

# Analiza kapaciteta na ulivno-izlivnim rampama autoputa primenom HCM-a 2000 i HBS-a 2001



Prof. dr Vladan Tubić, dis  
Marijo Vidas, dis

Rezultat rada na projektu Ministarstva za nauku i  
tehnološki razvoj Republike Srbije br. 15015

# Uvod

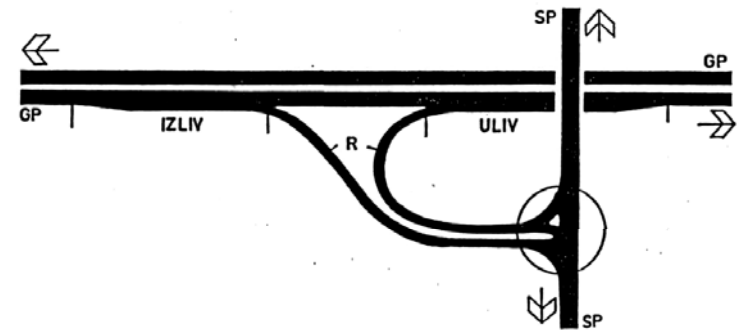


Priključak predstavlja funkcionalni sistem koji uz elementarni manevar ulivanja, odnosno izlivanja preko puta rampe omogućava saobraćajnim tokovima da pređu sa jednog puta na drugi. Skup svih pojedinačnih priključaka čini jednu denivelisanu raskrsnicu

Priključak je funkcionalni sistem koji sadrži 3 funkcionalna dela – komponente:

- Glavni čvor rampe
- Put rampe
- Sekundarni čvor rampe.

Efikasnost funkcionisanja priključka zavisi od sve tri komponente, odnosno ako su odgovarajuće dimenzionisane po meri zahteva saobraćajnih tokova.



# Uvod



Glavni čvor rampe se projektuje da bi se omogućilo ulivanje i izlivanje sa minimalnim uticajem, odnosno ometanjem saobraćajnog toka na glavnom pravcu.

Put rampe je uopšteno definisan kao jedan povezujući deo puta ili kao bilo koja veza puteva u različitim nivoima, koja omogućava vozilima da se priključe na ili isključe sa označenog puta.

Sekundarni čvor rampe može biti tipa koji dopušta nekontrolisano uplitanje (uliv) i isplitanje (izliv) ili oblikovano ukrštanje u istom nivou.

Kapacitet priključka je najmanja od tri vrednosti:

- kapaciteta čvora u zoni spajanja rampe sa glavnim pravcem,
- kapaciteta puta rampe i
- kapaciteta čvora u zoni spajanja sa sekundarnim pravcem.

# Uvod



Put rampe se razlikuje od glavnog toka na autoputu u tome:

- što je to put ograničene dužine i širine (najčešće samo jedna traka),
  - brzina slobodnog toka je često niža nego na onim putevima sa kojima se rampa spaja, a posebno u odnosu na autoput,
  - na rampama sa jednom trakom, gde nisu moguće operacije preticanja, veoma je izražen nepovoljan uticaj kamiona i drugih sporih vozila, za razliku kod puteva sa više traka, i
  - na ukrštanju rampe i ulice, mogu se javiti redovi na rampi, posebno ako je ukrštanje signalizovano.
-

# Uvod



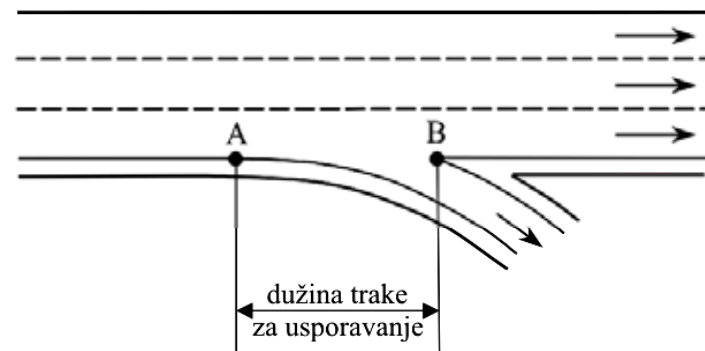
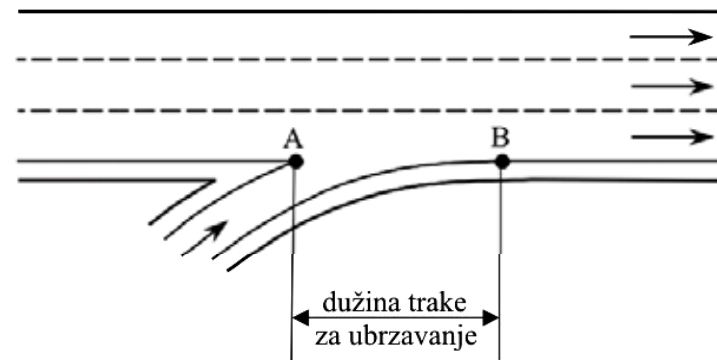
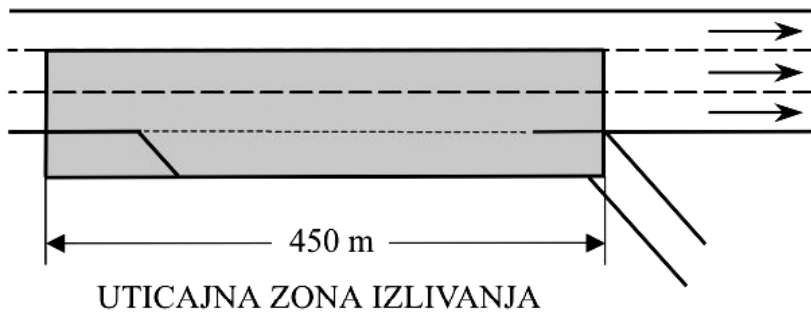
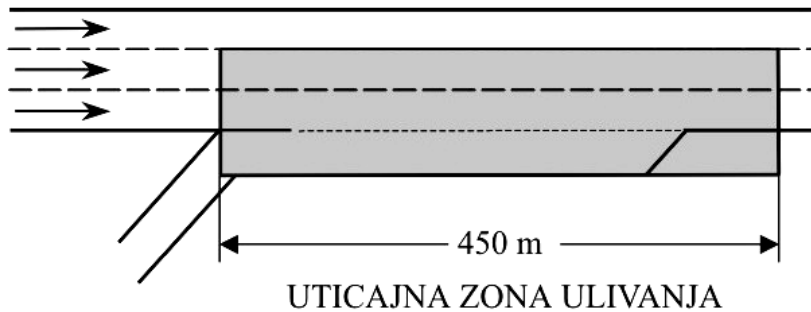
Vozila koja se sa ulivne rampe uključuju na glavni pravac, nastoje da pronađu vremensku i prostornu “prazninu” u glavnom saobraćajnom toku. S obzirom da se većina rampi nalazi sa desne strane glavnog pravca, stoga je odlučeno da saobraćajna traka u koju se ulivaju vozila sa rampe se obeležava kao Traka 1.

Istraživanja su pokazala da je uticaj ulivajućih vozila najveći u Trakama 1 i 2, kao i u traci za ubrzavanje u uticajnoj zoni dužine 450m od tačke ulivanja.

Kod izlaznih rampi osnovni manevar je izlivanje, odnosno razdvajanje jednog saobraćajnog toka na dva. Vozila koja se isključuju sa glavnog pravca moraju zauzeti traku koja se nalazi uz izlaznu rampu (Traka 1 za desne izlazne rampe).

Istraživanja pokazuju da se najveće turbulencije pojavljuju u Trakama 1 i 2, kao i u traci za usporavanje u zoni dužine od 450 (m) od tačke izlivanja.

# Uvod



# Uvod



Parametri od značaja za analizu kapaciteta i Nivoa Usluge:

- broj i širine saobraćajnih traka,
- udaljenost bočnih smetnji,
- vrsta terena, prosečni i specifični uzdužni nagibi,
- stepen zakrivljenosti,
- karakteristika vozača,
- struktura saobraćajnog toka i učešće teretnih vozila i ostali.

Specifični parametri koji su od praktičnog značaja za funkcionisanje glavnih (autoputnih) čvorova rampe i analize kapaciteta i Nivoa Usluge:

- dužina trake za usporavanja/ubrzavanje,
- slobodne brzine na putevima rampi, i
- raspodela saobraćajnog toka po trakama autoputa, odnosno višetračnog puta.

# Analiza kapaciteta i Nivoa Usluge ulivno-izlivnih rampi po postupku iz HBS 2001



Kriterijum za definisanje Nivoa Usluge prvobitno je bila srednja brzina putovanja putničkih automobila. Zbog veoma kratkih deonica koje se pojavljuju u zonama spojeva ulivno – izlivnih rampi kod denivelisanih raskrsnica, brzine su se pokazale kao veoma nepodobne za analizu uslova saobraćaja.

Brzina je veoma osetljiva i zavisi od mnogih uticajnih faktora (geometrijske karakteristike, uslovi upravljanja i td.) pa stoga varira nezavisno od merodavnog saobraćajnog opterećenja.

Pa je za analizu Nivoa Usluge u zoni utucaja ulivno – izlivnih rampi, analogno osnovnom odseku autoputa definisan jedinstven kriterijum kroz **stepen popunjenosti**, odnosno relacijom **merodavni tok/kapacitet**.



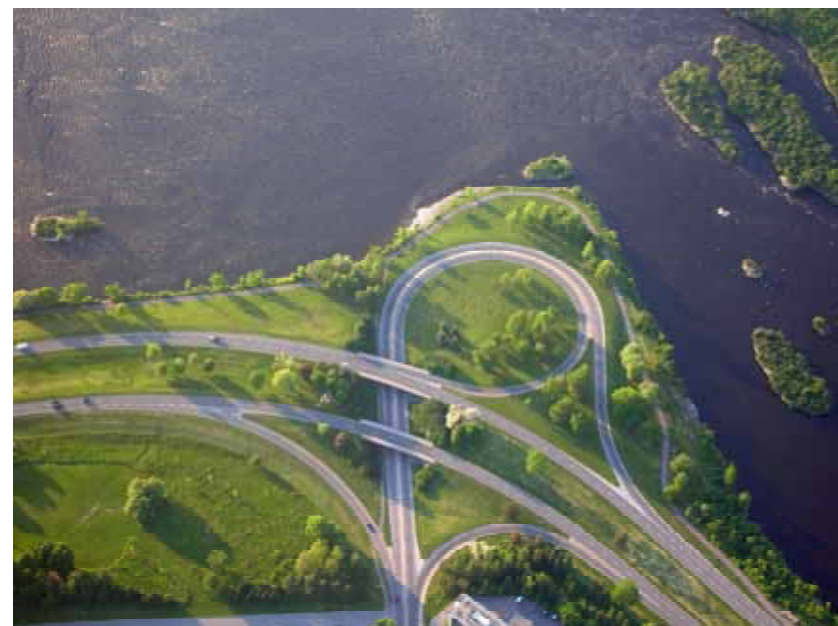
$$a = q_m / C$$



# Analiza kapaciteta i Nivoa Usluge ulivno-izlivnih rampi po postupku iz HBS 2001



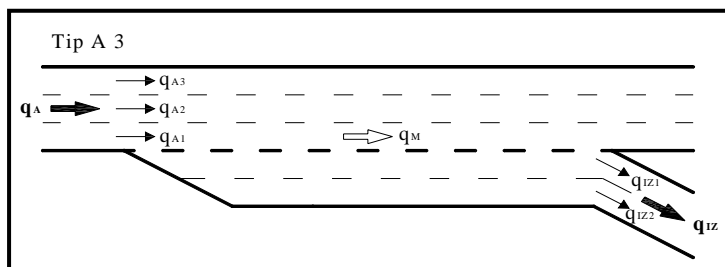
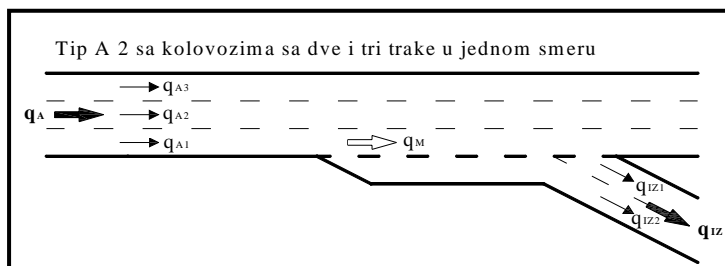
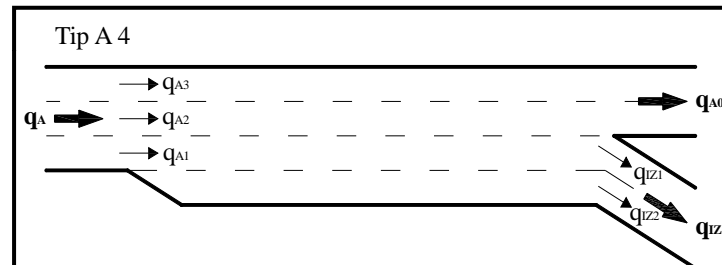
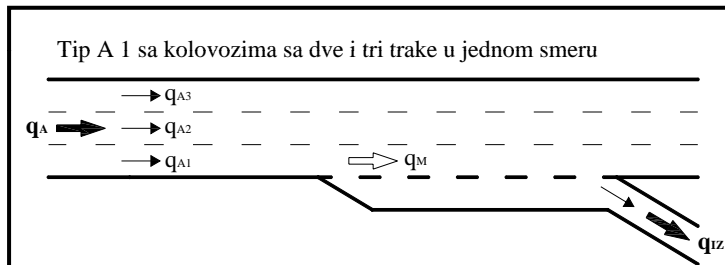
Nivo Usluge	Stepen popunjenosti $a (q_m/C)$
<b>A</b>	$\leq 0,30$
<b>B</b>	$\leq 0,55$
<b>C</b>	$\leq 0,75$
<b>D</b>	$\leq 0,90$
<b>E</b>	$\leq 1,00$
<b>F</b>	-



# Analiza kapaciteta i Nivoa Usluge ulivno-izlivnih rampi po postupku iz HBS 2001



## Osnovni tipovi zona izlivnih rampi:

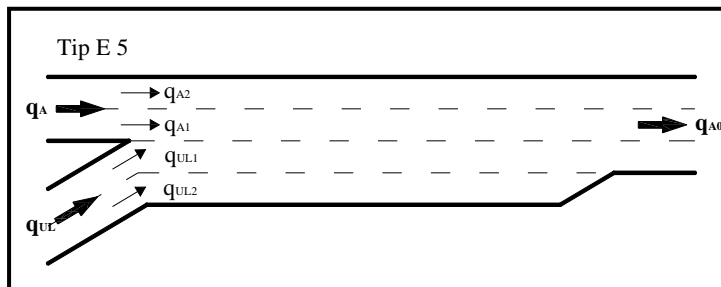
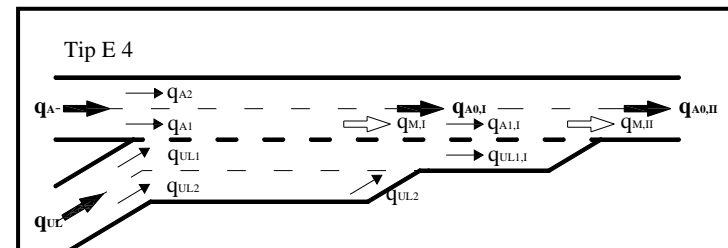
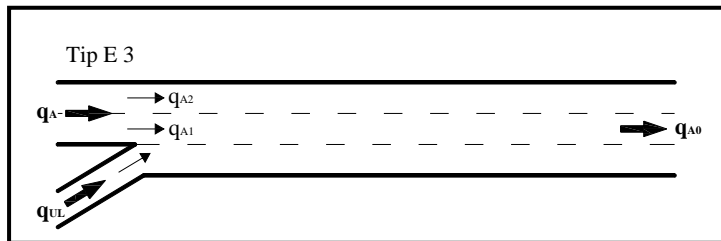
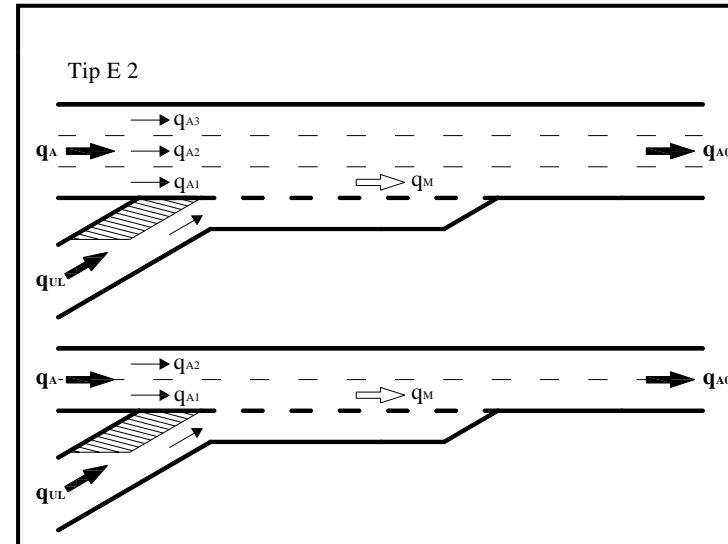
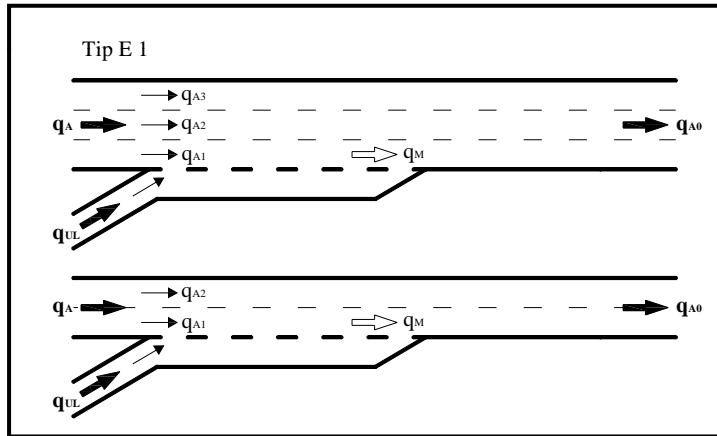


Za put izlivne jednotračne rampe (tip zone izlaza **A1**) preporučen je kapacitet od **1500 (voz/h)**. Kod tipa **A2** izlivne zone može se pravilnim konceptom upravljanja saobraćaja i savremenom signalizacijom dostići kapacitet od **2550 (voz/h)**. Kod tipova izlivnih zona **A3** i **A4** se zbog boljeg iskorišćenja obe trake na izlazu preporučuje kapacitet od **3000 (voz/h)**.

# Analiza kapaciteta i Nivoa Usluge ulivno-izlivnih rampi po postupku iz HBS 2001



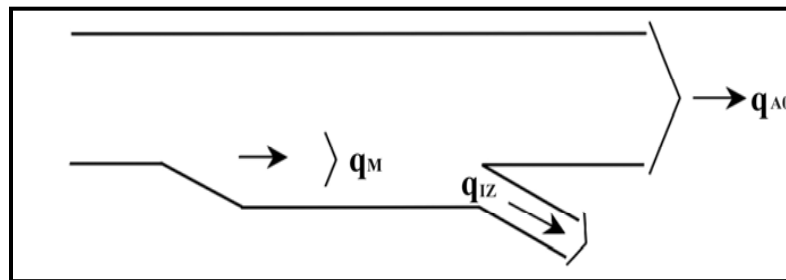
Osnovni tipovi zona ulivnih rampi:



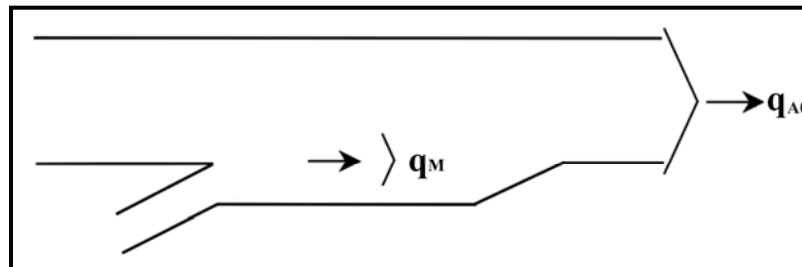
# Analiza kapaciteta i Nivoa Usluge ulivno-izlivnih rampi po postupku iz HBS 2001



Kritična područja za analizu kapaciteta u zoni uticaja izlivne rampe:



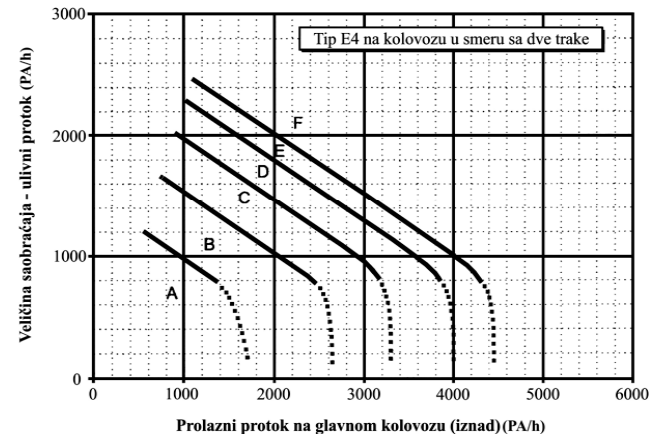
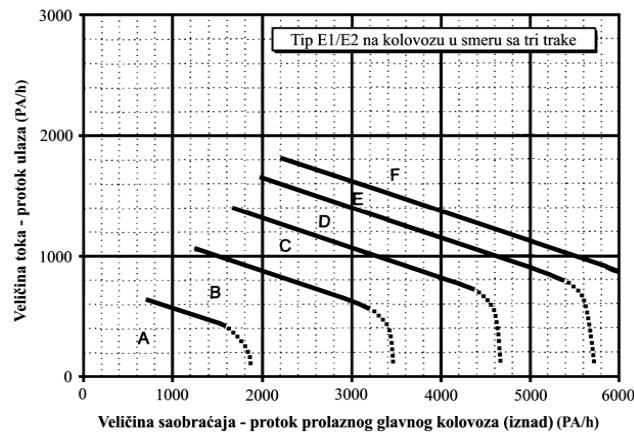
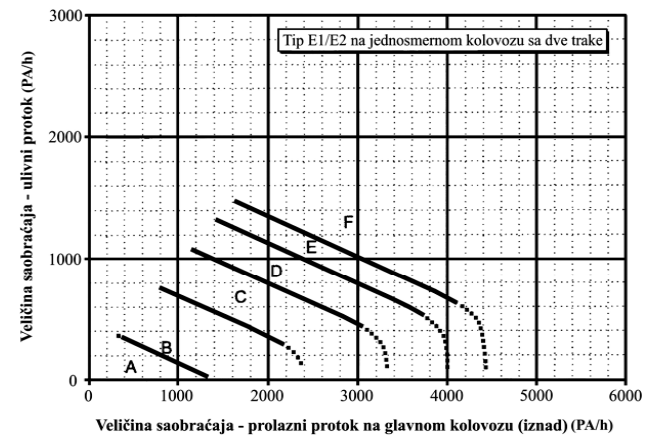
Kritična područja za analizu kapaciteta u zoni uticaja ulivne rampe:



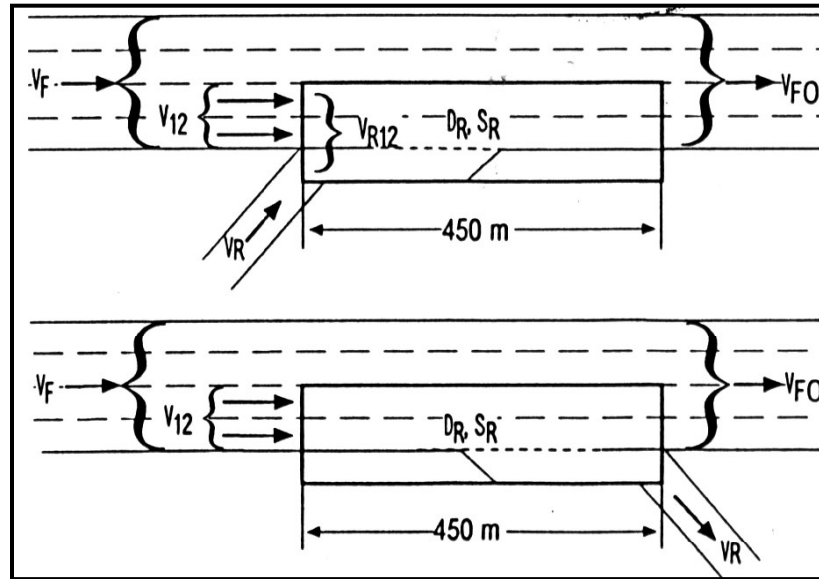
# Analiza kapaciteta i Nivoa Usluge ulivno-izlivnih rampi po postupku iz HBS 2001



Dijagrami za analizu Nivoa Usluga za ulivne zone u zavisnosti od protoka na glavnom pravcu i protoka ulivanja:



# Analiza kapaciteta i Nivoa Usluge ulivno-izlivnih rampi po postupku HCM 2000



Osnovni pristup modeliranju ulivnih i izlivnih zona fokusiran je na zoni uticaja rampe od 450 m uključujući trake za ubrzavanje i usporavanje i Trake 1 i 2 autoputa. Bez obzira što operacije ulivanja i izlivanja mogu uticati i na ostale trake autoputa, kao i što se uticaj zagušenja u blizini rampe može proširiti i van zone od 450 m, u ovako definisanoj zoni pojavljuje se najveći broj operativnih udara na svim nivoima usluge

# Analiza kapaciteta i Nivoa Usluge ulivno-izlivnih rampi po postupku HCM 2000



Metodologija ima tri glavna koraka. Prvo se određuje tok koji ulazi na trake 1 i 2 neposredno ispred zone uticaja ulivanja  $q_{12}$  ili na početku trake za usporavanje kod izlivanja.

Kao drugo utvrđuje se vrednost kapaciteta i poredi sa postojećim ili prognoziranim zahtevima toka da bi se utvrdila verovatnoća nastanka zagušenja. Nekoliko vrednosti kapaciteta se ocenjuje:

- Maksimalni ukupni tok na autoputu koji prilazi zoni ulivanja ili izlivanja  $q_F$ ,
- Maksimalni ukupni tok na autoputu koji napušta zonu ulivanja ili izlivanja  $q_{FO}$ ,
- Maksimalni ukupni tok koji ulazi u zonu uticaja rampe ( $q_{R12}$  za zone ulivanja i  $q_{12}$  za zone izlivanja), i
- Maksimalni tok na rampi  $q_R$ .

# Analiza kapaciteta i Nivoa Usluge ulivno-izlivnih rampi po postupku HCM 2000



Brzina slobodnog toka na rampi (km/h)	Kapacitet (voz/h)	
	Rampe sa jednom trakom	Rampe sa dve trake
> 80	2200	4400
> 65 – 80	2100	4100
> 50 – 65	2000	3800
≥ 30 – 50	1900	3500
< 30	1800	3200



# Analiza kapaciteta i Nivoa Usluge ulivno-izlivnih rampi po postupku HCM 2000



Nivo usluga u zonama uticaja ulivanja (i izlivanja) je određen gustinom za sve slučajeve stabilnog funkcionisanja, predstavljene preko NU A do E.

Nivo Usluge (NU)	Gustina (voz/km/traci)
A	$\leq 6$
B	$> 6 - 12$
C	$> 12 - 17$
D	$> 17 - 22$
E	$> 22$
F	Zahtevi prelaze kapacitet

# Komparativna analiza HBS-a 2001 u odnosu na HCM 2000 u zoni uticaja ulivno – izlivnih rampi



## HCM 2000:

U ovom postupku najbitniju ulogu igra gustina toka kao veoma osetljiv i pogodan pokazatelj za sve funkcionalne delove autoputa. Samim tim ona doprinosi lakšem razumevanju autoputa kao kontinualnog sistema, na kojem su pri idealnim uslovima omogućeni neometeni i neprekinuti tokovi. Pre svega je veoma značajna integrativna uloga gustine toka u analizi autoputnog sistema, kao i u zoni uticaja rampi i spojeva rampi.

Redukcije kapaciteta autoputa usled radova na putu, nepovoljnih vremenskih uslova i saobraćajnih nezgoda uzete su u obzir ovom metodeologijom, ali izvesna nedoslednost autora je prisutna kod analize ovih redukcija kapaciteta. Naime jedan od nedostataka ove metodeologije je to što nije opisan uticaj incidentnog faktora i faktora radova na putu na brzine, kao i na krivu brzina – tok. Ispitan je jedino efekat na kapacitet.

# Komparativna analiza HBS-a 2001 u odnosu na HCM 2000 u zoni uticaja ulivno – izlivnih rampi



## HBS 2001:

Stepen popunjenosti se pokazao veoma pogodnim i jednostavnim za praktičnu primenu u analizi i balansiranju Nivoa Usluge kako na komponentama priključka tako i na pojedinim priključcima. Takođe, procedura analize Nivoa Usluge u zoni uticaja rampi prema HBS-u 2001 je veoma jednostavna uz pomoć korišćenja dijagrama i tabela, dok je u HCM-u 2000 metodologija znatno kompleksnija.

# Komparativna analiza HBS-a 2001 u odnosu na HCM 2000 u zoni uticaja ulivno – izlivnih rampi



Primena modela na lokalnoj mreži je ugrožena malim minimalnim radijusima, lošim stanjem kolovoza, kontrolom pristupa, stanjem signalizacije i opreme. To je naročito veliki problem kod HCM-a 2000 gde nema definisanih uticajnih faktora radijusa i stanja kolovoza. Dok su u modelima HBS 2001 detaljno razrađeni uticaji minimalnog radijusa i uzdužnog nagiba na brzinu.

Svi modeli u HBS-u 2001 zasnovani su na podacima o specifičnosti autoputne mreže i karakteristikama vozača na teritoriji Nemačke, pa je i njihova primena na nacionalnoj mreži prihvatljivija. Dok se HCM 2000 zasniva na podacima prikupljenim u SAD-u, i za njihovu primenu je potrebna kalibracija modela.