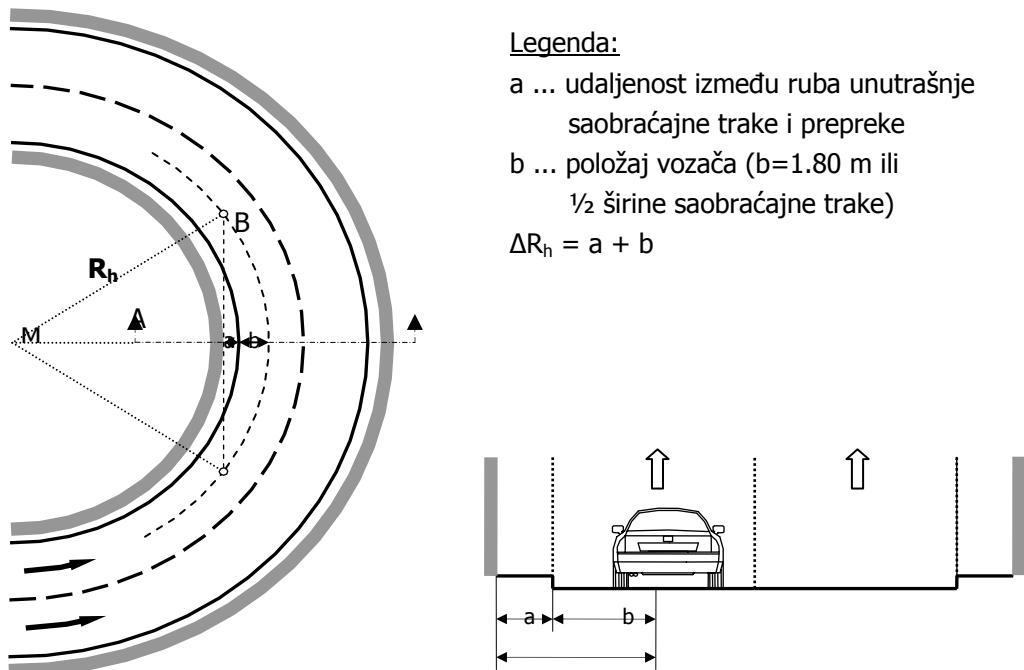
- $r_{\text{minkonv}}$  [m] minimalan promjer konveksne krivine  
 $h_1$  [m] visina položaja očiju vozača iznad kolovoza -  $h_1 = 1.0$  m  
 $h_2$  [m] visina prepreke na putu (tabela 29)

**Tabela 29: Minimalne visine vidljivog dijela prepreka na putevima**

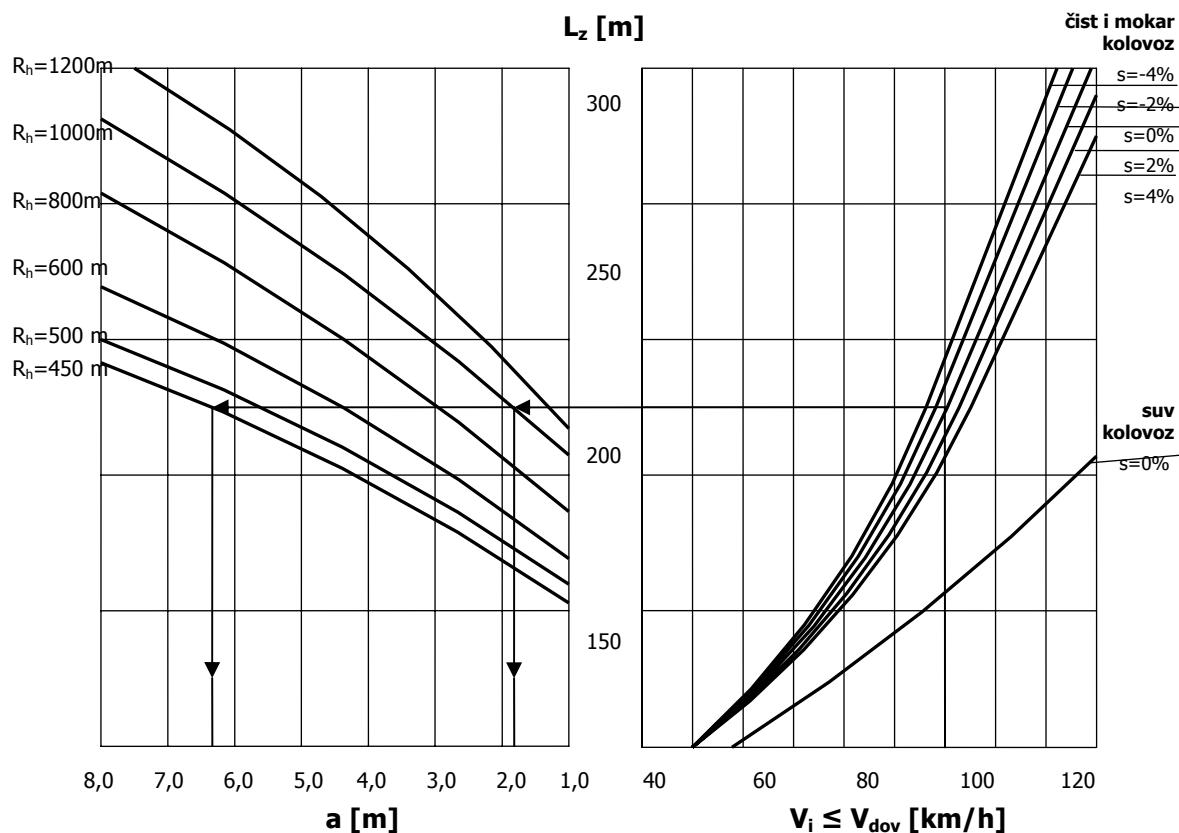
$v_i$ [km/h]	40	50	50	60	70	80	90	100	100	110	120	130	140
$h_2$ [m]	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15

Napomena: Različite vrijednosti brzina 50 ili 100 km/h se uzimaju u obzir za tehničke grupe puteva različite složenosti.

Za veličinu minimalnog radijusa konveksne krivine  $r_{\text{minkonv}}$  vidjeti poglavlje: Vertikalne krivine.

**Crtež 57: Preglednost na krajnjoj lijevoj saobraćajnoj traci**

**Crtež 58: Veličina radijusa  $R_h$  u zavisnosti od udaljenosti između prepreke i ruba krajnje saobraćajne trake, te uzdužni nagib nivelete (izvor: RAS-L, 1995)**



#### 4.2.5 Preglednost pri preticanju

##### 4.2.5.1 Horizontalna preglednost pri preticanju

Obezbeđenjem preglednosti pri preticanju utiče se na kvalitet toka saobraćaja, propusnost puta i bezbjednost odvijanja saobraćaja.

Preglednost pri preticanju ( $P_p$ ) je rastojanje koje vozilo pređe za vrijeme opažanja situacije (reakcijski čas), povećanja brzine, preticanja i vraćanja na svoju saobraćajnu traku.

Minimalne daljine preglednosti pri preticanju su izračunate za uslove ubrzavanja vozila koje pretiče od  $1,5 \text{ ms}^{-2}$  pri najvećoj dozvoljenoj brzini vožnje vozila koje pretiče i vozila iz suprotnog smjera.

Minimalne daljine preglednosti pri preticanju su navedene u tabeli 30.

**Tabela 30: Minimalne daljine preglednosti pri preticanju**

$V_i$	40	50	60	70	80	90	100	
<b>min</b>	<b><math>P_p</math></b>	-	330	380	450	520	600	680

##### 4.2.5.2 Vertikalna preglednost pri preticanju

Na dvosmjernim kolovozima preticanje nije dozvoljeno na području vertikalnih konveksnih krivina (saobraćajni znak + puna razdjelna linija), čiji je radius manji od potrebnog.

Prilikom određivanja radiusa vertikalne konveksne krivine na kojoj je dozvoljeno preticanje, potrebno je, prilikom izračunavanja radiusa, uzeti u obzir sumu zaustavnih dužina za vozila koja se kreću u suprotnim smjerovima, pri brzini  $V_{proj} \leq V_{doz}$ , i sa visinom prepreke  $h_2 = 1.0$  m.

Za praktične postupke prilikom određivanja područja na kojima preticanje nije dozvoljeno, dovoljno je tačno da se uvede zabrana preticanja na svim vertikalnim konveksnim krivinama sljedećeg radiusa:

$$r < 1,75 \cdot r_{min\ konv}$$

#### 4.2.5.3 Obezbeđenje preglednosti pri preticanju

Na dvosmjernim putevima sa jednim kolovozom iz tehničke grupe A, potrebno je obezbijediti preglednost pri preticanju na dužini kojom se postiže predviđena dovoljna propusnost puta pri određenoj brzini putovanja. Pri tom treba kao dužinu puta smatrati čitavu dionicu između susjednih centara, kojim se određuje kategorija puta.

Ukoliko saobraćajnim dimenzionisanjem nije određena potrebna dužina dionica za obezbjeđenje preglednosti pri preticanju, sljedeće se mora smatrati najmanjom dužinom dionice dovoljnom za obezbjeđenje preglednosti pri preticanju na dvosmjernim putevima (između dva centra):

- > 25% dužine puta za puteve koji spadaju u tehničku grupu A, i
- > 15% dužine puta za puteve koji spadaju u tehničke grupe B, i C.

U posebno složenim uslovima reljefa, ili u slučaju drugih prostornih ograničenja, moguće je izostaviti gore navedene najmanje dužine dionica na kojima je preticanje izvodljivo. Takav pristup mora biti određen projektnim zadatkom, i to za svaki put posebno.

Na dužim usponima, gdje je za teška vozila izgrađena dodatna traka (saobraćajna traka za sporu vožnju), preticanje nije dozvoljeno pri kretanju nizbrdo, s obzirom da je veoma opasno.

### 4.2.6 Preglednost u području raskrsnice

#### 4.2.6.1 Preglednost prilikom ulaska u raskrsnicu

Preglednost prilikom ulaska u raskrsnicu je dužina koja omogućava vozaču na putu sa pravom prvenstva da zaustavi vozilo prije raskrsnice, ukoliko se vozilo iz bočnog smjera uključuje na u njegovu saobraćajnu traku ili ukoliko prelazi raskrsnicu. Dužina preglednosti jednak je zaustavnoj daljini.

Preglednost prilikom ulaska u raskrsnicu je detaljno obrađena u poglavljju Raskrsnice i priključne tačke u nivou.

#### 4.2.6.2 Preglednost pri približavanja raskrsnici

Preglednost pri približavanju raskrsnici je udaljenost pri kojoj vozilo, koje se kreće putem koji nema prvenstvo, bez smanjenja brzine ulazi u područje raskrsnice ili se pravovremeno zaustavlja u slučaju da se vozila već nalaze na raskrsnici.

Preglednost je detaljno obrađena u poglavljju Raskrsnice i priključne tačke u nivou.

## 4.3 OSOVINA PUTA U PROSTORU

### 4.3.1 Uvod

Linija osovine puta je 3D-krivina, koja je, u praktičnom dijelu, prikazana u planu (situacionom planu), dok je u nagibu prikazana kao uzdužni profil duž osovine u svojoj liniji, ili, u posebnim slučajevima, u uporednoj liniji u poprečnom profilu puta. Odgovarajući 3D-tok linije osovine puta se postiže uzimajući u obzir usklađenost geometrijskih elemenata u obe projekcije.

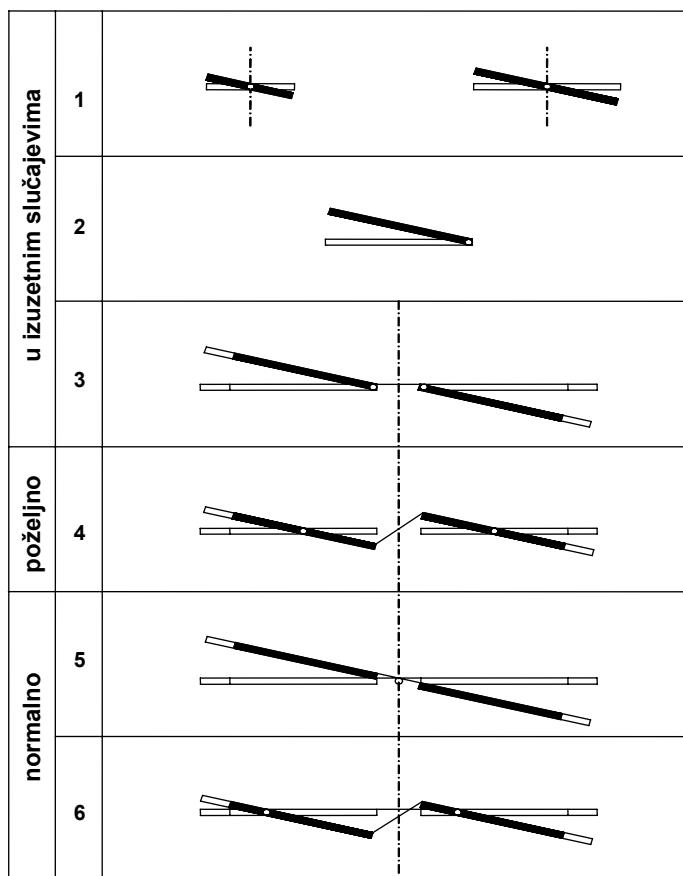
Linija osovine puta je krivina koja je sastavljena od geometrijskih elemenata, koji zajedno sa tehničkim elementima kolovoza (naročito elementima poprečnog nagiba) obezbjeđuju vozno-dinamičke uslove za bezbjedan i estetski izgled puta.

Prilikom lociranja trase izuzetno značajnih puteva, preporučujemo da se dodatno provjeri prikladnost pružanja (3D) osovine puta u prostoru. To je moguće izvesti kompjuterskom vizuelizacijom, čija je osnovna namjena obezbjeđenje estetskog izgleda predviđenog puta.

### 4.3.2 Normalan položaj osovine puta u poprečnom profilu

Prema pravilu, linija osovine puta je za pojedine smjerove vožnje uvijek locirana sa lijeve strane saobraćajnih traka: ukoliko je riječ o putevima koji se sastoje od jednog kolovoza sa dvije ili više saobraćajnih traka, osovinu puta treba da bude locirana na granici između dva saobraćajna smjera (po pravilu, u središtu kolovoza), dok ukoliko je riječ o putevima koji se sastoje od dva razdvojena kolovoza, jedan za svaki smjer, osovinu puta treba da bude locirana u sredinu razdjelnog pojasa.

**Crtež 59: Položaj osovine puta: normalan, poželjan i u izuzetnim slučajevima**



Pravilo o vođenju osovine puta duž lijevog ruba takođe se primjenjuje u slučajevima gdje su posebne saobraćajne trake koje dopunjavaju kolovoz, vođene drugačije od osnovne linije puta, a naročito na sljedeće:

- ulazne i izlazne saobraćajne trake na raskrsnicama u više nivoa,
- ulazne i izlazne saobraćajne trake na raskrsnicama u nivou, gdje se saobraćajni tok vodi nezavisno od od glavnog saobraćajnog toka,
- ukoliko su saobraćajne trake premještene zbog uređenja dodatne trake za skretanje lijevo na raskrsnicama, te ukoliko navedeno premještanje saobraćajnih traka nije izvedeno u skladu sa posebnim načinom (vidjeti poglavlje "Raskrsnice i priključci u nivou"), i
- ukoliko je izmjenjeno razdjelno ostrvo na putevima sa dva kolovoza.

Ukoliko je razdjelno ostrvo, koje je locirano između dva kolovoza koji se protežu u suprotnim smjerovima, prošireno zbog potreba izgradnje (npr. tunel, odvojeno vođenje svakog pojedinačnog smjera), liniju osovine puta je potrebno voditi posebno za svaki smjer, uzimajući u obzir pravila koja se primjenjuju za puteve sa jednosmjernim kolovozom.

Linija osovine puta može takođe biti situirana na bilo kojoj drugoj uzdužnoj liniji u poprečnom profilu puta, ili na određenom jednosmjernom kolovozu, ukoliko za to postoje opravdani razlozi (crtež 59). Takav položaj linije osovine puta je prihvativ bez posebnih objašnjenja, ukoliko se vrši projektovanje rekonstrukcije puta sa jednosmjernim kolovozom pod saobraćajem. Prema pravilu, u takvim slučajevima liniju osovine puta je potrebno predvidjeti na jednom od rubova kolovoza.

#### **4.3.3 Položaj nivelete u poprečnom profilu**

Prema pravilu, linija osovine puta je u isto vrijeme i linija nivelete. Kod puteva sa dvosmjernim kolovozom i razdjelnim ostrvom, gdje je linija osovine puta locirana u sredinu razdjelnog ostrva, linija nivelete se uglavnom proteže, uporedno sa linijom osovine puta, duž lijevog ruba svakog od dva jednosmjerna kolovoza.

Liniju nivelete možemo odrediti u bilo kojem drugom položaju u poprečnom profilu puta, u sklopu ili izvan kolovoza, ukoliko za to postoje opravdani razlozi (veoma blagi nagibi nivelete, vitoperenje, itd.).

Položaj nivelete u poprečnom profilu prikazan je na crtežu 59.

Skok nivelete u poprečnom profilu treba obavezno izvesti na horizontalnim elementima konstantne krivine (tj. na luku ili na pravoj).

Na putevima koji se sastoje od dva razdvojena kolovoza, gdje se najmanje dvije saobraćajne trake protežu u svakom smjeru, niveletu treba odrediti na desnom ili na lijevom rubu saobraćajne trake (ali ne na rubu trake za pr nudno zaustavljanje). Položaj je potrebno odabrati s obzirom na izvodljivost razdjelnog ostrva (tj. širina i uređenje). Vođenjem nivelete duž lijevog ruba unutrašnje saobraćajne trake postiže se jedinstveno uređenje razdjelnog ostrva, koje je povoljno za izvođenje odvodnje u okviru razdjelnog ostrva (uzdužni jarak i ulivni šahtovi). Pored toga, potrebno je postaviti čelične obojne ograde međusobno povezane dijagonalnim spregovima (na razdjelnom ostrvu je plitak a ne dubok jarak). Postiže se vođenje nivelete duž desnog ruba unutrašnje saobraćajne trake, povoljni efekti zaštite od zasljepljivanja koje prouzrokuju vozila koja se kreću u suprotnom smjeru, manja dužina vitoperenja i bolje prilagođavanje terenu, ukoliko se put proteže preko kosine. Ostali efekti su manje povoljni. Položaj nivelete mora biti određen projektom.

Položaj nivelete u poprečnom profilu je nadmoćniji od dimenzija elemenata koji omogućavaju izvođenje promjena poprečnog nagiba (dužina vitoperenja).

S obzirom na niveletu, dvosmjerne puteve koji se sastoje od razdvojenih kolovoza možemo voditi na različitim visinskim tokovima, ukoliko to zahtijevaju prostorni uslovi ili

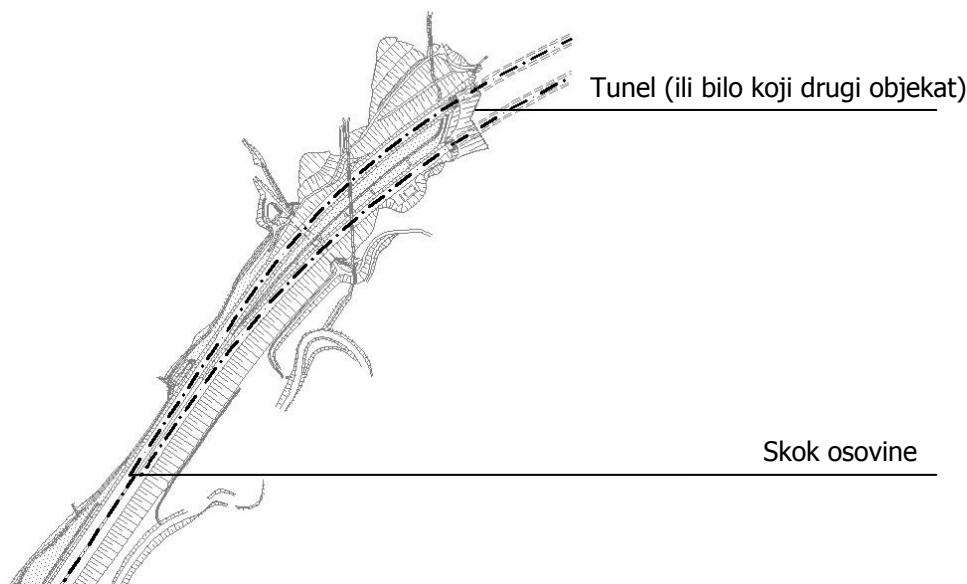
ekonomija izgradnje. U takvom slučaju, elementi nivelete se razlikuju za svaki jednosmjerni kolovoz, s tim da ipak obe nivelete treba da budu usklađene. Prema pravilu, položaj nivelete se pomjera na sredinu svakog jednosmjernog kolovoza.

#### 4.3.4 Skok osovine puta i nivelete

Ukoliko postoje tehnički, prostorni ili konstruktivni razlozi, uslijed kojih, na određenom dijelu dionice puta, linija osovine put ili linija trase mora biti pomjerena na poprečni profil, navedeno pomjeranje je potrebno izvesti pomoću metode koja se naziva "skok" osovine puta ili nivelete u poprečni profil. Prema pravilu, uvjek postoje dva skoka: naprijed i nazad. Svaki od ova dva skoka treba izvesti u području ujednačene krivine osovine (tj. u području luka ili prave) u cilju obezbeđivanja paralelnosti toka linije (crteži 60 i 61).

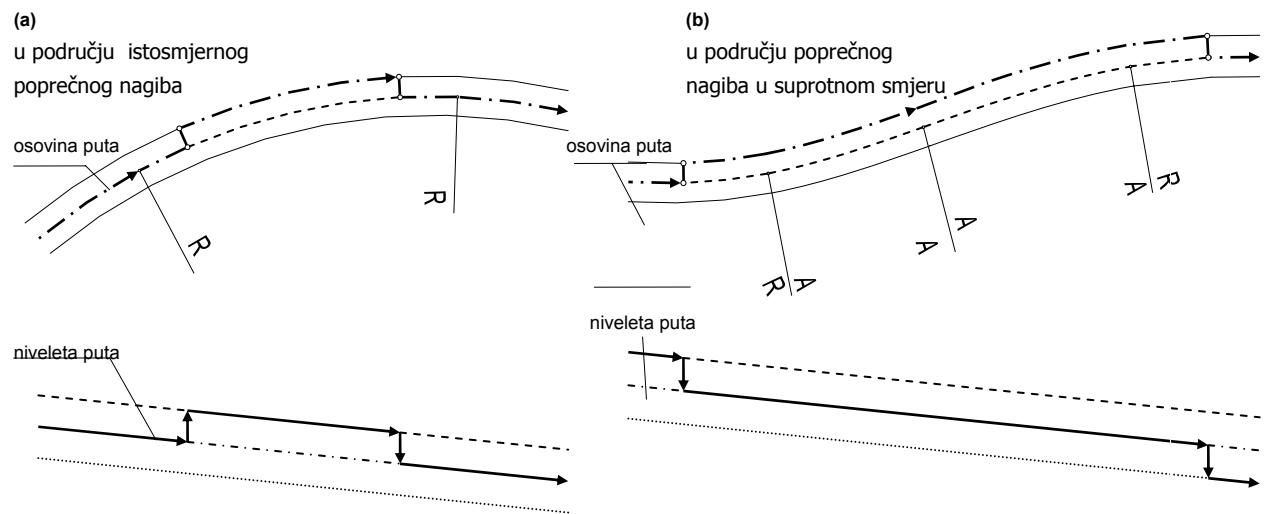
Skok osovine puta izvan područja ujednačene krivine (u području prelazne krivine) je dopušten, s tim da ga je potrebno izvesti tako da se izbjegne nepovezanost krivine osovine puta i toka nivelete na obe razdvojene osovine, ukoliko se niveleta vodi u liniji osovine puta.

**Crtež 60: Skok osovine ispred tunela ili bilo kojeg drugog objekta**

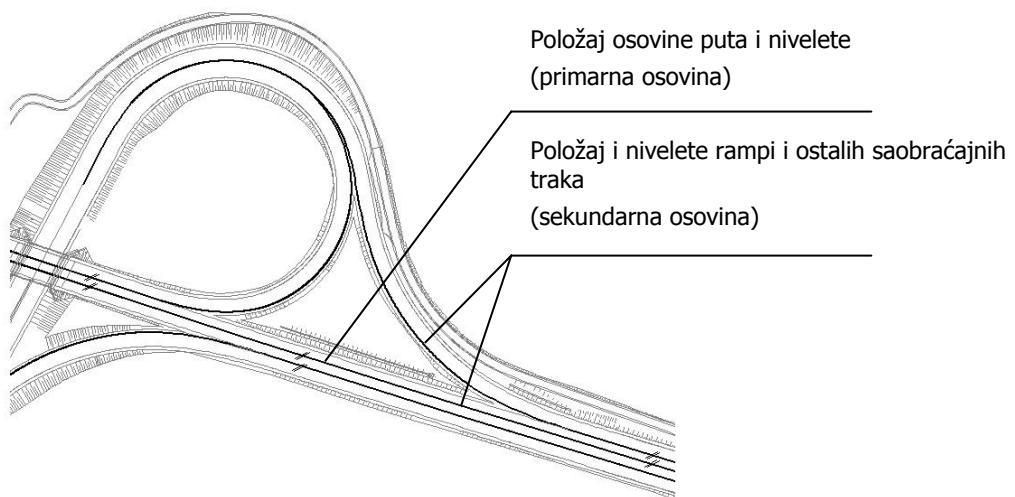


Ukoliko su na predviđenom putu uređene postojeće, ulazne i/ili trake za prestrojavanje, koje su dio sistema raskrsnice u više nivoa ili glavne raskrsnice u nivou (razdvojene saobraćajne trake za pojedine smjerove), linija osovine i niveleta dodatnih traka moraju biti vođene duž lijevog ruba, u cilju postizanja poprečnog nagiba dodatne trake. Početni i/ili završni dio osovine dodatne trake mora biti izведен denivelisanim osovine i nivelete (crtež 62).

### Crtež 61: Denivelacija osovine i nivelete



### Crtež 62: Osovine ulaznih/izlaznih rampi raskrsnice



## 4.4 ELEMENTI SITUACIONOG PLANA

Horizontalni geometrijski elementi osovine puta su sljedeći:

- prava,
- luk, i
- klotoida (prelazna krivina).

Za pojedine tehničke grupe puteva, procjena graničnih vrijednosti se vrši pod različitim uslovima. U slučaju da se, iz različitih razloga, na određenom putu javi potreba za uvođenjem elemenata, koji su složeniji od onih predviđenih za određenu tehničku grupu, navedene elemente treba projektovati kao one koji se primjenjuju za višu tehničku grupu puteva. U tom slučaju potrebno je prilagoditi sve elemente, ne samo horizontalne.

### 4.4.1 Prava

#### 4.4.1.1 Primjena i određivanje dimenzija

Na putevima iz tehničke grupe A, prava se projektuje samo u posebnim topografskim uslovima (putevi u dolinama, putevi koji se protežu duž infrastrukture, itd.), u posebnim prostornim uslovima (u naseljima), ili na dionicama gdje je njena upotreba odgovarajuća uslijed saobraćajno-tehničkih uslova (raskrsnice i priključci, obezbjedenje dionica za preticanje, značajni objekti, itd).

Prava linija je najčešće neprirodan oblik u prostoru.

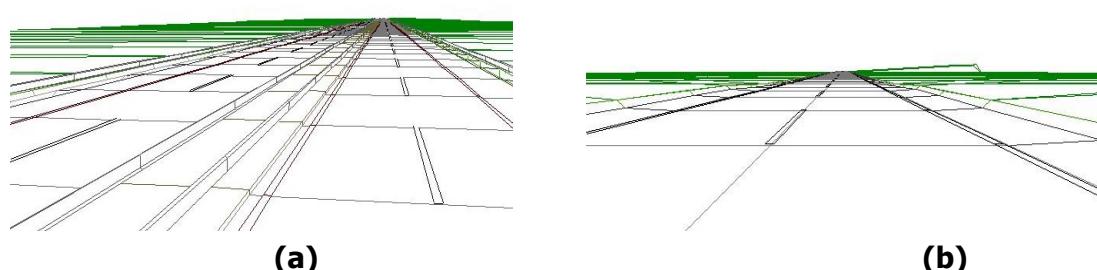
Prilikom projektovanja prave, u obzir je potrebno uzeti njene sljedeće nedostatke:

- Otežana procjena brzine vozila koja se kreću u suprotnom smjeru,
- Zamorna vožnja,
- Zasljepljenje koje prouzrokuju farovi vozila koja se kreću u suprotnom smjeru (noću),
- Nedovoljna pregledna udaljenost iza prethodnog vozila,
- Nestabilan položaj volana u toku vožnje (crtež 63).

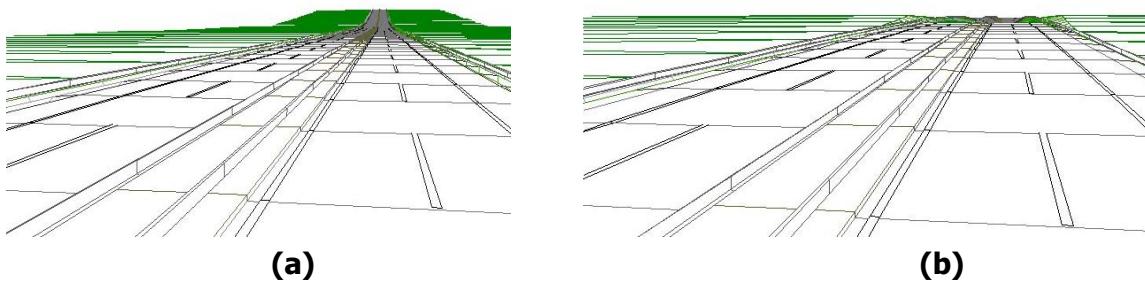
Prilikom uvođenja dugih pravih linija, posebnu pažnju je potrebno obratiti na sljedeće:

- Dimenziije luka priključenog na pravu, i
- Dovoljne dimenzije krivina nivelete (crtež 64).

Upotreba prave linije nije ograničena na puteve iz tehničke grupe B (unutar naselja) C i D.



**Crtež 63: Put sa razdvojenim kolovozima (a), i put sa dvije saobraćajne trake (b) u pravcu na ravnom terenu**



**Crtež 64: Put sa razdvojenim kolovozom nedovoljne konkavnosti (a), i nedovoljne konveksnosti (b) vertikalna krivina**

#### 4.4.1.2 Granične vrijednosti

Zbog mogućeg neprestanog zasljepljivanja i zamorne vožnje, dužina prave ( $L_p$ ) mora biti ograničena na maksimalnu dubinu vidljivosti  $L_p < 20 V_{pred}$  na putevima iz tehničke grupe A. Prilikom odabira dužine prave linije, potrebno je takođe razmotriti usklađenost sa vertikalnim tokom trase.

Prave linije, koje su kraće od četvorostrukе vrijednosti  $V_{pred}$  između dva luka istog smjera, te koje su kraće od dvostrukе vrijednosti  $V_{pred}$  između dva luka suprotnog smjera (koja se naziva "kratka prava linija") treba izbjegavati na putevima iz tehničke grupe A, dok ih je na putevima iz tehničke grupe B potrebno projektovati samo pod određenim uslovima. U tom slučaju, dužina prave linije mora biti dovoljna kako bi se omogućilo najmanje 5 sekundi vožnje na istoj.

Na putevima koji pripadaju drugim tehničkim grupama ne postoje nikakva ograničenja koja se odnose na upotrebu prave linije.

### 4.4.2 Kružni luk

#### 4.4.2.1 Primjena i određivanje dimenzija

Dimenzije luka treba odabrati tako da se omogući brzina vožnje koja je što je moguće više bliža predviđenoj brzini putovanja na određenom putu (obezbjedenje funkcionalnosti i ekonomičnosti). U slučaju veoma strme nivelete, potrebno je odabrati takve dimenzije luka da njegov poprečni nagib, u kombinaciji sa uzdužnim nagibom (koji proizilazi iz nagiba kolovoza  $q_{rez}$ ) ne prelazi dozvoljenu vrijednost od 10% za puteve iz tehničkih grupa A (preporučuje se  $q_{rez}=8\%$ ) i B. Na putevima iz tehničke grupe C takvo ograničenje nije obavezno, već je štaviše preporučljivo.

Dužina luka zavisi od trajanja vožnje na njemu:

- 5 – 7 sekundi u cilju obezbjeđenja ugodne vožnje i estetskog izgleda trase, i
- minimalnih zahtjeva s obzirom na uslove navedene u tabeli 8 (2 ili 1.5 sekunde).

U slučaju velikog radijusa, luki postaju toliko istegnuti da se vizuelno uočavaju kao prave linije. To je naročito uočljivo na relativno kratkim dionicama luka i na krivinama na kojim je promjena smjera neznatna. Gornja granica na kojoj se dio krivine još uvije razlikuje od prave linije je:

$$\lambda = 0,02 = \frac{L_{KL}}{R} = \frac{1}{50}, \text{ ŠTO ODGOVARA UGLU } \alpha = 1^\circ.$$

Iskustvo pokazuje da krivina zavisi od omjera radijusa krivine i dužine krivine. Kod većih krivina ( $R > 5,000$ ) krivina primjenjuje se omjer  $R:L_{KL} = 20:1$  ( $\alpha = 3^\circ$ ), kako bi bilo moguće uočiti krivinu. Dužina manjih krivina treba da bude takva da omogućava kretanje u trajanju od najmanje 2 sekunde. (vidokrug vozača).

U područjima raskrsnica i priključaka potrebno je obezbjediti pregledne udaljenosti i ispravno izvođenje, s obzirom na visinu priključnog puta. U cilju ispunjavanja navedenih

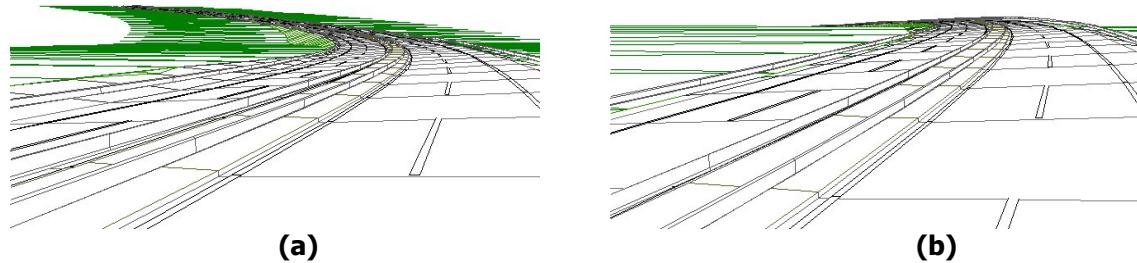
uslova, radijus horizontalnog luka primarnog puta treba izabrati takav da poprečni nagib ( $q$ ) ne prelazi 4%.

U područjima raskrsnica, većih objekata ili u slučaju trajnih prepreka na razdjelnom ostrvu na putevima koji se sastoje od dva jednosmjerna kolovoza, navedeni radijus luka treba odabrati tako da se obezbjedi zaustavna pregledna udaljenost  $V_{proj}$  i na krajnjoj lijevoj saobraćajnoj traci (predviđenoj za preticanje).

Ukoliko niveleta trase puta dozvoljava znatno prelaženje brzine vozila u slobodnom saobraćajnom toku ( $V_{proj}$  je znatno veća od  $V_{pred}$ ), za osovinu puta je potrebno projektovati veće lukove od preporučenih minimalnih, dok je u skladu sa najstrožijim zahtjevima potrebno obezbjediti usklađenost uzastopnih lukova (crtež 68).

Kružne lukove treba odabrati tako da se u najvećoj mogućoj mjeri omogući njihovo uklapanje u prirodnu sredinu, te da se omogući usklađeno stvaranje nivelete puta, kao i međusobna usklađenost susjednih lukova (crtež 65).

**Crtež 65: Konkavna (a) i konveksna (b) vertikalna krivina**



#### 4.4.2.1.1 Dužina luka

Dužina luka zavisi od:

- Trajanja vožnje na luku (psihofizički efekat),
- Dužine susjednih kružnih lukova i prelaznih krivina (estetski efekat jedinstvenosti), i
- Prilagođavanje uslovima primjene u prostoru.

Najmanja dužina luka puteva iz tehničkih grupa A i B (izvan naselja) određuje se trajanjem vožnje na luku (uobičajeno 5 do 7 sekundi, minimalno 2 ili 1.5 sekunde). Za ostale puteve nema ograničenja. Teoretski, za ostale puteve može takođe da se upotrebljava vrijednost  $L_{KL} = 0$  (vrh klotoide), s tim da nije preporučljivo.

Najveća dužina luka nije posebno ograničena i zavisi isključivo od usklađenosti sa dimenzijama susjednog luka.

Iz saobraćajno-bezbjednosnih razloga, a s obzirom na srednji ugao luka, razlikujemo sljedeće:

- kratku krivinu, i
- dugu krivinu.

Granica između gore navedenih krivina se određuje na osnovu uslova vidljivosti po izlasku iz luka (pregledna udaljenost na putu i polje vidljivosti vozača se obezbjeđuju u zavisnosti od brzine vožnje), naime, da vozač može da procijeni moguću brzinu vožnje na luku puta. Dugačke krivine (vozači ne mogu vidjeti kraj krivine) moraju biti opremljene odgovarajućim saobraćajnim znakovima (znak za oštru krivinu ili serpentinu + preporučena brzina).

Posebne mjere nisu potrebne za krivine lukova  $R \geq 400$  m.

#### 4.4.2.2 Granične vrijednosti (tehničke i s obzirom na primjenljivost)

Minimalan radius luka koji je priključen na dugačku pravu liniju, dužine  $L_p$  naznačen je u tabeli 31.

**Tabela 31: Minimalan radius luka koji je priključen na dugačku pravu liniju**

$L_p$ [m]	min R [m]
$\geq 300$	$> 400$
$< 300$	$> L_p$

Dimenzije graničnih vrijednosti polumjera kružnog luka  $R_x$  ( $R_{\min}$ ,  $R_g$ ,  $R_{\text{kontra}}$ ) zavise od:

- izabrane prethodne brzine vožnje  $V_i$  ( $V_{\text{proj}}$ ,  $V_{\text{pred}}$ ),
- gravitacionog potiska ( $g$ ),
- odlučujućeg poprečnog nagiba kolovoza  $q_x$  ( $q_{\max}$  ili  $q_{\min}$  ili  $q_{\text{kontra}} = -q_{\min}$ ) i
- djela koeficijenta klizavosti u poprečnoj smjeri ( $x\% \cdot f_{Rdop\max}$ ), zavisnog od ušešća pojedinog tipa vozača na putu (vidi tabelu 8).

Granične vrijednosti polumjera kružnih lukova:

$$R_x = \frac{V_i^2}{127(x\% \cdot f_{Rdop\max} + q_x)}$$

Gdje je:

$R_x$  Granični radius kružnog loka

$f_{Rdop}$  Od brzine zavisna dozvoljena vrijednost koeficijenta trenja u radijalnu smijeru

$x\%$  Udjelkoristenja koeficijenta trenja (vidi tabelu 8)

$q_x$  Granični poprečni nagib.

Karakterističke vrijednosti kružnih lukova  $R_{\min}$ ,  $R_g$ ,  $R_k$  i  $D_{kl}$  za pojedine brzine vožnje navedene su u tabeli 32. Sve navedene vrijednosti određene su za habajući sloj kolovoza koji je izrađen od agregata karbonata i bitumenskog veziva.

Vrijednosti  $R_{\min}$  i  $R_g$  su različite prema tipu vozača za različite tehničke grupe puteva i prostorne uslove – izvan i unutar naselja.

Dužina luka ( $L_a$ ) u tabeli 32, navedena je za uslov minimalnog trajanja vožnje na kružnom luku.

Veličine radijusa kružnih lukova  $R_i$  u sektoru  $R_{\min} < R_i < R_g$  definisane su prema ravnomjernoj raspodeli dopuštenih vrijednosti radijalne komponente koeficijenta klizanja za  $R_{\min}$  i  $R_g$  i date su na crtežima 21 – 23.

Gornja granična vrijednost radijusa kružnog luka ( $R_{\max}$ ) nije posebno određena i zavisi od parametra donje granične brzine okretanja volana. Preporučljiva granica iznosi do  $R = 5000$  m, dok je još prihvatljiva granica  $R = 10000$  m.

Ukoliko se putevi iz tehničkih grupa B (izvan naselja), i C projektuju u posebno ograničenim prostornim uslovima, te ukoliko se vrše popravke na opasnim ("crnim") tačkama na postojećim putevima iz navedenih tehničkih grupa, dozvoljena je upotreba i radijusa  $R_i < R_{\min}$ . Međutim, njihov poprečni nagib  $q_i$  ne smije preći 8%.

U područjima većih objekata (tuneli ili vijadukti) ili na odsjecima sa velikim uzdužnim nagibom nivelete ili kod posebnog izvođenja razdjelne trake na putevima sa odvojenim kolovozima, primjenu  $R_{\min}$  je potrebno posebno provjeriti. Po pravilu se na ovim deonicama puta primjenjuje  $R_i > R_{\min}$ , da bi se obezbedilo dovoljno preglednost i zadovoljilo uslovu rezultujućeg nagiba kolovoza. U ovim primjerima potrebno je uvažiti i

propise, koji se odnose na projektovanje u trasu uključenih objekata.

**Tabela 32: Granične vrijednosti polumjera kružnih lukova po tehničkim grupama puteva**

Tehnička grupa	Predviđena brzina $V_{pred}$ [km/h]											
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
<b>A</b>	$R_{min}$			125	175	250	350	450	550	700	850	1000
	$R_g$			500	700	1000	1400	1800	2300	2750	3400	4000
	$R_k$			2000	2000	2000	2000	2500	3500	5000	7000	9000
	$L_a$			35	40	45	50	55	60	65	70	80
<b>B</b>	$R_{min}$ (q=7%)	40	65	100	150	200	275	360				
	$R_{min}$ (q=5%)	50	80	125	180	250	350	475				
	$R_g$	70	115	180	265	380	525	700				
	$R_k$	200	300	500	800	1250	1500	2500				
	$L_a$	15	20	25	30	35	40	45				
<b>C</b>	$R_{min}$	40	65	100	150	225						
	$R_g$	60	100	160	240	350						
	$R_k$	120	200	325	500	750						
	$L_a$	15	20	25	30	35						

#### 4.4.3 Prelazna krivina

##### 4.4.3.1 Primjena i određivanje vrijednosti parametra

Prelazna krivina je elemenat trase puta koji obezbeđuje neprekidno međusobno povezivanje lukova, ili povezivanje lukova sa pravom linijom, kao i optičke i estetske karakteristike lokacije trase. U cilju obezbeđenja prelaznosti uvodi se matematička krivina, koja se naziva klotoidea, koja obezbeđuje sljedeće:

- Potpuno poklapanje tangenti na tačkama dodira sa lukom ili pravom;
- Postepenu linearno proporcionalnu izmjenu krivine puta između susjednih lukova;
- Postepenu linearno proporcionalnu izmjenu radijalnog ubrzanja;
- Dužinu za postizanje izmjene poprečnog nagiba između susjednih lukova (vitoperenje);
- Estetski izgled rubnih linija kolovoza.

Primjenjuje se sljedeća jednačina za klotoиду i ugao između početne i završne tangente (središnji ugao klotoide):

$$A_i^2 = R_i \cdot L_i \quad i \quad \tau = \frac{L_i}{2 \cdot R_i} = \frac{A_i^2}{2 \cdot R_i^2}$$

Gdje je:

$A_i$  [m] Parametar klotoide

$R_i$  [m] Radijus luka pri dužini  $L_i$

$L_i$  [m] Dužina duž luka klotoide do  $R_i$

$\tau$  [rad] Srednji ugao

Klotoida je +/- simetrična krivina koja omogućava povezivanje iste vrste svakog para lukova, bez obzira na njihov radijus ili orientaciju.

Primjenljiva vrijednost parametra klotoide je u okviru granica:

$$\frac{R_i}{3} \leq A_i < R_i$$

gdje je  $R_i$  luk radijusa na koji se priključuje klotoida.

Minimalna vrijednost parametra klotoide ( $A_{min}$ ) primjenjuje se samo za luk radijusa  $R_{min}$ . Za luke  $R_i > R_{min}$  upotrebljavaju se odgovarajuće veće vrijednosti  $A_i$ .

Potpuno izostavljanje prelaznog dijela između susjednih luka dozvoljeno je samo u slučaju redoslijeda luka navedenih u tabeli 33. Takođe je preporučljivo uvrštavanje središnje prave linije u cilju obezbeđenja odgovarajućeg razmaka između luka.

**Tabela 33: Minimalni radijusi luka u primjeru izostavljanja klotoide**

$V_{pred}$ [km/h]	min $R$ [m]
$\leq 80$	1,500 (1,000)
$> 80$	3,000 (2,000)

Napomena: Vrijednosti u zagradama se u izuzetnim slučajevima primjenjuju za naselja

Pored zadovoljavanja vozno-dinamičkim karakteristikama uključenjem klotoide (prelazne krivine) postiže se i značajan estetski efekat (Crtež 66), koji direktno utiče na psihofizičke reakcije vozača (donošenje odluka - saobraćajna bezbjednost).

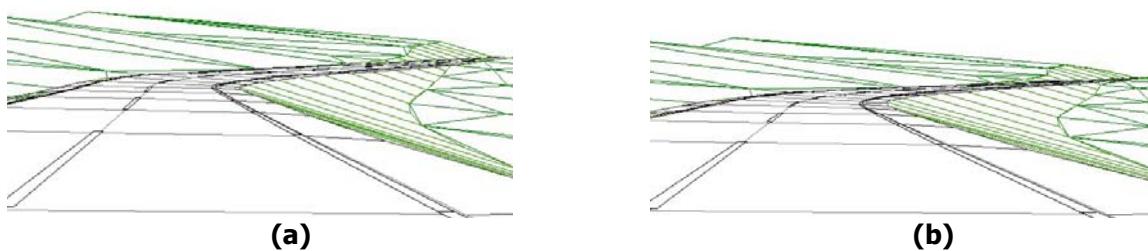
Posebni slučajevi u kojima se uvode ili izostave prelazne krivine:

Parametri  $A \geq R$  se upotrebljavaju samo prilikom projektovanja urbanih ulica (arhitektonske potrebe tehničkih grupa puteva B i C), kao i za rampe priključaka u više nivoa.

Minimalne vrijednosti parametra klotoide ( $A_{min}$ ) primjenjuju se naročito na lokacijama gdje se ovim zahvatom može spriječiti veća moguća prekoračenja brzine vožnje.

Na putevima iz tehničkih grupa C i D, ukoliko je izostavljena klotoida, potrebno je obezbijediti odgovarajuću udaljenost između susjedna dva kružna luka, kako bi se omogućila potrebna dužina za vožnju iz jednog luka u drugoga (vrijeme okretanja volana) i potrebna dužina za izmjenu poprečnog nagiba kolovoza. Geometrijski elemenat povezivanja ta dva luka nije propisan (može biti i pravac).

Ukoliko su predviđene saobraćajne trake uže od standardnih (putevi sa neznatnim obimom saobraćaja), preporučuje se primjena prelaznih krivina, da bi se obezbijedila saobraćajna površina koja je potrebna vozilima kod ulaska u luk (sprečavanje vožnje po bankinama).



**Crtež 66: Estetski izgled prelaza iz pravca u krivinu bez (a) i sa (b) prelaznom krivinom**

### Primjena ostalih oblika prelaznih krivina:

U izuzetnim slučajevima (ulice u stariim urbanim centrima, putevi iz tehničkih grupa C i D, posebni arhitektonski zahtjevi, itd.) moguće je pored klotoide upotrijebiti i neki drugi tip prelazne krivine. Dozvoljena brzina u tim slučajevima ne smije biti veća od 70 km/h.

#### 4.4.3.2 Granične vrijednosti

Dužina prelazne krivine (klotoide) treba da ispunjava vozno-dinamičke, konstruktivne i estetske zahtjeve (Crtež 67), a je presudan kriterijum, kojim se dobija veća vrijednost parametra klotoide A.

U tekstu i tabelama su navedene i količine za brzinu od 140 km/h. Bez obzira na činjenicu da je ova brzina veća od  $V_{doz}$ , ista se primenjuje u vozno-dinamičkim analizama. Kod brzina od  $V_i < 40$  km/h uvode se ili druge metode (traktrisa) ili vrijednosti, koje inače važe za brzinu od 40 km/h.

##### 4.4.3.2.1 Minimalna vrijednost parametra klotoide ( $A_{min}$ )

Minimalna vrijednost parametra klotoide  $A_{min}$  određuje se na osnovu vozno-dinamičkih uslova pri maksimalnom poprečnom nagibu kolovoza, kod kojih je omogućena ugodna vožnja u području klotoide. Primjenjuje se sljedeća osnovna jednačina (vozno-dinamički uslov):

$$A_i^2 = \left( \frac{V_i}{3,6} \right)^3 \frac{1}{X_{dop}},$$

dopunjeno poprečnim nagibom  $q_{max}$  :

$$A_{min}^2 = \frac{V_{pred}^3}{46,656 \cdot X_{doz}} - \frac{q_{max} \cdot V_{pred} \cdot R_{min}}{0,367 \cdot X_{doz}}$$

gdje je:

$A_{min}$ [m]	Minimalna vrijednost parametra klotoide
$V_{pred}$ [km/h]	Predviđena brzina
$R_{min}$ [m]	Radius luka pri pretpostavljenoj $V_{pred}$
$q_{max}$ [%]	Maksimalan poprečni nagib
$X_{doz}$ [m/s <sup>3</sup> ]	Dozvoljena vrijednost radikalnog ubrzanja pri pretpostavljenoj $V_{pred}$

Graničnu vrijednost  $A_{min}$  moguće je upotrebljavati samo pri minimalnom kružnom luku  $R_{min}$  za pojedine predviđene brzine  $V_{pred}$ .

Za praktičnu upotrebu, vrijednosti ulaznih parametara, kao i zaokružene vrijednosti  $A_{min}$  i  $L_{min}$ , koje pripadaju pojedinim predviđenim brzinama  $V_{pred}$ , navedene su u tabeli 35.

Vrijednosti  $A_{min}$  su takođe ucrtane na dijagramu, koji je predstavljen na crtežu 67 (linija  $A_{min} VD$ ).

##### 4.4.3.2.2 Minimalna vrijednost parametra klotoide $A_{i min}$ pri $R_i > R_{min}$

Procjenu minimalne vrijednosti parametra klotoide  $A_{i min}$  za  $R_i > R_{min}$  treba izvršiti s obzirom na:

- vozno-dinamičke uslove,
- estetske uslove, i
- konstruktivne uslove,

koji obezbjeđuju ugodnu vožnju, omogućenu na osnovu:

- dozvoljene vrijednosti radikalnog ubrzanja,
- estetskog toka linije puta i
- dozvoljene brzine pri izmjeni poprečnog nagiba (torsiona brzina).

###### 4.4.3.2.2.1 Vozno-dinamički uslov (VD-uslov)

U cilju obezbeđenja saobraćajne bezbjednosti, za radijuse  $R_i > R_{min}$  (izvodljive su i veće brzine vožnje –  $V_{85}$ ) potrebno je primjeniti parametre  $A_{i min VD}$ , kojima se zadržava dužina prelazne krivine  $L_i$ , koja proizilazi iz kriterijuma minimalne vrijednosti parametra klotoide  $A_{min}$  pri predviđenoj brzini  $V_{pred}$  ( $L_i = A_{min}^2/R_{min}$ ).

Primjenjuje se sljedeća jednačina:

$$A_{i min VD}^2 = A_{min}^2 \frac{R_i}{R_{min}}$$

#### 4.4.3.2.2.2 Estetski uslovi (E-uslov)

Minimalna vrijednost parametra klotoide  $A_{i min ES}$  za obezbeđenje povoljnog estetskog izgleda puta zavisi od veličine luka povezanog sa predmetnom klotoidom, te se procjenjuje na osnovu

- minimalne udaljenosti između kružnog luka i tangente prekretnoj (infleksionoj) tački klotoide, koja iznosi  $\Delta R = 0.30$  m, ili
- minimalnog središnjog ugla klotoide ( $\tau = 3^0 11'$  za  $A = R/3$  ).

Presjek funkcija oba uslova postoji pri radiju  $R_M = 583.2$  m, a jednačine su:

- $A_{i min E1}^2 = \sqrt{7,2 \cdot R_i^3}$  za  $R_i < R_M = 583.2$  m, i
- $A_{i min E2}^2 = \frac{R_i^2}{9}$  za  $R_i \geq R_M = 583.2$  m.

Gdje je:

$A_{i min Ei}$  [m] Minimalni parametar klotoide u skladu sa estetskim uslovima pri  $R_i$

$R_i$  [m] Radijus luka

$R_M$  [m] Granični radijus luka u tačci gdje se mijenjaju oba ES uslova

#### 4.4.3.2.2.3 Granični radijus $R_E$ između VD-uslova i E-uslova

U cilju procjenjivanja  $A_{i min}$  za određeni  $R_i$  u području  $R_i > R_{min}$  primjeni se onaj kriterij koji zahtijeva veće vrijednosti parametra  $A_{i min}$ .

Granični radijus  $R_i = R_E$ , pri kojem veličina parametra klotoide  $A_{i min E}$ , definirana po E-uslovima ( $\Delta R = 0.30$  m ili  $A = R/3$ ), prelazi parametar, definiran po VD-uslovima, postiže se

- u oblasti  $R_E < R_M = 583.2$  m kod  $R_E = \frac{A_{min}^4}{7,2 \cdot R_{min}^2}$
- u oblasti  $R_E \geq R_M = 583.2$  m kod  $R_E = \frac{9 \cdot A_{min}^2}{R_{min}}$

Gdje je:

$A_{i min VD}$  [m] Minimalni parametar klotoide u skladu sa VD-uslovima

$R_{min}$  [m] Minimalni radijus luka za izabranu  $V_{pred}$

$R_E$  [m] Granični radijus luka za izabranu  $V_{pred}$

Za praktičnu upotrebu, sve vrijednosti minimalnog parametra  $A_{i min}$  za određenu predviđenu brzinu  $V_{pred}$  ucrtane su u dijagram prikazan na crtežu 67 (linija  $A_{i min VD} - A_{i min ES1} - A_{i min ES2}$ ), dok su vrijednosti  $R_E$  i  $A_{min E}$  prikazane u tabeli 35.

#### 4.4.3.2.2.4 Konstruktivni uslovi (K-uslov)

Minimalna vrijednost parametra klotoide  $A_{i min K}$  treba da obezbjedi dovoljnu dužinu prelazne krivine za izvođenje vitoperenja ili izmjene poprečnog nagiba kolovoza. Za procjenu parametra  $A_{i min K}$  primjenjuju se sljedeći uslovi:

- položaj osovine vitoperenja u poprečnom presjeku puta,
- krilo vitoperenja (veće od obe moguće udaljenosti između rubova kolovoza i osovine vitoperenja) –  $b_v$ ,
- poprečni nagib kolovoza –  $q_i$ , i
- relativni uzdužni nagib ivice kolovoza (dalje u tekstu: RUN) s obzirom na nagib nivelete –  $\Delta s_{max}$ .

Vrijednost RUN zavisi od vozne i torziona brzine (brzina promjene poprečnog nagiba), koja za ugodnu vožnju iznosi do  $4\%s^{-1}$ , te od širine saobraćajne trake.

Za praktičnu upotrebu minimalne dozvoljene vrijednosti  $\Delta s_{max}$  navedene su u tabeli 34 za standardne širine saobraćajnih traka (tabela 11).

Vrijednost  $\Delta s_{poželjna}$ , koja je dodatno uključena u tabeli, primjenjuje se u slučaju, kada se na projektovanom putu očekuje  $V_{proj}$ , koja je znatno veća od  $V_{pred}$  (saobraćajna bezbjednost!).

Kako vrijednosti RUN (u %) važe isključivo samo za svaku pojedinačnu saobraćajnu traku posebno,  $A_i \text{ min K}$  se utvrđuje samo s obzirom na širinu saobraćajne trake (dve jednako široke trake na kolovozu = dupla vrijednost).

**Tabela 34: RUN<sub>max</sub> ruba kolovoza s obzirom na niveletu  
(za pojedinačne saobraćajne trake)**

Relativni nagib [%]	Predviđena brzina V <sub>pred</sub> [km/h]			
	< 50	50 - 70	80 - 100	≥ 100
Δs <sub>poželjna</sub>	1.05	0.75	0.50	0.40
Δs <sub>max</sub>	1.5	1.0	0.75	0.5

Minimalna vrijednost parametra klotoide prema K-uslovu je kako slijedi:

$$A_{i \text{ min K}}^2 = \frac{R_{min} \cdot b_p \cdot (q_k - q_z)}{100 \cdot \Delta s_{max}}$$

Gdje je:

A <sub>i min K</sub> [m]	Minimalni parametar klotoide
R <sub>min</sub> [m]	Minimalan radius luka pri odabranoj V <sub>pred</sub>
b <sub>p</sub> [m]	Širina saobraćajne trake
q <sub>k</sub> [%]	Poprečni nagib priključnog luka
q <sub>z</sub> [%]	Poprečni nagib na početku vitoperenja (na prelaznom luku ili na veznoj tački klotoide (q <sub>z</sub> = 0%))
Δs <sub>max</sub> [%]	Maksimalna vrijednost RUN ruba kolovoza s obzirom na niveletu

Konstruktivni uslov je indirektno zavisan od brzine vožnje (uticaj na veličinu poprečnog nagiba). Zbog toga je potrebno taj proračun izvoditi za svaki redosled kružnih lukova posebno. Ovaj kriterij naročito je aktualan u projektovanju vitoperenja. U slučaju, da je izračunata vrijednost  $> \Delta s_{max}$ , vrijednost parametra A<sub>i</sub> potrebno je povećati.

#### 4.4.3.2.3 Maksimalna vrijednost parametra klotoide (A<sub>max</sub>)

U načelu, parametar klotoide je neograničen. Međutim, u obzir je potrebno uzeti sljedeće:

- Psihološki efekat intenziteta povećanja bočnog pritiska (radijalnog ubrzanja) koji utiče na vozača (kontrola brzine vožnje), i
- Fizičko ograničenje mogućnosti okretanja volana (ograničenje se odnosi i na vozača i na vozilo),

jer u tom slučaju prelazna krivina gubi svoju funkciju.

Maksimalna vrijednost parametra klotoide se definiše odnosom  $A_{\max} = R$  ili  $\tau = 28^039'$ .

Bez obzira na ovu odredbu, moguće je takođe upotrijebiti parametre  $A > R$ , ali samo u posebnim slučajevima (npr. za veoma mali  $R$ , na rampama priključaka, na ulicama u naseljima = arhitektonski efekti). Preporučljivo je, da se vrijednost parametra  $A$  održava ispod vrijednosti koja je definisana kod  $\tau = 90^0$ ; tj.  $A < 1,77 R$ .

#### 4.4.3.3 Parametar $A_i \min$ i saobraćajna bezbjednost

##### 4.4.3.3.1 Preporučena vrijednost parametra klotoide ( $A_{rec}$ )

Svaku vrijednost  $R_i > R_{\min}$ , primjenjenu na osovini puta, teoretski možemo tretirati kao  $R_{\min}$  za neku određenu brzinu vožnje ( $V_i$ ). Kako svakome  $R_{\min}$  po pravilu pripada tačno određeni  $A_{\min} = f(V_i)$ , postoji niz na ovaj način dobijenih vrijednošću (linija  $A_{\min VD}$  na crtežu 62). Primjenom na ovaj način dobijenih vrijednosti  $A_i$  projektirana trasa je već na početku prilagođena uslovima vožnje projektnom brzinom ( $V_{proj}$  odn.  $V_{85}$ ).

Odnos  $A_{\min} \leftrightarrow R_{\min}$  za cijelokupnu seriju brzina od  $40 \text{ km/h} < V_i < 140 \text{ km/h}$  određen je krivinom.

Upotreba vrijednosti  $A_{\min VD}$  preporučuje se kao minimalna na putevima iz tehničke grupe A, kao i na putevima iz tehničke grupe B, na kojima se pojavljuju veća odstupanja u redoslijedu dimenzija dviju uzastupnih lukova (poglavlje Spajanje i usklađenost horizontalnih elemenata).

Primjena krivine  $A_{\min VD}$ , koja je naznačena na crtežu 67, obezbjeđuje dovoljnu saobraćajnu bezbjednost i na trasama, na kojima se javljaju karakteristične izmjene mogućih brzina vožnje.

Veoma (pre)duge prelazne krivine nisu prihvatljive sa stanovišta saobraćajne bezbjednosti, jer je u tom slučaju intenzitet mijenjanja bočnog pritiska (radijalnog ubrzanja) toliko smanjen, da vozač ne osjeti krivljenja puta.

Vrijednosti parametra A, koje orijentaciono odgovaraju ovoj gornjoj granici i istovremeno obezbjeđuju veoma ugodnu vožnju, na crtežu 67 definisane su linijom  $A_{prep} \leftrightarrow R_i$  (preporučena vrijednost).

##### 4.4.3.3.2 Praktične vrijednosti parametra klotoide ( $A_i$ ) s obzirom na vrijednost $R_i$

Na putevima iz tehničke grupe C (što važi i za D) i na putevima iz grupe B sa  $V_{pred} < 70 \text{ km/h}$  za praktičnu upotrebu moguće je primjeniti sljedeće odnose:

- za  $40 \text{ m} < R_i \leq 100 \text{ m}$ :  $\frac{3}{4}R_i \leq A_i < R_i$
- za  $100 \text{ m} < R_i \leq 200 \text{ m}$ :  $\frac{2}{3}R_i \leq A_i < \frac{3}{4}R_i$
- za  $200 \text{ m} < R_i \leq 500 \text{ m}$ :  $\frac{1}{2}R_i \leq A_i < \frac{2}{3}R_i$
- za  $500 \text{ m} < R_i \leq 1000 \text{ m}$ :  $\frac{1}{3}R_i \leq A_i < \frac{1}{2}R_i$

Upotreba ovih odnosa dovoljna je i za potrebe određivanja elemenata trase u početnoj fazi projektovanja puta (idejna rešenja).

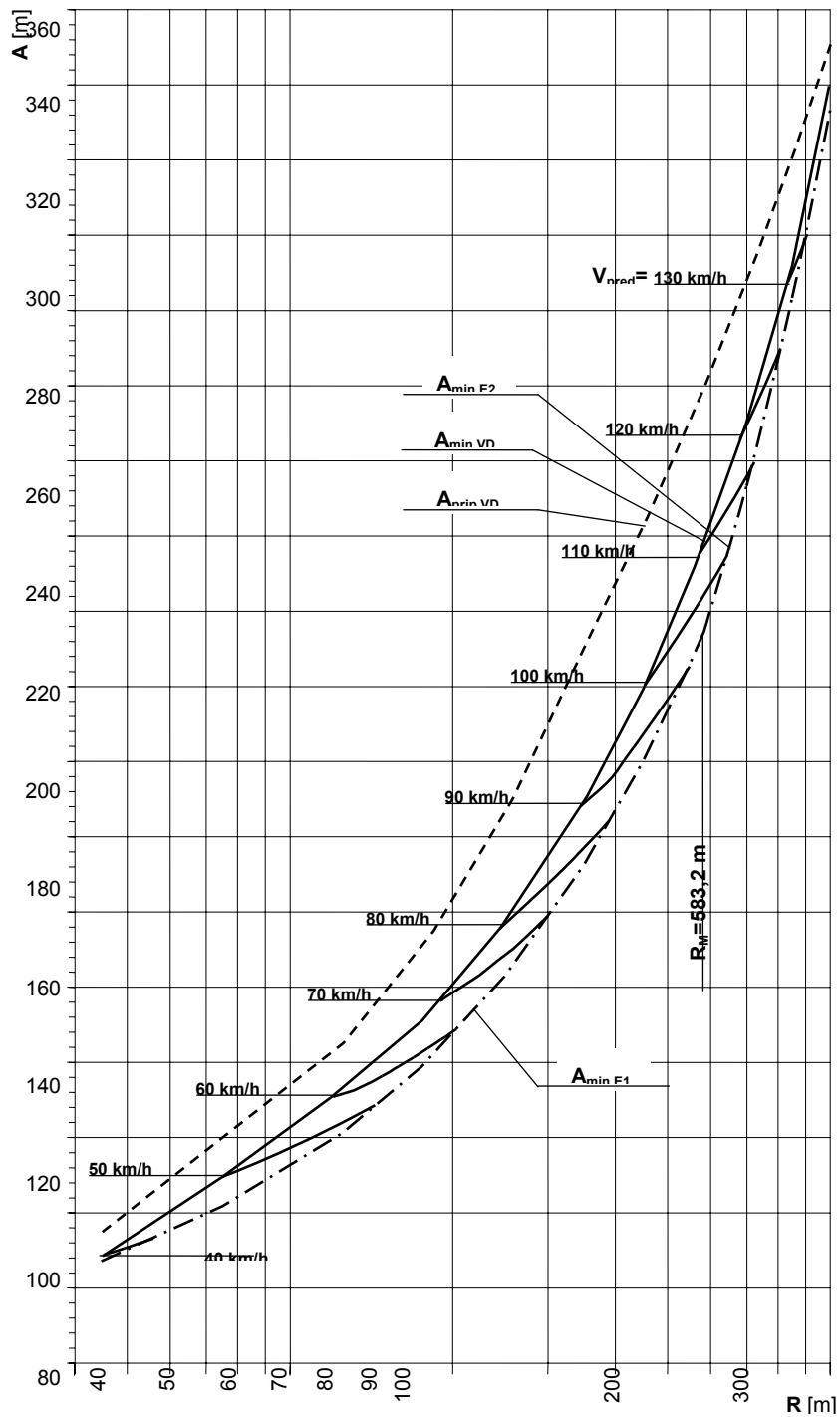
**Tabela 35: Klotoida – karakteristične količine**

Karakteristične količine		Predviđena brzina [km/h]										
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
<b>X<sub>doz</sub></b>	[m/s <sup>3</sup> ]	0.95	0.80	0.68	0.59	0.52	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30
<b>R<sub>min</sub></b>	[m]	45	75	125	175	250	350	450	550	700	850	1000
<b>A<sub>min</sub> q=7%</b>	[m]	30	50	70	90	115	150	180	210	250	290	340
<b>L<sub>min</sub></b>	[m]	20	35	40	45	50	65	70	80	90	100	115
<b>A<sub>rec</sub></b>	[m]	35	60	85	115	150	190	225	260	295	325	350
<b>R<sub>ES</sub></b>	[m]	55	155	215	300	390	575	650	720	805	890	1040
<b>A<sub>ES</sub></b>	[m]	35	70	90	115	145	185	215	240	270	300	350

Gdje je:

- V<sub>pred</sub>** [km/h] Predviđena brzina  
**X<sub>doz</sub>** [m/s<sup>3</sup>] Dozvoljeno radikalno ubrzanje pri predviđenoj V<sub>pred</sub>  
**R<sub>min</sub>** [m] Radijus minimalnog luka pri predviđenoj V<sub>pred</sub>  
**A<sub>min</sub>** [m] Minimalni parametar klotoide u skladu sa VD-uslovom pri predviđenoj V<sub>pred</sub> i maksimalnom poprečnom nagibu q<sub>max</sub>=7%  
**A<sub>rec</sub>** [m] Preporučeni parametar klotoide pri predviđenoj V<sub>pred</sub>,  
Koji omogućava bezbjednost saobraćaja i ugodnu vožnju  
**R<sub>E</sub>** [m] Radijus graničnog luka između linija u skladu sa VD-uslovima i ES-uslovima pri predviđenoj V<sub>pred</sub>  
**A<sub>E</sub>** [m] Parametar klotoide pri radijusu graničnog luka R<sub>ES</sub>

### Crtež 67: Minimalni parametar prelazne krivine (klotoide)



#### 4.4.4 Spajanje i usklađenost horizontalnih elemenata

##### 4.4.4.1 Oblici spojenih krivina, uslovi

**Redovni oblici** spojenih uzastopnih lukova su sljedeći:

- "S-krivina", kod koje su krivine dva uzastopna luka orijentisane u suprotnim smjerovima, i
- "O-krivina", kod koje su krivine dva uzastopna luka orijentisane u istom smjeru.

Oba redovna oblika spojenih uzastopnih lukova su primjenljiva u svakom slučaju. Dužina prelazne krivine, ukoliko se radi o O-krivini, treba da obezbijedi mogućnost minimalnog trajanja vožnje od 1 sekunde.

**Posebni oblici** spajanja uzastopnih lukova su "košaraste" krivine:

- "C-krivina", koja je sastavljena od tri luka iste orijentacije, tj. dva vanjska i manja luka i srednjeg i većeg povezujućeg luka, i
- "K-krivina", koja je sastavljena od tri luka iste orijentacije, tj. od dva vanjska i veća luka i , srednjeg i manjeg povezujućeg luka.

Oba gore navedena posebna oblika spajanja uzastopnih lukova su samo uslovno dozvoljena na putevima iz tehničke grupe A. To je dozvoljeno samo pod uslovom, da su dužine prelazne krivine između obe dvojice obuhvaćenih lukova toliko dugačke, da omogućavaju izvođenje usporenenja kod vožnje iz većeg u manji luk usporavanjem pomoću motora (pasivno usporenje  $a_m = 0.85 \text{ ms}^{-2}$ ) bez upotrebe kočnica.

Obavezan prelazni elemenat između lukova je prelazna krivina u obliku klotoide. Ukoliko prelazna krivina nije obavezna (u tehničkoj grupi D, i uslovno u tehničkoj grupi C), udaljenost između dva susjednih lukova mora biti predviđena u tolikoj mjeri, da je moguće izvođenje manevrisanja okretanjem volana iz jednog luka u drugoga. U sklopu linije košaraste krivine nije dopušteno mijenjanje smjera poprečnog nagiba kolovoza. Međutim, postoje i izuzeci, gdje je sa stanovišta saobraćajne bezbjednosti na srednjem luku promjena smjera poprečnog nagiba kolovoza projektovana namjerno, da bi se postiglo fizički i psihički efekat na vozača u pogledu smanjivanja brzine vožnje. Takvo jedno uređenje i razlozi zanj obavezno moraju biti uključeni u izveštajni deo u projektu puta.

**Tabela 36: Dodatni uslovi za »O« krivinu ili »košarastu« krivinu**

<b>R<sub>veći</sub></b> :(vanjski radijus) [m]	<b>R<sub>veći</sub> : R<sub>manji</sub></b> :(omjer radijusa) [-]	<b>min L<sub>A</sub></b> :(srednja dužina klotoide) [m]
< 125	1,5	V <sub>pred</sub> / 3,6
125 - 450	2,0	V <sub>pred</sub> / 3,6
> 450	neograničeno	V <sub>pred</sub> / 3,6

Za puteve iz tehničkih grupa A i B (izvan naselja i za V<sub>pred</sub> > 70 km/h) izostavljanje prelazne krivine između lukova O-, C-, i K-krivine, dopušteno je samo ukoliko su ispunjeni kriterijumi navedeni u tabeli 12. Prelazna krivina između lukova na putevima iz tehničke grupe B (unutar naselja, i za V<sub>pred</sub> < 70 km/h), C, i D može biti izostavljena pod uslovima, koji ne ispunjavaju zahtjeve iz tabele 36, ukoliko su u obzir uzeti opšti uslovi za obezbjeđenje mogućnosti okretanja volana.

##### 4.4.4.2 Uslovi za procjenu redoslijeda dimenzija susjednih lukova

Prilikom projektovanja trase javnog puta, elemente horizontalnog toka trase treba međusobno uskladiti s obzirom na veličinu radijusa susjednih kružnih lukova, te ukoliko je izvodljivo, s obzirom na dužinu elemenata u nizu. Ako prikladnost odabranog redoslijeda luka u projektu nije dokazana posebno, važe omjeri prema grafikonu na crtežu 68.

Veoma povoljan opseg "A" na crtežu 68 primjenjuje se za puteve iz tehničke grupe A. Za puteve iz tehničke grupe B dopušten je i opseg "B", dok je za puteve iz grupe C

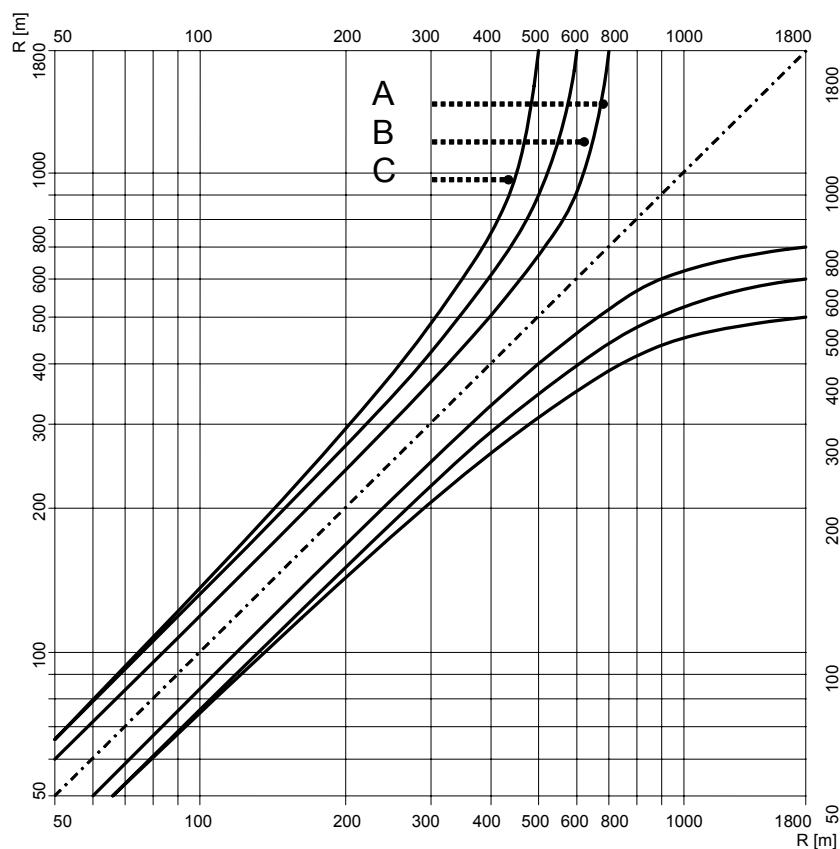
primjenljiv i opseg "C". Ukoliko se na putevima iz tehničkih grupa B i C uvode geometrijski elementi, koji ćeju dozvoljavati veoma visoke brzine vožnje (preko 80 km/h za B, i preko 60 km/h za C), u obzir je potrebno uzeti odredbe koje važe za tehničku grupu višeg stupnja.

Za puteve iz tehničkih grupa B i C u okviru naselja gore navedena usklađenost nije potrebna, s obzirom da se vođenje trase usklađuje sa urbanističkim rešenjima.

U slučaju da se "O"-krivina izvodi sa većim nagibom nivelete ( $s_i > 4\%$ ), luk većeg radijusa nalazi se na nižem nivou s obzirom na niveletu (nagib nivelete od manjeg prema većem luku, a ne obrnuto). Ukoliko navedeni uslov nije moguće ispuniti, brzinu je potrebno ograničiti već u području gornjeg, tj. u tom primjeru većeg kružnog luka.

U određenim posebnim slučajevima, kada iz opravdanih razloga (prostornih i/ili ekonomskih), na određenoj lokaciji na trasi nije moguće upotrebiti predviđeni  $R_{min}$  ili odgovarajući redoslijed lukova, navedena mjesta moraju biti vidljivo dodatno označena (povećana preglednost, smjerokazne table, područje u kojem je zasađeno žbunje/drveće, koje je zaštićeno odbojnom ogradom sa vanjske strane, saobraćajni znakovi, itd.) i upotrebljen povećan poprečni nagib (tabela 8, vrijednosti u zagradama). Ukoliko postoje mogućnosti, u takvim slučajevima izvodi se smanjenje dimenzija radijusa susjednih lukova s obje strane kritičnog mesta, da bi se primjenom postupno smanjivanjih dimenzija elemenata postiglo ujednačeno smanjivanje brzine (usporavanje motorom  $a_z = 0.85 \text{ ms}^{-2}$ ).

**Crtež 68: Odnosi redoslijeda radijusa lukova**



#### 4.4.4.3 Spajanje prelaznih krivina, uslovi

Sem iznimnim slučajevima prelaznu krivinu se po pravilu formira sa klotoidom od jedinstvenog parametra, za koju su opšti uslovi primjene navedeni u prethodnim stavovima. Pored tih opštih (VD, K, E) uslova za vanjski (estetski) izgled puta značajna je i konstrukcija redoslijeda dužina uzastopnih geometrijskih elemenata. Preporučuje se omjer

1:1:1, čime se postiže jednakо vrijeme vožnje po pojedinom elementu, što omogućava ugodnu vožnju.

Ukoliko postoji prostorno ograničenje, spoj dva kružna luka ili luka i pravca moguće je izvesti i t.z. kombinovanom klotoidom, koja je sastavljena od dva različita parametra. Omjer parametara ( $A_1 : A_2$ ) ne smije preći vrijednost 1,5. Da bi se postiglo ugodno tehničko rešenje, preporučuje se spajanje ovih dviju klotoida na lokaciji ukrivljenosti ( $1/R_i$ ) kod  $R = 600$  m ili većem. Na putevima tehničke grupe A kombiniranje klotoida nije preporučeno. U iznimnim slučajevima konstruisanje je potrebno posebno pažljivo razmotriti (jednako vrijeme vožnje po pojedinom parametru).

Upotreba "temene" klotoide (dužina luka između klotoida iznosi nula) i povezivanje luka sa pravom bez prelazne krvine na putevima iz tehničke grupe A i tehničke grupe B izvan naselja nije dozvoljeno. Na ostalim putevima može se primenjiti, ako postoje prostorni razlozi (ograničenja) za nešto tako, ali samo uz ispunjavanje već prethodno navedenih uslova (dovoljne dimenzije radijusa kružnog luka, obezbjeđenje dužine potrebne za okretanje volana, obezbjeđenje saobraćajne površine u slučaju da su saobraćajne trake veoma uske, itd.). Preporučuje se, da se u ovim slučajevima čak smanji radijus kružnog luka, da bi se postigla „normalna“ kombinacija sistema prelaznica-luk-prelaznica, koju ćeju vozila ionako sama stvarati vožnjom po temenoj klotoidi.

## 4.5 ELEMENTI PODUŽNOG PROFILA

Niveleta je prostorna (3D) linija koja definiše visinske odnose puta. Potiče duž osovine puta ili paralelno s njom, a visinski se u projektima izvodi kao projekcija osovine puta u vertikalnoj ravni (podužni profil). Geometrijski elementi nivelete su tangente (pravih linija) i vertikalne krivine (zaobljenja) između njih. Vertikalne krivine po pravilu izvode se sa kružnim lukovima. Dopuštena je i primjena ostalih geometrijskih funkcija (parabole, klotoide, itd.) uz uslov, da obezbijede dostizanje potrebnog minimalnog radijusa krivine na lokaciji njihovog maksimalnog zaobljenja.

Za pojedine tehničke grupe puteva, granične vrijednosti elemenata nivelete procjenjuju se pod različitim uslovima. U slučaju, da je na određenom putu, iz bilo kojeg razloga, potrebno uvođenje složenijih elemenata od onih koji su predviđeni za tehničku grupu puteva, u koju se nalazi određeni put, primjenjuju se dimenzije i uslovi, koji važe za jedan stepen višu tehničku grupu.

Ukoliko dimenzijama elemenata nivelete nije moguće postići predviđenu srednju brzinu putovanja na putu, potrebno je izmjeniti poprečni profil (uvođenje dodatnih saobraćajnih traka) ili geometrijske elemente horizontalnog toka osovine puta (dimenzije elemenata) ili jedno i drugo.

### 4.5.1 Uzdužni nagib nivelete

Uzdužni nagibi nivelete znatno utiču na investicione troškove i troškove korisnika. U zavisnosti od namjene sa izborom elemenata nivelete može se postići:

- sa blagim nagibima: veća saobraćajna bezbjednost, ušteda energije, niži operativni troškovi, manja emisija izduvnih gasova i buke, veća saobraćajna propusnost, povoljni psihološki uticaji na vozače;
- sa većim nagibima: manji troškovi izgradnje, manji investicioni troškovi, manje intervencije u prirodnom okruženju.

Elemente nivelete treba projektovati za projektovanu brzinu ( $V_{proj}$ ) koju dozvoljavaju horizontalni geometrijski elementi, ukoliko ne utiču negativno na investicionu ekonomiju.

U slučaju znatnih nagiba tangenti nivelete (preko 5%), koji iz bilo kojeg razloga ne mogu biti smanjeni, preporučuje se povećanje horizontalnih geometrijskih elemenata na donjem kraju nagiba nivelete, te njihovo prilagođavanje očekivanoj brzini vožnje, prouzrokovanoj strminom nagiba nivelete (projektna brzina  $V_{proj}$ ). Na putevima iz tehničke grupe A takvo usklađivanje je obavezno, dok je na ostalim putevima poželjno.

Ukoliko na putevima iz tehničke grupe A na velikim padovima nivelete nije moguće uskladiti brzinu i dimenzije horizontalnih geometrijskih elemenata, pre početak donjeg (manjeg) radijusa potrebno je predvidjeti (i izgraditi) pomoćni izlaz u slučaju nužde.

### 4.5.2 Maksimalni nagibi nivelete

#### 4.5.2.1 Maksimalni mogući nagib nivelete

Maksimalni mogući nagib nivelete zavisi od snage vučnog motora:

- Za prosječno motorno vozilo vrijednost praga iznosi 30%, i
- Za teška teretna vozila vrijednost praga iznosi 15% (za vožnju u prvoj brzini).

Maksimalan nagib nivelete moguće je projektovati samo u posebnim slučajevima (u gorskom svijetu, na prilaznim rampama).

#### 4.5.2.2 Maksimalan dozvoljeni nagib nivelete ( $s_{max}$ )

Maksimalan dozvoljeni nagib nivelete zavisi od predviđene brzine ( $V_{pred}$ ) i vrste puta. Dozvoljene vrijednosti su navedene u tabeli 37.

Prilikom projektovanja puteva vrijednosti navedene u tabeli 37 potrebno je diskutirati u

vezi sa određenom prosječnom brzinom putovanja odnosno saobraćajnom propusnošću pojedinog puta (saobraćajno dimenzionisanje) i studijom izvodljivosti (kada se izvodi), da bi se definirali optimalni (manji) nagibi na usponima i poteba po dodatnim saobraćajnim trakama. U tom postupku odlučujući parametar je broj teških vozila.

Praktična napomena: za osobna vozila usponi do 8% praktično nemaju nikakav uticaj na brzinu vožnje.

Primjeni nagiba od  $s_i > 4\%$  treba izbjegavati u područjima:

- raskrsnica u nivou iz građevinskih razloga (nepovoljno veliki nagibi nivelete sekundarnog puta ili priključka) i iz razloga saobraćajne bezbjednosti (veliki kontra-nagib za barem jednu liniju vožnje u odklonu kroz raskrsnicu, velike zaustavne dužine – trougao preglednosti !);
- dugačkih mostova i vijadukta iz građevinskih razloga (oštećenje habajućeg sloja i hidroizolacije) i iz razloga saobraćajne bezbjednosti (podhlađivanje konstrukcije - stvaranje poledice na kolovozu već kod  $+2^{\circ}\text{C}$ ),
- tunela (smanjenje brzine teških vozila, velika koncentracija izduvnih gasova, povećana opasnost od saobraćajnih nesreća, ubrzano širenje požara, itd.).

Iz gore navedenih razloga preporučljivo je u dugačkim tunelima smanjiti maksimalni nagib nivelete na 2.5%. Bez obzira na ovu preporuku maksimalni nagib nivelete u tunelima potrebno je odrediti u skladu sa kriterijumima koji su posebno propisani za tunele (ventilacija u toku izgradnje i za vrijeme eksploatacije, odvodnjavanje, itd.).

**Tabela 37: Dozvoljene vrijednosti maksimalnog nagiba nivelete za tehničke grupe puteva [ $q_{\max}$ ]**

Tehnička grupa	Predviđena brzina $V_{\text{pred}}$ [km/h]									
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
<b>A</b>	-	-	8	7	6	5.5	5	4.5	4	4
<b>B</b>	(10)	9	8	7	6	5	4	-	-	-
<b>C</b>	12	11	10	9	8	-	-	-	-	-

#### 4.5.3 Minimalni nagib nivelete

Minimalni uzdužni nagib nivelete mora da obezbijedi slobodno oticanje vode sa kolovoza, te u isto vrijeme mora da omogući estetsko vođenje rubova kolovoza pri vitoperenju.

Bez obzira na ostala ograničenja, primjenjuje se:

- $s_{\min} = 0.5\%$  na dionicama otvorenog puta, i
- $s_{\min} = 0.7\%$  na dugačkim mostovima i vijaduktima.

Na dionicama puta gdje nagiba  $s_{\min}$  duž trase puta nije moguće postići (vertikalne krivine, vitoperenje) odvodnjavanje kolovoza treba omogućiti dodatnim projektantskim mjerama (pomjeranje osovine vitoperenja, ugradnja drenažnog asfalta, itd.).

Podudaranje odsjeka nivelete sa  $s_i < s_{\min}$  na vertikalnoj krivini sa užim područjem vitoperenja (od  $-q_{\min}$  do  $+q_{\min}$ ) nije dozvoljeno (vrlo vjerojatna pojava akvaplaninga).

Uslovi za primjenu  $s_{\min}$  različiti su za područja sa konstantnim smjerom poprečnog nagiba i za područja na kojima se smjer poprečnog nagiba mijenja (vitoperenje).

##### 4.5.3.1 Dionica puta sa konstantnim smjerom poprečnog nagiba

Područjem konstantnog smjera poprečnog nagiba smatra se dionica, na kojoj poprečni nagib kolovoza ne mijenja svoj smjer, te koji nije manji od  $q_i = 2.5\%$  (odvodnjavanje kolovoza je obezbeđeno). Razlikujemo dva slučaja:

- Minimalan uzdužni nagib nivelete na dionici je ograničen vrijednošću minimalnog uzdužnog nagiba uređenja za odvodnju duž kolovoza (rigole, kanali ili uzdignuti ivičnjaci); stoga je  $s_{min} = \min s_{odvod}$ .

Min  $s_{odvod}$  iznosi:

- o za cement-betonske površine 0.2%,
- o za asfaltne i kolovozne površine 0.3%,
- o za travnate površine 0.5%.

Na dionicama trase na kojima uzdužni nagib  $s_{min} < \min s_{odvod}$  nije moguće izbjegći, potrebno je preuređenje naprava za uzdužno odvodnjavanje (projektantski zahvati).

Dužina dionice puta u području vertikalne krivine, gdje je  $s_i < s_{min}$  definiše se jednačinom

$$L = 0,01 \cdot s_{min} \cdot r_i,$$

gdje je  $r_i$  radijus vertikalne krivine.

- Na dionicama trase sa slobodnim oticanjem vode s kolovoza (na nasipu, otvoreni duboki jarak, itd.) niveletu se može projektovati i bez uzdužnog nagiba ( $s_{min} = 0$ ).

#### 4.5.3.2 Područje promjenljivog smjera poprečnog nagiba (vitoperenje)

Promjenu poprečnog nagiba između susjednih kružnih lukova treba izvesti na cijelokupnom području prelazne krivine (klotoida). Oba ruba kolovoza (ili jedan od njih u zavisnosti od položaja osovine vitoperenja u poprečnom presjeku) moraju biti tako vođena, da relativne razlike uzdužnog nagiba pojedinog ruba kolovoza s obzirom na nagib nivelete osovine vitoperenja iznose najmanje  $\Delta s_{min}$  (vidjeti jednačinu u poglavljiju Minimalan relativni uzdužni nagib ruba kolovoza).

Ukoliko je uzdužni nagib nivelete manji ili jednak minimalnom relativnom nagibu ruba nivelete ( $s_i \leq \Delta s_{min}$ ), jedan od oba ruba kolovoza zadobije uzdužni nagib suprotnog smjera od onoga kod nivelete (pojava „pile“). Kao rezultat toga nastaje neestetski izgled toka ruba kolovoza i predstavlja poseban problem s obzirom na uređenje odvodnje.

Da bi se sprijećilo stvaranje „pile“ i obezbedilo normalno uzdužno odvodnjavanje, minimalan uzdužni nagib nivelete zavisi od izbora uzdužnih sprava za odvodnju kolovoza, tj.:

- u slučaju izdignutog ivičnjaka ili rigole:  $s_{min} = \Delta s_{min} + \min s_{odvod}$
- u slučaju slobodnog oticanja vode sa kolovoza:  $s_{min} = \Delta s_{min}$

S obzirom na realne mogućnosti posticanja ravnosti kod izvođenja kolovozne površine preporučuje se, da se gore navedenih minimalnih vrijednosti u projektima uvećaju za najmanje 0.2%.

#### 4.5.4 Zaobljenje između tangenti (vertikalne krivine)

Prelaz nivelete između susjednih tangenti treba izvodi se zaobljenjem. Postoje dve vrste zaobljenja:

- konveksna krivina (razlika između nagiba susjednih tangenti ima pozitivnu vrijednost), i
- konkavna krivina (razlika između nagiba susjednih tangenti ima negativnu vrijednost)

Zaobljenje izvodi se kružnim lukom ili nekim drugim geometrijskim elementom ako to zahtijevaju prostorni uslovi (prisilno vođenje nivelete). U tim slučajevima najviše se primenjuju kvadratna ili kubna parabola. Najveća ukrivljenost tih elemenata ne smije nigdje biti manja od određenog minimuma za veličinu radijusa kružnog luka, koji zamjenjuju.

Prelaz iz tangente u kružni luk izvede se direktno ili sa uključenjem prelazne krivine (samo u specijalnim slučajevima).

Radijusi vertikalnih krivina treba da budu odabrani tako da se postiže:

- saobraćajna bezbjednost na osnovu odgovarajuće dužine zaustavne preglednosti ( $P_z$ ),
- uravnoteženo prostorno vođenje linije trase puta (usklađivanje vertikalnih sa horizontalnim elementima, usklađivanje dužina tangenti sa dužinama krivine zaobljenja),
- prilagođavanje terenskoj liniji u cilju smanjenja troškova izgradnje (kod malog volumena saobraćaja dobija se loša ekomska iskorištenost puta), i
- očuvanje i zaštita okoline (usjek umjesto dodatnih barijera za zaštitu od buke, itd.).

Dimenzije radijusa vertikalnih krivina određuju se prema preglednosti u uslovima prethodne brzine ( $V_{pred}$ ). Za povećanje saobraćajne bezbednosti preporučuje se, da se naročito na putevima za brzi saobraćaj ove dimenzije definiraju na osnovu preglednosti za projektnu brzinu -  $P_z = f(V_{proj})$  odn.  $V_{85}$ .

Prilikom izvođenja obnove, modernizacije ili rekonstrukcije postojećih puteva na pojedinim mjestima (put ograđen zidom, uređenje ulaza, itd.) nije moguće postići potrebne dimenzije radijusa vertikalne krivine:

- za puteve iz tehničkih grupa A i B (izvan naselja) nikakva odstupanja nisu dopuštena;
- za puteve iz tehničkih grupa B (unutar naselja) i C odstupanje je dozvoljeno ukoliko je brzina kretanja ograničena odgovarajućim saobraćajnim znakovima (bilo uopšteno ili samo za uslove mokrog kolovoza),
- za puteve iz tehničke grupe D ne primjenjuju se nikakvi posebni zahtjevi, izuzev ukoliko je obezbijeđena voznost. U tu svrhu potrebno je predvidjeti radijus, najmanje  $r = 50$  m za konveksnu krivinu i najmanje  $r = 30$  m za konkavnu krivinu. Svako odstupanje od navedenih vrijednosti dozvoljeno je samo u slučaju, da je upotreba puta ograničena na osobna motorna vozila, što je potrebno posebno naglasiti u projektu.

Za određivanja radijusa konveksne krivine, koji (već) omogućava preticanje, uzima se zbroj zaustavnih dužina dva vozila, koja se kreću u suprotnim smjerovima, uvećan za dužino bezbednosti od 20%  $V_{proj}$ . Zaustavne dužine se u tom slučaju određuju sa visinom prepreke na putu, koja je jednaka visini oka vozača (1,0 m).

#### 4.5.4.1 Granične vrijednosti

Dimenzije minimalnog radijusa konveksne vertikalne krivine (razlika između nagiba susjednih tangentima pozitivnu vrijednost) prema jednačini zavise od zaustavne preglednosti, koja se izračunava od visine vozačevih očiju ( $h_1 = 1.0$  m) do visine prepreke na putu ( $h_2$ ), koja je različita kod  $V_{pred}$  i  $V_{proj}$  (Tabela 29).

Oprošćeni izraz glasi:

$$P_z = \sqrt{2 \times r_{min} \times h_1} + \sqrt{2 \times r_{min} \times h_2}$$

U tabeli 29 navedene su vrijednosti "skrivene" visine prepreke na putu, dok su u tabeli 38 navedeni minimalni radijusi konveksne krivine za zaustavnu preglednost pri nagibu nivelete od 0% (vidjeti poglavlje Vertikalna preglednost). Pored navedenog, takođe su navedene i izuzetne minimalne vrijednosti koje proizilaze iz jednačine ( $h_2 = 0$ ):

$$r_{minkonv} = 0.25 \cdot P_z^2$$

U tabeli 38 su kot graničnih brzina 50 i 100 km/h navedene duple minimalne vrijednosti. Kod 50 km/h uvažena je razlika između puteva unutar naselja i izvan njega, a kod 100 km/h razlika između dvotračnih dvosmjernih i primjenjuju se za različite visine prepreka  $h_2$  za različite tehničke grupe puteva (C i B, ili B i A),.

Dimenzije minimalnog radijusa konkavne vertikalne krivine proizilaze iz uslova vožnje noću (dužina osvjetljenog dijela kolovoza u smjeru vožnje) prema jednačini (rezultati su navedeni u tabeli 38)

$$P_z = \sqrt{2 \cdot r_{minkonk} \cdot (h + P_z \cdot \sin\varphi)}$$

Gdje je:

$P_z$	[m]	Zaustavna preglednost
$r_{minkonk}$	[m]	Minimalni radius konkavne krivine
$h$	[m]	Visina farova na vozilu – obično $h = 0.70$ m
$\varphi$	[°]	Ugao osvjetljenja s obzirom na tangencijalnu ravan – obično $\varphi = 1^\circ$

Minimalni radius konkavnog zaobljenja nivelete dobijen gornjom jednačinom upotrebljava se jedino u izuzetnim slučajevima. Za ovu krivinu su naime puno važniji uslovi saobraćajne bezbjednosti i estetskih uslovi pa se kod projektovanja puteva dimenzije radijusa određuju sa

$$r_{minkonk} \geq \frac{2}{3} \text{ susjedna } r_{konv}$$

**Tabela 38: Minimalni radijusi vertikalnih krivina nivelete pri nagibima tangente  $s = 0^\circ$**

	Brzina vožnje $V_i$ [km/h]												
	unutar naselja		dvotračni dvosmjerni putevi						Putevi sa po smjeru odvojenim kolovozima				
[m]	40	50	50	60	70	80	90	100	100	110	120	130	140
$h_2$	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15
$r_{minkonv}$	600	1250	850	1500	2600	4250	6750	10250	9000	13000	17000	23500	32000
$r_{minkonv}$ (u izuzetnim slučajevima)	300	650	650	1200	2000	3500	5000	8000	-	-	-	-	-
$r_{minkonk}$	500	800	800	1200	1700	2400	3100	4000	4000	5100	6000	7600	9000

Vrijednosti navedene u tabeli 38 primjenjuju se za sve puteve jedinstveno. Na saobraćajno naročito složenim putevima umjesto predviđene brzine ( $V_{pred}$ ) preporučuje se primjena projektne brzine ( $V_{proj}$ ).

U slučaju da se izvode rekonstrukcije ili uslijed posebnih prostornih ograničenja ili iz ekonomskih razloga, dimenzije radijusa je potrebno izračunati za svaki slučaj posebno.

#### 4.5.4.2 Osobitosti prilikom određivanja radijusa krivine

U ograničenom području vertikalne krivine uzdužni nagib kolovoza se smanjuje ispod dimenzija koje su određene kao minimalne za površinsku odvodnjbu kolovoza.

Dužina područja sa premalim uzdužnim nagibom  $D_s$  je:

- za  $s_{min} = 0.5\%$  (normalni uslovi na putu):  $D_s = \frac{r}{100}$
- za  $s_{min} = 0.7\%$  (u području velikih objekata):  $D_s = 1,4 \cdot \frac{r}{100}$

Središte ovog područja se nalazi stacionaži najviše ili najniže tačke nivelete. Ovo područje smanjenog uzdužnog nagiba ne smije da se podudara sa užim područjem vitoperenja ( $q_i < q_{min}$ ), kako bi se spriječila pojавa akvaplaninga na kolovozu.

U tom slučaju se kod konveksne krivine voda zadržava na kolovozu (bara zastajuće vode), a kod konkavne krivine količina vode na kolovozu se čak i povećava (zastojajuća i

povratna voda).

Ispod nadvožnjaka ili drugih fizičkih prepreka koje se protežu preko određenog puta (obezbjedenje slobodnog profila), radius luka konkavnog zaobljenja treba povećati do vrijednosti, da se pregledna ravan zaustavne preglednosti proteže ispod prepreke. U tom slučaju potrebno je uvažiti preglednost za vozače visokih vozila (kamion, autobus) pa se zbog toga nikada ne smije upotrebiti radiusa, koji bi proizlazio iz iznimne minimalne vrijednosti susjednog konveksnog zaobljenja.

U projektovanju puteva iz tehničkih grupa A i B (izvan naselja) ispod nadvožnjaka ili drugih fizičkih prepreka preporučuje se primenjivanje procjene i povećanja dimenzija radiusa konkavne krivine, da bi se odklonili lošiji vizuelni efekti, koji su u ovom slučaju takođe prisutni (nadvožnjak ne smije imati efekt barijere).

#### 4.5.4.3 Izbor vertikalne krivine

Zaustavna preglednost i od nje zavisne dimenzije radiusa konveksne vertikalne krivine zavisni su od uzdužnog nagiba nivelete. U cilju izračunavanja dimenzija radiusa krivine potrebno je u obzir uzeti srednju vrijednost nagiba dviju susjednih tangenti i njemu odgovarajuću preglednost (Crtež 69).

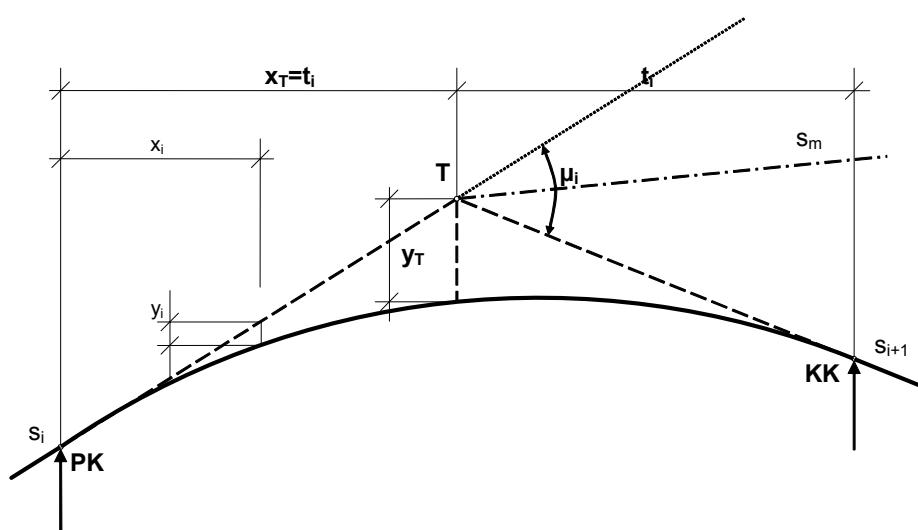
Elementi vertikalne krivine nivelete su sljedeći:

- Razlika između nagiba susjednih tangenti  $\mu_i = s_i - s_{i+1} [\%]$
- Projektovani nagib tangente za procjenu  $P_z [\%]$   $s_m = 1/2 (s_i - s_{i+1})$
- Radijus krivine  $r_i [m]$
- Tangenta luka krivine  $t_i = \frac{r_i}{2} \cdot \frac{\mu_i}{100} [m]$
- Udaljenost između vrha i luka  $y_T = \frac{x_T^2}{2r_i} [m]$
- Udaljenost između nivelete i tangente u poprečnom presjeku  $y_i = \frac{x_i^2}{2r_i} [m]$ .

Izračunane velikosti posameznih elemenata zaokrožitve se u projektu za cesto upoštevaju u horizontalni oziroma vertikalni projekciji u polni meri (ni redukcije zaradi nagibov).

Proračunate vrijednosti pojedinih horizontalnih i vertikalnih elemenata zaobljenja uzimaju se u obzir u njihovim nesmanjenim dimenzijama. Redukcija zbog nagiba ne uzima se u obzir, osim u izuzetnim slučajevima (vrlo veliki usponi i slično).

**Crtež 69: Shema konveksne krivine nivelete**



Gdje je:

$r_i$	[m]	Radius krivine: $r_i = f/P_z(s_m)$
$s_i$	[%]	Nagib nivelete
$s_m$	[%]	Projektovani nagib tangente: $s_m = 1/2 (s_i - s_{i+1})$
T		Najviša tačka – prelamanje tangenti
$t_i$	[m]	Tangenta luka krivine:
$y_i$	[m]	Udaljenost između nivelete i tangente
$\mu_i$	[%]	Razlika nagiba dviju susjednih tangenti
PK		Početak krivine
KK		Kraj krivine

#### 4.5.5 Kompozicija i usklađenost susjednih elemenata nivelete

Ako ne postoje posebni razlozi, primjenjivati je potrebno radijuse krivina čije su dimenzije veće od minimalnih vrijednosti.

Prilikom spajanja konveksne i konkavne krivine, dimenzije radijusa konkavnog luka treba da iznose najmanje 2/3 od susjednog većeg radijusa konveksne krivine. Svako odstupanje od ovog pravila mora biti detaljno obrazloženo u projektu puta. Nikakva odstupanja nisu dozvoljena za puteve iz tehničkih grupa A i B (izvan naselja).

Uzimajući u obzir estetske zahtjeve, preporučuje se, da radius konkavne krivine iznosi najmanje  $1/2$  radijusa susjedne konveksne krivine, ukoliko je tangenta između navedenih krivina znatno kraća od dužine pojedine krivine.

Pored dimenzija najmanjeg radijusa vertikalne krivine takođe je potrebno obezbijediti dovoljnu dužinu vertikalne krivine, s obzirom na trajanje vožnje na pojedinim geometrijskim elementima (5-7 sekundi vožnje).

Sa estetskog i psihofizičkog stanovišta veoma je povoljno da su sklop u uzastopne krivine-tangente-krivine dužine elemenata uglavnom jednake.

U cilju obezbjeđenja vizuelne usklađenosti sa horizontalnim geometrijskim elementima osovine puta potrebno je odabrati dužinu zaobljenja koja neće početi i završiti se u području istog horizontalnog elementa osovine puta.

U cilju omogućavanja bezbjednosti saobraćaja nije dozvoljeno projektovanje vertikalne krivine između dvije susjedne tangente nivelete sa različitim znakovima, ukoliko se dio luka navedene krivine pri nagibu  $s_i < s_{min}$  ( $0.5\%$  ili  $0.7\%$ ) u potpunosti ili samo djelomično poklapa sa užim dijelom vitoperenja poprečnog nagiba, u granicama  $q = +/- q_{min}$ .

Pored gore navedenih odredbi, iz estetskih i saobraćajno bezbjednosnih razloga za puteve iz tehničkih grupa A i B, u obzir je potrebno uzeti sljedeće preporuke:

- uzdužni nagibi ispod  $0.8\%$  dejstvuju kao ravan i praktično su neuobičajivi,
- uzdužni nagibi između  $1\%$  i  $3\%$  su dovoljno prepoznatljivi i djeljivi,
- uzdužni nagibi između  $4\%$  i  $8\%$  su vizuelno veoma strmi,
- kratke vertikalne krivine treba izbjegavati,
- pri manjim promjenama nagiba nivelete ( $\mu \leq 3\%$ ), minimalne vertikalne krivine prouzrokuju veoma kratke tangente i, kao posljedica toga, nastaju veoma nepovoljni vizuelni efekti,
- vizuelno dobra rješenja moguće je postići uvođenjem vertikalnih krivina, koje su najmanje tri puta veće od minimalnih vrijednosti,
- ukoliko na ravnom terenu ili pri veoma istegnutom toku osovine puta u osnovi, konkavna i konveksna vertikalna krivina slijede veoma dugačku tangentu, radius konkavne krivine treba da bude veći od radijusa konveksne krivine (sprečavanje efekta "zida"),

ukoliko je tangenta između dvije krivine suprotnog smjera neproporcionalno kratka u poređenju sa dužinom krivina, istu je potrebno smanjiti, što doprinosi usklađenom vođenju uzdužnog profila na prelazu iz jedne krivine u drugu.

## 4.6 USKLAĐENOST ELEMENATA OSOVINE PUTA

Na putevima iz tehničke grupe A, kao i na značajnim putevima iz grupe B, potrebno je uvesti geometrijske elemente osovine puta i tehničke elemente nivelete puta na način, da se protežu određenim redoslijedom i da su međusobno usklađeni.

Razlikujemo sljedeće vrste usklađenosti elemenata:

- prema smjeru i dimenzijama radijusa,
- prema njihovoj dužini, i
- s obzirom na prostorni (3D) tok linije osovine puta.

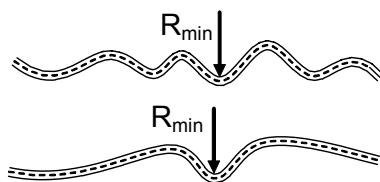
Osovina puta je prostorna (3D) krivina kod koje treba da budu horizontalni elementi osovine i nivelete međusobno usklađeni, kako bi osovina puta imala estetski i ugodan saobraćajno-tehnički tok u prostoru.

Pored odredbi koje se odnose na obezbjeđenje dovoljnih nagiba za odvodnju površine kolovoza (sprečavanje akvaplaninga), u obzir je potrebno uzeti i sljedeće:

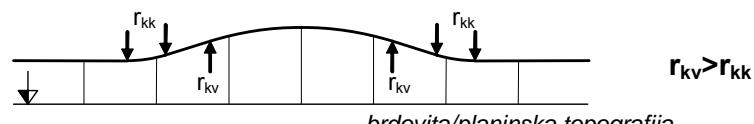
- dužina vertikalne krivine treba da bude veća od dužine pojedinih horizontalnih elemenata osovine puta, s kojima po stacionaži koincidira (početak i kraj vertikalne krivine ne smiju biti locirani u području istog horizontalnog elementa osovine puta);
- omjer između horizontalnog ( $R$ ) i vertikalnog radijusa ( $r$ ) treba da bude što manji (1:10 do 1:20);
- ukoliko nije moguće postići povoljan omjer susjednih radijusa, čije dimenzije utiču na opažanje toka puta iz perspektive, preporučuje se kompjuterska vizualizacija toka puta;
- ugrađivanje dvije uzastopne vertikalne krivine u područje pregledne udaljenosti dozvoljeno je samo na putevima iz tehničkih grupa C i D i na putevima unutar u urbane sredine;
- infleksione tačke horizontalnog i vertikalnog toka osovine puta neka se nalaze na otprilike istoj stacionaži;
- u slučaju zahtjevnog reljefa (veliki uzdužni nagibi nivelete) poželjno je da se između dvije vertikalne krivine predviđi dionica sa konstantnim uzdužnim nagibom; na taj način, vozač dobija utisak horizontalnog toka puta ispred sebe; horizontalna infleksiona tačka treba da se nalazi što bliže početku konkavne krivine;
- na putevima iz grupe A i B (izvan naselja), osovine mosta/vijadukta prilagođavaju se liniji osovine puta; na ostalim putevima može i obrnutim redom, kako bi se postiglo što više racionalno rešenje objekata;
- ukoliko su značajni vijadukti na putevima iz tehničkih grupa A i B (izvan naselja) locirani u području vertikalnih krivina, vođenjem nivelete i dovoljnom širinom pregledne berme potrebno je omogućiti da bude pravovremeno vidljiv (prepoznatljiv) i njihov kraj;
- iste odredbe se na putevima iz tehničkih grupa A i B (izvan naselja) primjenjuju i za raskrsnice u nivou.

Osnovna pravila za obezbjeđenje usklađenosti prostornog (3D) toka osovine puta predstavljena su na crtežima od broja 70 do 74.

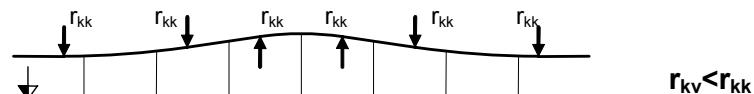
### Crtež 70: Načini usklađivanja redoslijeda geometrijskih elemenata



usklađenost/neusklađenost horizontalnih elemenata



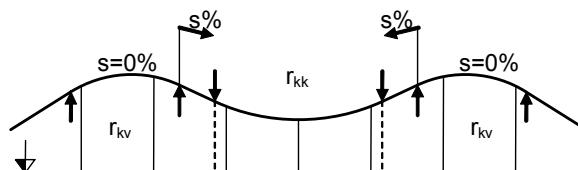
brdovita/planinska topografija



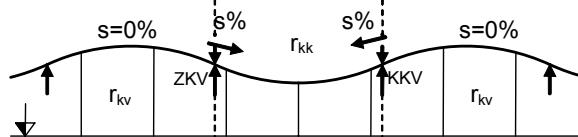
topografija ravnice

usklađenost vertikalnih krivina -  $r_{kk} : r_{kv}$ 

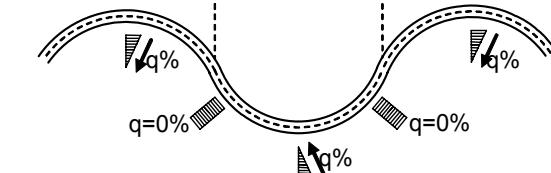
vertikalni tok



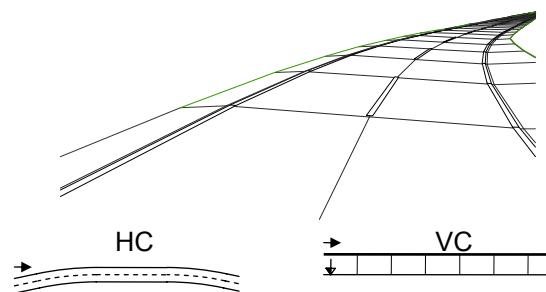
vertikalni tok



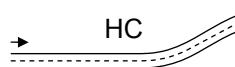
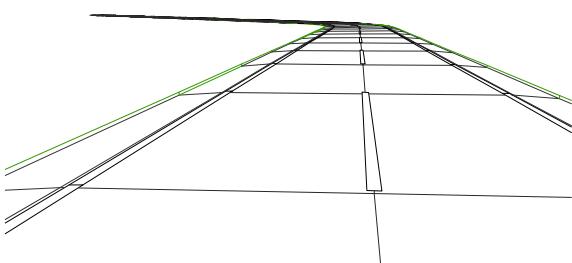
horizontalni tok



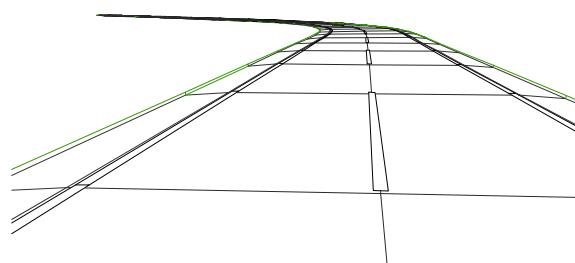
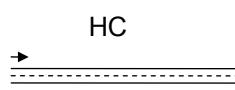
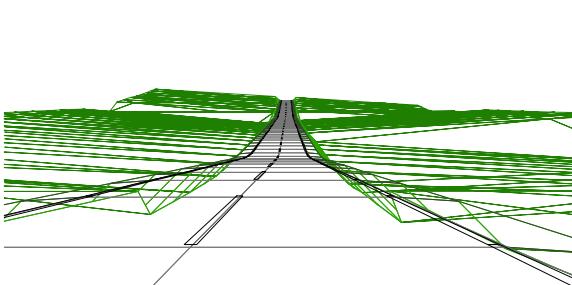
prostorna (3D) usklađenost elemenata osovine

**Crtež 71: Karakteristike vođenja osovine puta u 3D**

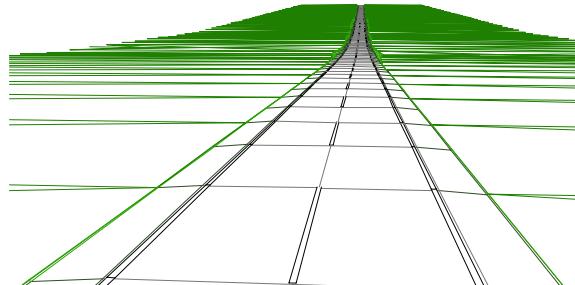
KRATAK MEĐU-PRAVAC (NEPRIKLADNO)



NEDOVOLJAN HORIZONTALNI RADIJS

**TRASA U HORIZONTALNOM SMJERU**

SA KRATKOM MEĐU-TANGENTOM (NEPRIKLADNO)

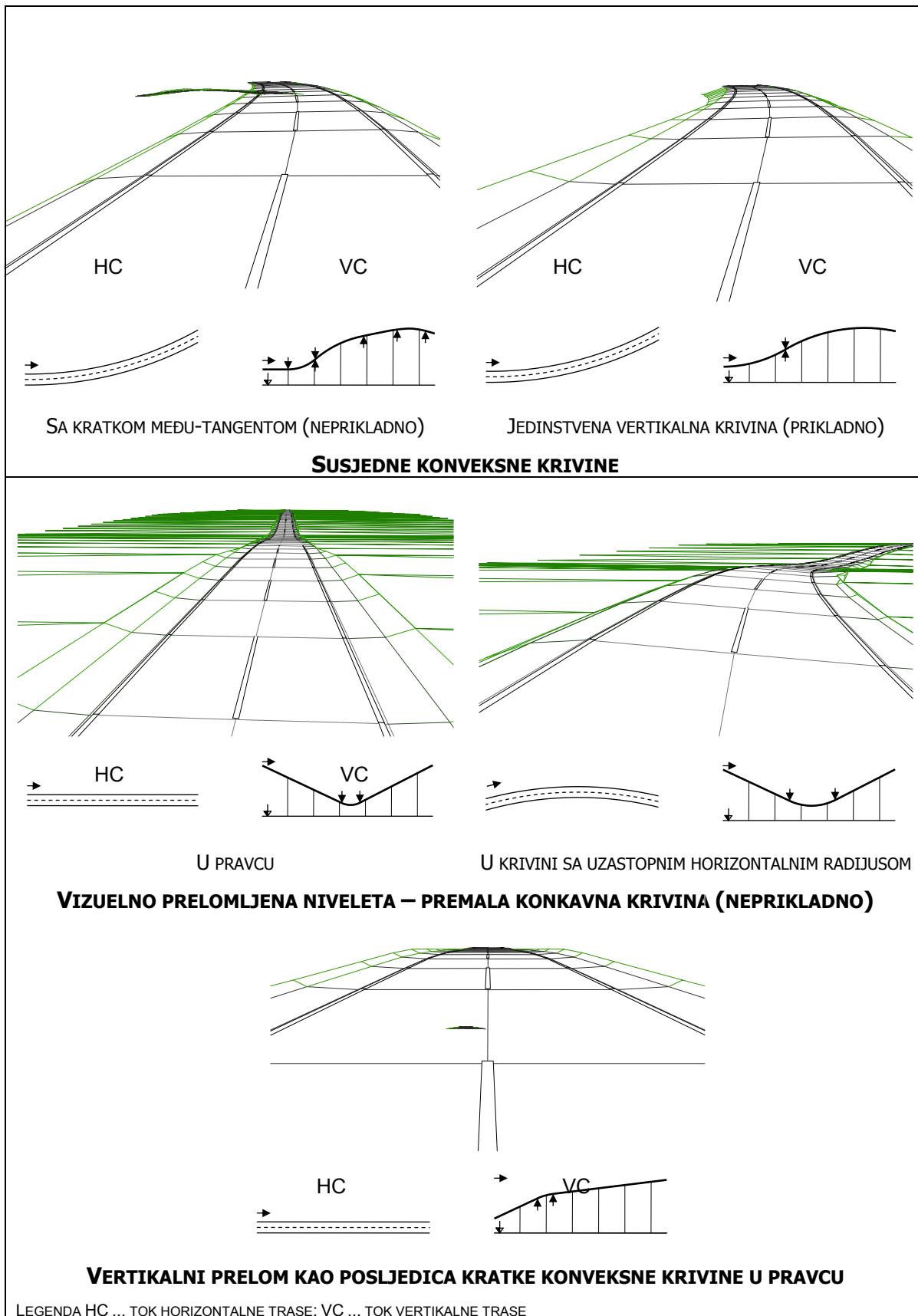


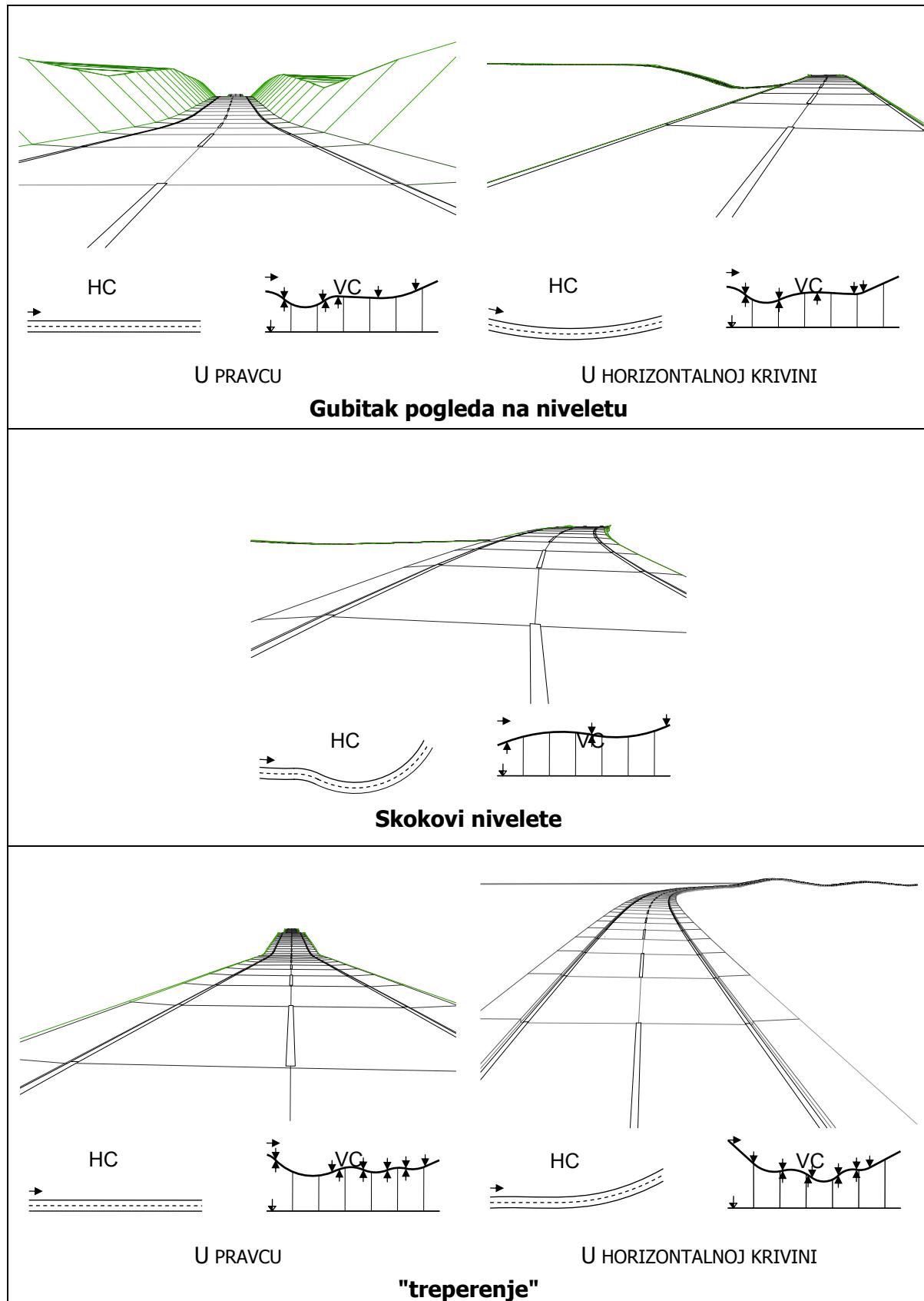
JEDINSTVENA VERTIKALNA KRIVINA (PRIKLADNO)

**Redoslijed konkavnih krivina**

Legenda: HC ... tok horizontalne trase; VC ... tok vertikalne trase

### Crtež 72: Karakteristike vođenja osovine puta u 3D



**Crtež 73: Karakteristike vođenja osovine puta u 3D**

**Crtež 74: Karakteristike vođenja osovine puta u 3D**