

2.4.2. Nivo usluge dvotračnih puteva za dvosmerni saobraćaj prema metodologiji HCM-2000

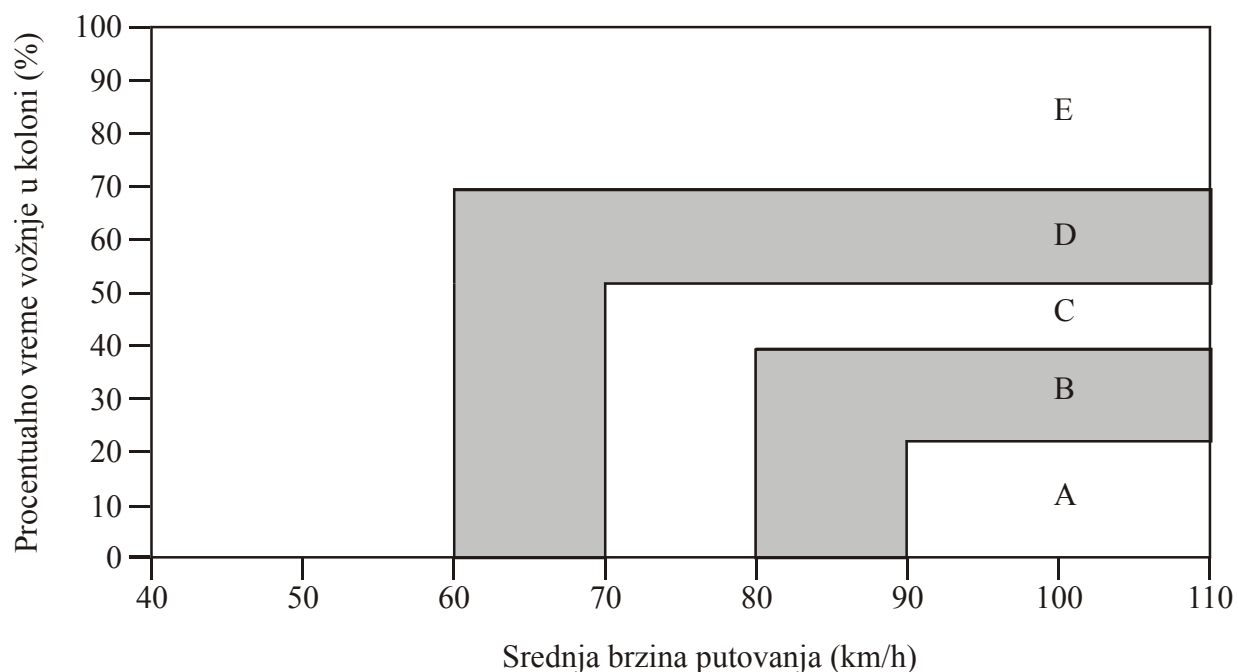
Prema HCM-u 2000 kao presudan parametar za određivanje nivoa usluge se koriste uslovi u kojima se odvija saobraćaj. Primarna uloga je dodeljena procentu vremena koji vozila provedu u vožnji u koloni i srednjoj brzini putovanja, a relacija tok / kapacitet se pojavljuje samo kao prateći parametar. Nivo usluge se razlikuje za puteve prvog i puteve drugog ranga. Kod puteva prvog ranga nivo usluge se određuje na osnovu procenta vremena koji vozila provedu u vožnji u koloni i srednje brzine putovanja, dok se kod puteva drugog ranga on određuje na osnovu procenata vremena koji vozila provedu u vožnji u koloni, ne uzimajući u obzir srednju brzinu putovanja. Vozači će tolerisati veći procenat vremena vožnje u koloni kod puteva drugog ranga nego kod puteva prvog ranga jer putevi drugog ranga obično služe za kraća putovanja.

U HCM-u 2000 teren se deli na ravničarski, brežuljkasti i planinski. Proračun puteva, koji se nalaze na planinskim terenima, se vrši po posebnoj metodologiji, koja podrazumeva duže deonice puteva sa podužnim nagibom većim od 3 %. Ravničarski teren je teren sa podužnim nagibom do 2 % dok se pod putevima na brežuljkastom terenu podrazumevaju putevi sa kraćim i srednjim deonicama, koji imaju nagib od 2 % do 3 %.

Nivo usluge dvotračnih puteva za dvosmerni saobraćaj se određuje tako što se prvo uporedi protok izražen u putničkim automobilima Q_p sa kapacitetom u oba smera koji iznosi 3200 PA/h. Ako protok ima vrednost veću od kapaciteta, onda put ima nivo usluge F. Kod nivoa usluge F procenat vremena koje vozila provedu u vožnji u koloni je blizu 100 procenata a brzine su veoma promenljive i teške za određivanje. Međutim ako kapacitet nije dostignut, odnosno Q_p je manje od kapaciteta, onda se nivo usluge određuje za puteve prvog ranga na osnovu tabele 2.26. ili grafičkog prikaza na slici 2.1._u kojima su date maksimalne vrednosti procenta vremena vožnje u koloni i srednje brzine putovanja za svaki nivo usluge, dok se za puteve drugog ranga nivo usluge određuje na osnovu tabele 2.27. u kojoj su date samo maksimalne vrednosti procenta vremena vožnje u koloni za svaki nivo usluge. Iako se srednja brzina putovanja ne uzima u obzir prilikom određivanja nivoa usluge dvotračnog puta za dvosmerni saobraćaj druge klase, ona može biti korisna za određivanje kvaliteta usluge istog.

Tabela 2.26. Nivo usluge za dvotračne puteve prvog ranga

Nivo usluge	Procenat vremena vožnje u koloni	Srednja brzina vožnje u koloni
A	≤ 35	> 90
B	$> 35-50$	$> 80-90$
C	$> 50-65$	$> 70-80$
D	$> 65-80$	$> 60-70$
E	> 80	≤ 60



Slika 2.1. Nivo usluge za dvotračne puteve prvog ranga

Tabela 2.27. Nivo usluge za dvotračne puteve drugog ranga

Nivo usluge	Procentat vremena vožnje u koloni
A	≤ 40
B	$> 40-55$
C	$> 55-70$
D	$> 70-85$
E	> 85

Određivanje brzine slobodnog toka

Veoma bitan korak u određivanju nivoa usluge dvotračnih puteva predstavlja određivanje brzine u slobodnom toku $V_{sl.tok}$. Ova brzina se može odrediti terenski, međutim ako nisu dostupni terenski podaci onda se može odrediti indirektno.

Indirektno se može odrediti tako što će se osnovna brzina slobodnog toka umanjiti u zavisnosti od ograničavajućih faktora, kao što je prikazano u sledećem obrascu:

$$V_{sl.tok} = V_o - F_{st/bs} - F_{kt} \quad (\text{km/h}) \quad (2.18.)$$

gde je:

$V_{sl.tok}$ -brzina slobodnog toka,

V_o -osnovna brzina slobodnog toka,

$F_{st/bs}$ -faktor prilagođenja za širinu trake i bočnu smetnju,
 F_{kt} - faktor prilagođenja za postojeći broj konfliktnih tačaka.

Osnovna brzina slobodnog toka na dvotračnom putu se može odrediti na osnovu podataka o brzini i iskustvima o drugim tehnički istim objektima.

U ograničavajuće faktore koji se koriste pri proračunu brzine slobodnog toka spadaju širina trake, udaljenost bočnih smetnji i broj konfliktnih tačaka. Manja širina trake, udaljenost bočnih smetnji i veći broj konfliktnih tačaka na dvotračnom putu imaju za efekat manju brzinu slobodnog toka. Uticaj širine trake i udaljenosti bočnih smetnji je predstavljen sa faktorom prilagođenja za širinu trake i bočnu smetnju $F_{st/bs}$, čije su vrednosti u odnosu na određene širine trake i udaljenosti bočnih smetnji date u tabeli 2.28.

Tabela 2.28. Faktor prilagođenja za širinu trake i bočnu smetnju

Širina trake izražena u metrima	Promena brzine slobodnog toka u km / h			
	Bočna smetnja, udaljenost u metrima			
	$\geq 0,0 < 0,6$	$\geq 0,6 < 1,2$	$\geq 1,2 < 1,8$	$\geq 1,8$
$2,7 < 3,0$	10,3	7,7	5,6	3,5
$\geq 3,0 < 3,3$	8,5	5,9	3,8	1,7
$\geq 3,3 < 3,6$	7,5	4,9	2,8	0,7
$\geq 3,6$	6,8	4,2	2,1	0,0

Uticaj broja konfliktnih tačaka na brzinu slobodnog toka je predstavljen faktorom broja konfliktnih tačaka F_{kt} , čije su vrednosti u odnosu na broj konfliktnih tačaka date u tabeli 2.29.

Tabela 2.29. Faktor prilagođenja za postojeći broj konfliktnih tačaka

Broj tačaka sukobljavanja po kilometru	Promena brzine slobodnog toka u km / h
0	0,0
6	4,0
12	8,0
18	12,0
≥ 24	18,0

Iz prethodne tabele vidimo da se sa svakom novom konfliktnom tačkom na kilometar smanjuje brzina slobodnog toka za oko 0,4 km/h. Gustina konfliktnih tačaka se dobija kada se

ukupan broj konfliktnih tačaka koje utiču na saobraćajni tok podele sa dužinom odseka u kilometrima.

Kao što se vidi iz prethodnog, faktor prilagođenja za širinu trake i bočne smetnje $F_{st/bs}$ i faktor broja konfliktnih tačaka F_{kt} nisu bez dimenzionalne veličine, već predstavljaju brzine za koje se umanjuje osnovna brzina u odnosu na širinu trake, udaljenost bočnih smetnji i broj konfliktnih tačaka.

Ako odsek puta sadrži oštre horizontalne krivine koje u većoj meri utiču na brzinu, bilo bi poželjno da se brzina slobodnog toka odredi posebno za krivine i pravce i da se izračuna srednja vrednost brzine slobodnog toka za ceo odsek.

Pri određivanju brzine slobodnog toka u prethodnom izlaganju obuhvaćeni su vozači koji svakodnevno idu na posao i vozači koji idu zbog neke druge svrhe. Između njih nema razlike, osim ako se očekuje da će ljudi koji idu redovno na posao koristiti objekte uspešnije nego drugi povremeni vozači. Ako se ovaj efekat uzima u obzir onda se brzina slobodnog toka treba odrediti terenski ili ako to nije moguće trebali bi se uzeti ovi efekti u obzir.

Određivanje protoka izraženog u automobilima za vršni petnaestominutni period

Protok izražen u putničkim automobilima za vršni petnaestominutni period se računa prema sledećem obrascu:

$$Q_p = \frac{Q}{FV\check{C} \cdot F_{pn} \cdot F_{tv}} \quad (\text{PA/h}) \quad (2.19.)$$

gde je:

Q_p - protok izražen u putničkim automobilima za vršni petnaestominutni period,

Q - merodavno opterećenje,

$FV\check{C}$ - faktor vršnog časa,

F_{pn} - faktor prilagođenja za podužni nagib,

F_{tv} - faktor prilagođenja za teško teretna vozila.

Faktor vršnog časa $FV\check{C}$ predstavlja promenu saobraćajnog toka u toku časa.

Faktor prilagođenja za podužni nagib F_{pn} se računa za uticaj terena na brzinu putovanja i procenat vremena vožnje u koloni čak ako teška vozila nisu prisutna. Vrednosti faktora prilagođenja za podužni nagib za određivanje srednje brzine putovanja su date u tabeli 2.30. dok su za određivanje procenata vremena vožnje u koloni dati u tabeli 2.31..

Tabela 2.30. Faktor prilagođenja za podužni, za određivanje brzine

Vrednost protoka u oba smera	Vrednost protoka u jednom smeru	Vrsta terena	
		Ravničarski	Brežuljkast
0 – 600	0 – 300	1,00	0,71
> 600 – 1200	> 300 – 600	1,00	0,93
> 1200	> 600	1,00	0,99

Tabela 2.31. Faktor prilagođenja za podužni nagib, za određivanje procentualnog vremena vožnje u koloni

Vrednost protoka u oba smera	Vrednost protoka u jednom smeru	Vrsta terena	
		Ravničarski	Brežuljkast
0 – 600	0 – 300	1,00	0,77
> 600 – 1200	> 300 – 600	1,00	0,94
> 1200	> 600	1,00	1,00

Faktor prilagođenja za teška teretna vozila F_{tv} se računa prema sledećem obrascu:

$$F_{tv} = \frac{1}{1 + P_t (E_t - 1) + P_r (E_r - 1)} \quad (2.20.)$$

gde je:

P_t -Procenat teških teretnih vozila i auto-vozova izražen u decimalnom zapisu,

P_r -Procenat rekreativnih vozila izražen decimalno,

E_t - Ekvivalent svođenja za TTV i AV na putničke automobile,

E_r - Ekvivalent svođenja za rekreaciona vozila na putničke automobile.

Faktor prilagođenja teških teretnih vozila obuhvata TTV, AV i rekreaciona vozila. Da bi se odredio faktor prilagođenja teških teretnih vozila prvo je potrebno odrediti ekvivalent svođenja za TTV i AV na putničke automobile E_t i ekvivalent svođenja za rekreaciona vozila na putničke automobile E_r koji se određuju iz tabele 2.32. za određivanje srednje brzine putovanja i iz tabele 2.33. za određivanje procenta vremena vožnje u koloni.

Tabela 2.32. Ekvivalenti svođenja teških teretnih i rekreacionih vozila u putničke automobile, pri određivanju brzine

Vrsta vozila	Vrednost protoka u oba smera	Vrednost protoka u jednom smeru	Vrsta terena	
			Ravničarski	Brežuljkast

TT, AV, E _t	0 – 600	0 – 300	1,7	2,5
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,2	1,9
	> 1200	> 600	1,1	1,5
Rekreaciona E _r	0 – 600	0 – 300	1,0	1,1
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,0	1,1
	> 1200	> 600	1,0	1,1

Tabela 2.33. Ekvivalenti svođenja teških teretnih i rekreacionih vozila u putničke automobile, pri određivanju procentualnog vremena vožnje u koloni

Vrsta vozila	Vrednost protoka u oba smera	Vrednost protoka u jednom smeru	Vrsta terena	
			Ravničarski	Brežuljkast
TT, AV, E _t	0 – 600	0 – 300	1,1	1,8
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,1	1,5
	> 1200	> 600	1,0	1,0
Rekreaciona E _r	0 – 600	0 – 300	1,0	1,0
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,0	1,0
	> 1200	> 600	1,0	1,0

Da bi se odredio protok Q_p a zatim i procenat vremena vožnje u koloni i srednja brzina vožnje na osnovu čega se određuje nivo usluge potrebno je prvo odrediti protok u vozilima na čas to jest $Q/FVČ$. Posle toga je potrebno odrediti vrednosti F_{pn} , E_t i E_r na osnovu izračunatog protoka koristeći prethodno datih tabela. Onda treba izračunati vrednost Q_p na osnovu obrasca 2.19. i ako je izračunata vrednost manja od gornje granice izabranog opsega protoka za koji su određeni F_{pn} , E_t i E_r onda se ona može dalje koristiti postupku za određivanje nivoa usluge. Međutim ako je Q_p veće od gornje granice izabranog opsega protoka treba ponoviti ovaj proces za uzastopne veće vrednosti dok se ne nađe prihvatljiva vrednost Q_p .

Određivanje srednje brzine putovanja V_{sp}

Srednja brzina putovanja V_{sp} se određuje na osnovu brzine slobodnog toka $V_{sl.tok}$, protoka izraženog u puničkim automobilima za vršni petnaestominutni period Q_p i faktora prilagođenja usled zabrane preticanja F_{zp} . Protok Q_p se određuje na osnovu obrasca 2.19. gde se koristi vrednost faktora prilagođenja za teška teretna vozila F_{tv} izračunatog za podatke dobijene iz tabele 2.32. Prema tome srednja brzina putovanja se određuje na osnovu sledećeg obrasca:

$$V_{sp} = V_{sl.tok} - 0,0125 \cdot Q_p - F_{zp} \quad (\text{km/h}) \quad (2.21.)$$

gde je:

F_{zp} - faktor prilagođenja usled zabrane preticanja.

Faktor prilagođenja F_{zp} kojim se iskazuje uticaj efekata zabrane preticanja na srednju brzinu putovanja se određuje iz tabele 2.34. na osnovu protoka Q_p i procenta zona gde je zabranjeno preticanja. Faktor prilagođenja usled zabrane preticanja nije bez dimenzionalna veličina, već predstavlja brzinu za koju se umanjuje brzina slobodnog toka u odnosu na uticaj efekata zabrane preticanja na srednju brzinu putovanja.

Tabela 2.34. Faktor prilagođenja usled zabrane preticanja za srednju brzinu putovanja

Q_p (PA/h)	Promena srednje brzine putovanja u km/h					
	Procenat zona gde je zabranjeno preticanje					
	0	20	40	60	80	100
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
200	0,0	1,0	2,3	3,8	4,2	5,6
400	0,0	2,7	4,3	5,7	6,3	7,3
600	0,0	2,5	3,8	4,9	5,5	6,2
800	0,0	2,2	3,1	3,9	4,3	4,9
1000	0,0	1,8	2,5	3,2	3,6	4,2
1200	0,0	1,3	2,0	2,6	3,0	3,4
1400	0,0	0,9	1,4	1,9	2,3	2,7
1600	0,0	0,9	1,3	1,7	2,1	2,4
1800	0,0	0,8	1,1	1,6	1,8	2,1
2000	0,0	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8
2200	0,0	0,8	1,0	1,4	1,5	1,7
2400	0,0	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7
2600	0,0	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6
2800	0,0	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4
3000	0,0	0,8	0,9	1,1	1,1	1,3
3200	0,0	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1

Određivanje procenta vremena vožnje u koloni

Procenat vremena vožnje u koloni T_{vk} se određuje na osnovu sledećeg obrasca:

$$T_{vk} = T_{vko} + F_{rs/zp} \quad (\%)$$

(2.22.)

gde je:

T_{vko} - osnovni procenat vremena koji vozila provedu u vožnji u koloni,

$F_{rs/zp}$ -Faktor prilagođenja za uticaj raspodele tokova po smerovima i zabrane preticanja.

Osnovni procenat vremena koji vozila provedu u vožnji u koloni se računa prema sledećem obrascu:

$$T_{vko} = 100 \cdot \left(1 - e^{-0.000879 \cdot Q_p} \right) \quad (\%)$$

(2.23.)

Tabela 2.25. Faktor prilagođenja za uticaj raspodele tokova po smerovima i zabrane preticanja

Q _p (voz/h)	Uvećanje vremena provedenog u vožnji u koloni u %					
	Procenat zona gde je zabranjeno preticanje					
	0	20	40	60	80	100
Raspodela tokova po smerovima 50/50						
≤ 200	0,0	10,1	17,2	20,2	21,0	21,8
400	0,0	12,4	19,0	22,7	23,8	24,8
600	0,0	11,2	16,0	18,7	19,7	20,5
800	0,0	9,0	12,3	14,1	14,5	15,4

1400	0,0	3,6	5,5	6,7	7,3	7,9
2000	0,0	1,8	2,9	3,7	4,1	4,4
2600	0,0	1,1	1,6	2,0	2,3	2,4
3200	0,0	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4
Raspodela tokova po smerovima 60/40						
≤ 200	1,6	11,8	17,2	22,5	23,1	23,7
400	0,5	11,7	16,2	20,7	21,5	22,2
600	0,0	11,5	15,2	18,9	19,8	20,7
800	0,0	7,6	10,3	13,0	13,7	14,4
1400	0,0	3,7	5,4	7,1	7,6	8,1
2000	0,0	2,3	3,4	3,6	4,0	4,3
≥ 2600	0,0	0,9	1,4	1,9	2,1	2,2
Raspodela tokova po smerovima 70/30						
≤ 200	2,8	13,4	19,1	24,8	25,2	25,5
400	1,1	12,5	17,3	22,0	22,6	23,2
600	0,0	11,6	15,4	19,1	20,0	20,9
800	0,0	7,7	10,5	13,3	14,0	14,6
1400	0,0	3,8	5,6	7,4	7,9	8,3
≥ 2000	0,0	1,4	4,9	3,5	3,9	4,2
Raspodela tokova po smerovima 80/20						
≤ 200	5,1	17,5	24,3	31,0	31,3	31,6
400	2,5	15,8	21,5	27,1	27,6	28,0
600	0,0	14,0	18,6	23,2	23,9	24,5
800	0,0	9,3	12,7	16,0	16,5	17,0
1400	0,0	4,6	6,7	8,7	9,1	9,5
≥ 2000	0,0	2,4	3,4	4,5	4,7	4,9
Raspodela tokova po smerovima 90/10						
≤ 200	5,6	21,6	29,4	37,2	37,4	37,6
400	2,4	19,0	25,6	32,2	32,5	32,8
600	0,0	16,3	21,8	27,2	27,6	28,0
800	0,0	10,9	14,8	18,6	19,0	19,4
≥ 1400	0,0	5,5	7,8	10,0	10,4	10,7