

# ISTRAŽIVANJE NIVOVA KVALITETA OPSLUGE VOZILA NA PRESEDAČKIM STANICAMA JMTP SA KONKRETNIM PRIMEROM

Prof. dr Snežana Filipović,  
Saobraćajni fakultet, Beograd

Milovanović Branko, dipl. ing.,  
Saobraćajni fakultet, Beograd

Živanović Predrag, aps solvent,  
Saobraćajni fakultet, Beograd

*Rad prikazuje rezultate primene nove stohastičke metode za proračun radnog kapaciteta, i novog metoda za ocenu nivoa kvaliteta opsluge vozila na stanicama javnog masovnog transporta putnika (JMTP). Nova stohastička metoda proračuna radnog kapaciteta predstavlja unapređenu klasičnu determinističku metodu za određivanje radnog kapaciteta stanice JMTP. Metoda za ocenu nivoa kvaliteta opsluge vozila je potpuno nova i nema uzora u literaturi.*

*Metode su razvijene na Katedri za Drumski i gradski transport Saobraćajnog fakulteta u Beogradu.*

*Ključne reči: Javni masovni transport putnika (JMTP), presedačka stanica, metod, radni kapacitet, nivo usluge.*

## UVOD

Istraživanja o kojima je u ovom radu reč obavljena su u okviru studije 6 najznačajnijih presedačkih stanica javnog masovnog transporta putnika u Beogradu sa predlogom mera za poboljšanje nivoa kvaliteta usluge korisnika - putnika i prevoznika, obavljenih na Katedri za Drumski i gradski transport Saobraćajnog fakulteta. Istraživanja su obavljena u maju mesecu 2004.godine.

## CILJEVI I PRIMENJENE METODE ISTRAŽIVANJA

Presedačke stanice su stanice na transportnoj mreži svakog sistema JMTP, koje opslužuju veliki broj putnika i vozila zbog čega su od izuzetnog značaja za ukupni kvalitet sistema JMTP u odnosu na korisnike - putnike i prevoznike.

Tako na primer, 6 najznačajnijih presedačkih stanica u JMTP u Beogradu opslužuju čak 150.000 putnika na dan, ili 10% od svih prevezenih putnika u JMTP u Beogradu, i oko čak 30% vozila u sistemu.

Vežano za putnike, stanice su značajne sa aspekta lakoće korišćenja usluge u smislu komfora na stanici i u vozilu i pristupačnosti sistema naplate i informisanja.

Vežano za prevoznike, stanice su značajne sa aspekta kapaciteta i oblikovanja mesta za pristajanje, koji su od direktnog uticaja na pouzdanost i tačnost funkcionisanja sistema.

Cilj istraživanja bio je unapređenje klasičnog determinističkog metoda za određivanje kapaciteta stajališta JMTP i definisanje metode za ocenu nivoa kvaliteta usluge površina za pristajanje vozila na stajalištima JMTP, a predmet istraživanja presedačke stanice, njihova struktura i funkcionisanje u realnom sistemu JMTP.

U ovom radu prikazani su rezultati primene ovih metoda u realnom sistemu na primeru presedačke stanice Autokomanda u JMTP u Beogradu.

Pored navedenih metoda primenjene su i kombinovane metode, teorije uzoraka, teorije verovatnoće i matematičke statistike, specifične metode istraživanja transportnih sistema.

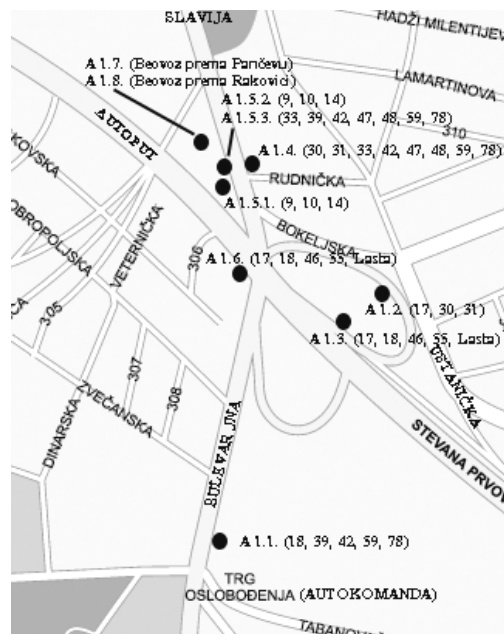
## MESTO STANICE AUTOKOMANDA U TRANSPORTNOJ MREŽI JMTP

Stanica Autokomanda sa svojih osam stajališta predstavlja po broju opsluženih putnika i linija jednu od najznačajnijih presedačkih stanica u JMTP u Beogradu.

Presedačka stanica se nalazi na raskrsnici nekoliko važnih saobraćajnih pravaca Beograda. Na Autokomandi se ukrštaju ulice: Stevana Prvovenčanog (deo autoputa koji prolazi kroz Beograd), Bulevar JNA koji povezuje centralnu zonu Beograda i naselja u pravcu Avale, Ustanička koja sa tim mestom povezuje naselja u pravcu Smederevskog puta i Južni bulevar koji se pruža u pravcu opština Vračar i Zvezdara. U sastav Autokomande ulazi šest stajališta za autobuse, dva stajališta za tramvaje i dva stajališta Beovoza.

Na svim stajalištima pojavljuju se "solo" i zglobna vozila.

Položaj stanice i stajališta u okviru transportne mreže prikazani su na slici 1.



Slika 1. Položaj stanice i pojedinih stajališta "AUTOKOMANDA" na transportnoj mreži

Linije i podsistemi JMTP koji koriste stanicu dati su u tabeli 1.

Stajalište	Linije	smer	Vrsta vozila	Tip linije
A - 1.1.	18, 39, 42, 59, 78	ka Slaviji	Autobus	gradska
A - 1.2.	17, 30, 31	ka Konjarniku	Autobus	gradska
A - 1.3.	17, 18, 46, 55, Lasta	ka Mostaru	Autobus	gradska, prigradska
A - 1.4.	30, 31, 33, 39, 42, 47, 48, 59, 78	ka Slaviji	Autobus	gradska
A - 1.5.1.	9, 10, 14	ka Voždovcu	Tramvaj	gradska
A - 1.5.2.	9, 10, 14	ka Slaviji	Tramvaj	gradska
A - 1.5.3.	33, 39, 42, 47, 48, 59, 78	ka Trgu Oslobođenja	Autobus	gradska
A - 1.6.	17, 18, 46, 55, Lasta	od Mostara	Autobus	gradska, prigradska
A - 1.7.	Beovoz	ka Pančevu	Železnica	gradska, prigradska
A - 1.8.	Beovoz	ka "Prokopu"	Železnica	gradska, prigradska

Tabela 1. Linije i podsistemi JMTP po stajalištima u okviru presedačke stanice Autokomanda

## OSNOVNE KARAKTERISTIKE POTOKA\* PUTNIKA

Osnovne karakteristike potoka putnika koje opslužuju stajališta presedačkog mesta "Autokomanda" prikazane su u tabeli 2. Od

parametara tokova putnika razmatrane su maksimalne vrednosti ulazaka putnika ( $U_{max}$ ), izlazaka putnika ( $I_{max}$ ) i protoka putnika ( $Z_{max}$ ). Ove karakteristike potoka putnika, koje su merodavne, kako za dimenzionisanje kapaciteta prevoznih sredstava, tako i samih stajališta duž linija, prikazane su u tabeli 2. za sva presedačka mesta i stajališta na njima.

\* Potok događaja je takav niz događaja koji proizilaze jedan za drugim u momentima vremena slučajno raspoređenim u posmatranom vremenskom intervalu. Potok se karakteriše intenzitetom (protok) i strukturom. (Literatura: Vukadinović, S. "Elementi teorije masovnog opsluživanja", Naučna knjiga, Beograd, 1975., str.17.)

Šifra stajališta	$U_{max}$ (putnika)	$I_{max}$ (putnika)	$Z_{max}$ (putnika na čas)
A - 1.1.	130	175	1522
A - 1.2.	273	144	2309
A - 1.3.	459	316	2898
A - 1.4.	241	541	4080
A - 1.5.1.	282	89	1646
A - 1.5.2.	110	215	1705
A - 1.5.3.	371	80	2729
A - 1.6.	240	617	2323

Tabela 2. Časovne vrednosti ulazaka, izlazaka i protoka putnika u toku dana

Maksimalne časovne vrednosti ulazaka, izlazaka i protoka putnika utvrđene su:

- $U_{max}$  (459 putnika na čas) na stajalištu A - 1.3.,
  - $I_{max}$  (541 putnika na čas) na stajalištu A - 1.4. ,
  - $Z_{max}$  (4080 putnika na čas) na stajalištu A - 1.4.,
- a minimalne:
- $U_{min}$  (110 putnika na čas) na stajalištu A - 1.5.2.,
  - $I_{min}$  (80 putnika na čas) na stajalištu A - 1.5.3., i
  - $Z_{min}$  (1522 putnika na čas) na stajalištu A - 1.1.

### KARAKTERISTIKE POTOKA VOZILA

U okviru ovog rada prikazana su istraživanja karakteristika potoka vozila od značaja za ocenu kapaciteta i kvaliteta usluge stanica sa aspekta opsluge vozila:

- protoci (frekvencije) vozila - f,

	A - 1.1.	A - 1.2.	A - 1.3.	A - 1.4.	A - 1.5.1.	A - 1.5.2.	A - 1.5.3.	A - 1.6.
07.00-08.00	34	29	43	63	25	12	40	37
08.00-09.00	33	35	36	68	16	22	49	48
13.00-14.00	29	32	37	58	14	12	44	36
14.00-15.00	33	37	44	58	15	17	47	49
15.00-16.00	35	36	42	64	6	8	39	48
16.00-17.00	35	33	34	59	12	9	47	46
Ukupno	199	202	236	370	88	80	266	264

Tabela 3. Protoci vozila po stajalištima u periodima vršnih opterećenja (voz/čas)

Obzirom na ograničen obim rada ovde će biti prikazani samorezultati za najjače opterećeno stajalište, a metod je identičan i za ostala stajališta u okviru stanice.

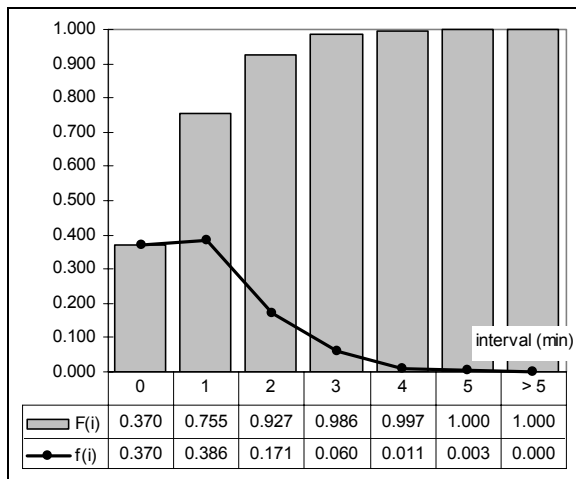
Na osnovu podataka iz prethodne tabele, vidi se da je najopterećenije stajalište A.1.4. koje u času najvećeg opterećenja ima frekvenciju od 68 vozila na čas, što znači da je prosečan interval nailazaka vozilana stajalište oko 54 sekunde. Za to stajalište su izračunate i ostale karakteristike potoka vozila, date u tabeli 4.

Presedačka stanica	Najopterećenije stajalište	Najopterećeniji čas	$f_{sr}$ (voz/čas)	$f_{max}$ (voz/čas)	Neravnomernost f
Autokomanda	A - 1.4.	08.00-09.00	35.5	68	1.915

Tabela 4. Karakteristike opterećenja stajališta A - 1.4. u vršnim periodima

Srednja vrednost protoka vozila ( $f_{sr}$ ) računata je kao srednja vrednost za sva stajališta u okviru stanice. Na ovom stajalištu takođe veoma je izražena je i neravnomernost nailaska vozila.

Sa aspekta kapaciteta stajališta neophodno je istražiti ne samo srednju i maksimalnu vrednost intenziteta protoka vozila već i karakteristike raspodele nailazaka vozila na stajalište što je prikazano na slici 2. i u tabelama 5 i 6.



Slika 2. Karakteristike raspodele nailazaka vozila na stajalište A -1.4.

Klase	$f_i$	$f_{ri}$	$F_i$
0	136	0.370	0.370
1	142	0.386	0.755
2	63	0.171	0.927
3	22	0.060	0.986
4	4	0.011	0.997
5	1	0.003	1.000
> 5	0	0.000	1.000
$\Sigma$	368	1.000	
		$i_{sr}$	0.965
		$s_i$	0.960

Tabela 5. Karakteristike raspodele nailazaka vozila na stajalište A -1.4.

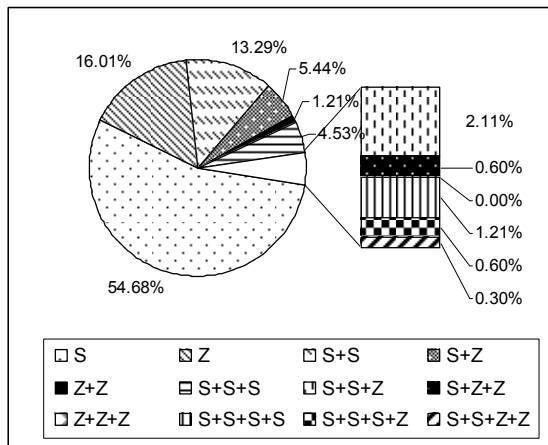
Iz prikazane slike i tabela se vidi da postoji visoka verovatnoća jednovremenog nailaska više vozila na stajalište, i za kritično stajalište ona iznosi čak 37%. Takođe, verovatnoća da je interval nailazaka vozila manji od 1 minut iznosi

čak 76%. Ovo je posledica kako projektovane veličine intervala na pojedinim linijama, tako i neravnomernog kretanja vozila duž zajedničkog dela trase.

Stajalište	P (i = 0 min)	P (i =1 min)
A – 1.1.	0.22	0.54
A – 1.2.	0.16	0.54
A – 1.3.	0.20	0.58
A – 1.4.	0.37	0.76
A – 1.5.1.	0.11	0.29
A – 1.5.2.	0.10	0.31
A – 1.5.3.	0.25	0.69
A – 1.6.	0.29	0.65

Tabela 6. Verovatnoće realizacije malih intervala na stajalištima u najjače opterećenom času u vršnim periodima

Na kapacitet stajališta utiče takođe i struktura potoka vozila prema dužini vozila. Mešoviti potok vozila, prema nekim ranijim istraživanjima, značajno umanjuje kapacitet stajališta, pa je i ova karakteristika u tom smislu istražena i prikazana na slici 3. i u tabeli 7. Ovo je naročito važno kada više vozila dolazi na stanicu jednovremeno.

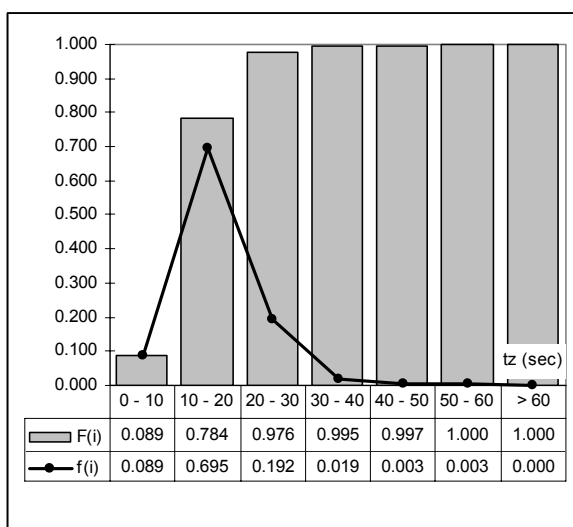


Slika 3. Struktura potoka vozila koja jednovremeno nailaze na stajalište A – 1.4.

Stajalište		A11	A12	A13	A14	A151*	A152*	A153	A16
1 vozilo	S	71	86	85	181	64	60	172	99
	Z	85	85	103	53	15	12	29	88
2 vozila	S+S	8	12	13	44	2	5	37	13
	S+Z	16	11	16	18	5	3	13	31
	Z+Z	9	6	15	4	0	0	2	7
	S+S+S	0	0	0	15	1	0	4	1
3 vozila	S+S+Z	3	0	2	7	0	0	2	4
	S+Z+Z	2	1	0	2	0	0	0	6
	Z+Z+Z	0	0	0	0	0	0	0	1
4 vozila	S+S+S+S	0	0	0	4	0	0	0	0
	S+S+S+Z	0	0	0	2	0	0	0	1
	S+S+Z+Z	0	0	0	1	0	0	0	0
Ukupno		194	201	234	331	87	80	259	251

Tabela 7. Struktura potoka vozila koja jednovremeno nailaze na stajališta Autokomande  
(Legenda: S – solo autobus (tramvaj) , Z – zglobni autobus (tramvajski voz)\* - tramvajska stajališta)

Za proračun kapaciteta stajališta neophodno je, takođe, odrediti i vremena zadržavanja vozila na stajalištima. U tom smislu utvrđivana je ne samo maksimalna vrednost već i funkcija raspodele vremena zadržavanja vozila na stajalištima što je prikazano u odgovarajućoj tabeli i i slici za najopterećenije stajalište A 1.4. (slika 4. i tabela 8.).



Slika 4. Karakteristike raspodele vremena zadržavanja vozila na stajalištu A.1.4.

Sa aspekta provere kapaciteta postojećih kapaciteta stajališta posebno su značajne one vrednosti vremena zadržavanja koje se realizuju sa visokom verovatnoćom kao i maksimalne vrednosti zadržavanja što je za sva stajališta prikazano u tabeli 9.

Iz navedene tabele vidi se da na svim stajalištima "Autokomande" postoji visoka verovatnoća realizacije zadržavanja vozila

kraćeg od 20 sekundi. Istovremeno je izraženo maksimalno vreme zadržavanja vozila na pojedinim stajalištima, što je posledica ne samo inteziteta potoka putnika, nego upravo čekanja vozila da prethodno vozilo napusti stajalište.

Klase	$f_i$	$f_{ri}$	$F_i$
0 - 10	33	0.089	0.089
10 - 20	257	0.695	0.784
20 - 30	71	0.192	0.976
30 - 40	7	0.019	0.995
40 - 50	1	0.003	0.997
50 - 60	1	0.003	1.000
> 60	0	0.000	1.000
$\Sigma$	370	1.000	
		$t_{sr}$	18.178
		$s_t$	6.441

Tabela 8. Karakteristike raspodele vremena zadržavanja vozila na stajalištu A.1.4.

Stajalište	P ( $t_z < 20$ sec)	$t_{z \max}$ (sec)
A – 1.1.	0.94	48
A – 1.2.	0.99	38
A – 1.3.	0.86	57
A – 1.4.	0.98	60
A – 1.5.1.	0.97	39
A – 1.5.2.	0.86	46
A – 1.5.3.	0.90	72
A – 1.6.	0.91	117

Tabela 9. Verovatnoće realizacije vremena zadržavanja vozila u vršnom času

## PROVERA KAPACITETA I NIVOVA KVALITETA USLUGE

Iz navedene analize se vidi da su intenziteti potoka vozila na pojedinim stajalištima veoma veliki. Takođe, utvrđeno je i velika neravnomernost realizacije intervala nailazaka vozila na stajališta, sa visokim procentom jednovremenih dolazaka. Kada se uzme u obzir i da se radi o zajedničkom intervalu velikog broja linija i mešovitom toku u kojima su prisutna solo, ali i zglobna vozila, kao i tramvajski vozovi, onda je jasno da je neophodno preispitati postojeće kapacitete i nivo opsluge vozila na površinama za pristajanje vozila.

Provera kapaciteta stajališta u odnosu na broj mesta za pristajanje vozila i nivoa kvaliteta usluge, obavljena je na osnovu proračuna minimalnih intervala sleđenja vozila u toku, koji omogućuju bezbedno i komforno pristajanje vozila i ulazak i izlazak putnika na stajalištu prema modifikovanom modelu:

$$i_{min} = t_b + t_z + t_a$$

Veličine vremena potrebnog za pristajanje vozila ( $t_b$ ) i oslobađanje stajališta za pristajanje novog vozila ( $t_a$ ), dobijena su simulacijom, uzevši u obzir ranija istraživanja ovih veličina u sistemu JMTP u Beogradu.

U proračunu su korišćene sledeće ulazne veličine:

- Prosečne dužine vozila:
- Solo vozilo: 12 m, zglobno vozilo: 17 m, transportni voz: 32 m,
- Prosečna ubrzanja/usporenja vozila: 1.0-1.2 m/s<sup>2</sup> odnosno 1.5-2.0 m/s<sup>2</sup>,
- Vremena zadržavanja vozila na stajalištima realizovana sa visokom verovatnoćom: (20-30) sekundi.

Na osnovu ulaznih veličina, izračunate su vrednosti minimalnih intervala sleđenja i upoređene sa minimalnim realizovanim intervalima i verovatnoćama njihove realizacije, i na osnovu toga date ocene o potrebi povećanja broja mesta za pristajanje i nivou usluge na svakom stajalištu.

Rezultati proračuna za stajališta presedačke stanice Autokomanda, dati su u tabeli 10.

Stajalište	$i_{min}$ (sec)	$P_{ops}$	Nivo usluge	Kapacitet zadovoljava
A – 1.1.	42	97.42	B	Da
A – 1.2.	42	99.50	A	Da
A – 1.3.	52	99.15	A	Da
A – 1.4.	42	90.63	C -D	Ne
A – 1.5.1.	42	98.85	B - A	Da
A – 1.5.2.	47	100.00	A	Da
A – 1.5.3.	42	97.68	B	Da
A – 1.6.	42	94.82	C -B	Da

Tabela 10. Veličine  $i_{min}$ , verovatnoće i nivoa kvaliteta usluge na stajalištima Autokomande

Kriterijumi za ocenu nivoa kvaliteta usluge (tabela 11.) definisani su na osnovu verovatnoće da će zahtevi biti zadovoljeni, odnosno, da je postojeći broj mesta za pristajanje na odgovarajućem stajalištu jednak ili veći od potrebnog, što se može izraziti verovatnoćom da će realizovani interval biti manji ili jednak minimalnom.

$P_{ops}$ ( $i \leq i_{min}$ )	0.99-1.00	0.95-0.99	0.90-0.94	<0.9
Nivo usluge	A	B	C	D

Tabela 11. Kriterijumi za ocenu nivoa usluge

Prema utvrđenim kriterijumima, smatramo da kapaciteti zadovoljavaju u svim slučajevima kada postoji verovatnoća veća od 90% da je broj mesta za pristajanje na stajalištu manji ili jednak potrebnom, a to znači za svaki nivo usluge veći od D.

Sa tog aspekta stajališta A - 1.4. i A - 1.6. zadovoljavaju, ali imaju nizak nivo usluge, dok se može smatrati da ostala stajališta imaju zadovoljavajući (A - 1.5.3., A - 1.1., A - 1.6.), odnosno, visok nivo kvaliteta usluge (A - 1.2., A - 1.3., A - 1.5.2.).

### ZAKLJUČCI

U okviru ovoga rada prikazani su rezultati istraživanja kapaciteta stajališta na jednoj od najopterećenijih presedačkih stanica JMTP u Beogradu.

*Prvi deo istraživanja* bio je posvećen snimanju i sistematizaciji strukture i funkcionisanja stanica u realnom sistemu: makro, mikro lokacija i broj stajališta, broj i struktura linija JMTP (prema tipovima) koje koriste pojedina od stajališta u okviru presedačkog mesta kao složenog staničnog mesta.

*Drugi deo istraživanja* bavio se karakteristikama potoka putnika.

*Treći deo istraživanja* odnosio se na realni sistem, odnosno, karakteristike potoka vozila koja koriste pojedina stajališta. U okviru toga definisani su ulazni parametri potoka koji će biti snimani i veličina uzorka. Istraženi su i primenom teorije verovatnoće i matematičke statistike obrađene: empirijske funkcije gustine i raspodele intervala nailazaka vozila, kao i vremena zadržavanja vozila na pojedinim stanicama. Metode istraživanja potoka vozila su nove i prvi put primenjene na taj način.

*U završnom delu istraživanja* primenjeni su modifikovani modeli za proračun kapaciteta stajališta na osnovu snimljenih veličina i simulacije vremena potrebnog za zadržavanje vozila na stajalištima, vremena potrebnog za pristajanje vozila, i vremena potrebnog za "oslobađanje" staničnog mesta, na osnovu usvojenih verovatnoća opsluge, realnih vrednosti ubrzanja i usporenja koje dostižu vozila JMTP u Beogradu utvrđena u ranijim istraživanjima. Na osnovu sopstvenih definisanih kriterijuma ocenjen je nivo kvaliteta

opsluge vozila, što je takođe novo u odnosu na postojeće metode.

Prikazani rezultati istraživanja u okviru novo razvijenih metoda, pokazuju da je "stohastička" metoda za određivanje radnog kapaciteta, i metoda za određivanje nivoa kvaliteta opsluge vozila primenjiva u realnim uslovima.

### LITERATURA

- /1/ Banković, R., Organizacija i tehnologija javnog gradskog prevoza putnika, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1995., str. 29. – 31.
- /2/ Vuchic, V., *Urban Public Transportation – Systems and Technology*, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, page 554. – 562.
- /3/ Vukadinović, S. "Elementi teorije masovnog opsluživanja", Naučna knjiga, Beograd, 1975., str.17.
- /4/ Ефремов, И.С. Кобозев, В.М. Јудин, В.А., Теория городских пассажирских перевозок. Высшая школа, Москва, 1980., стр. 111. – 121.
- /5/ Edwards, J. Jr, *Transportation Planning Hand book*, Prentice Hall, Eglewood Cliffs, New Jersey 07632
- /6/ Самоилов, Д.С.. *Городской транспор. Строиздат, Москва, 12983., стр. 344. - 355.*
- /7/ Kuzović, Lj., *Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2000., str. 291.- 310.
- /8/ Filipović, S., *Optimizacija u sistemu javnog gradskog putničkog prevoza*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1995., str. 42. - 50.
- /9/ Filipović S., Stanković R., *Standardi i upravljanje kvalitetom usluge u transportu putnika u gradovima*, Naučno-stručni skup SIE 96, Beograd, 1996, str 196-198
- /10/ Filipović, S. i grupa autora, "Projekat informisanja putnika i rasvete na presedačkim mestima JMTP u Beogradu", Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 2004.

/11/ QUATTRO - Quality Approach in Tendering Urban Public Transport Operations, Transport Research Fourth Framework Programme, Urban Transport, VII-76 Office for Official Publications of the European Communities, 1998.

/12/ ISOTOPE - Improved Structure and Organisation for Urban Transport Operation in Europe, Transport Research Fourth Framework Programme, Urban Transport, VII-51 Office for Official Publications of the European Communities, 1997.

### **RESEARCH OF THE VEHICLE SERVICE LEVEL ON URBAN MASS TRANSIT STATIONS WITH CASE STUDY**

*This paper shows application of new stochastic method in defining operating capacity, and application of new level of service (LOS) defining method on Urban Mass Transit (UMT) stations. New stochastic" method is improved classic deterministic method in defining operating capacity on UMT stations. Vehicle LOS defining method is completely new in theory and practice.*

*Methods are developed on Road and Urban Transport Chair, Faculty of Transportation Belgrade.*

*Key words: Urban Mass Transit, Transfer stations, Method, Operating Capacity, Level of Service.*