

II SAVETOVANJE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM
"SAVREMENE TENDENCIJE UNAPREĐENJA SAOBRAĆAJA U GRADOVIMA"
Novi Sad, 15 i 16. oktobar 2009.

UDK: 656.342

**UTICAJ PERFORMANSI LŠS-A NA INTEGRISANJE U JAVNI
PREVOZ PUTNIKA – PRIMER BEOGRADA**

**INFLUENCE OF LRT'S PERFORMANCE ON THE INTEGRATION IN
PUBLIC TRANSPORT – BELGRADE CASE**

Mirjana Bugarinović¹, Nikola Ristić²

Rezime: *Razvoj sistema javnog prevoza nije na adekvatan način pratio razvoj Beograda. Iako se više od polovine putovanja obavi JP-om, kvalitet usluga nije na zadovoljavajućem nivou. Problem će postati izraženiji u budućnosti, kada se očekuje povećanje broja putovanja. U radu se razmatra mogućnost integrisanja novog šinskog sistema, na principima koji su primenjeni u gradovima sličnim Beogradu. Rešenja su zasnovana na uvođenju visokokapacitnog šinskog sistema uz integraciju sa ostalim podsistemima primenom tehnoloških i organizacionih mera, koje se ogledaju u: primeni taktnog reda vožnje, usklađenosti redova vožnji na presedačkim stanicama, i dimenzionisanju optimalnog voznog parka. Predloženo rešenja je analizirano na primeru Prve linije Beogradskog LŠS-a.*

KLJUČNE REČI: JAVNI PREVOZ, INTEGRISANI LŠS, INTERMODALNE STANICE

Abstract: *Development of Belgrade is not adequately followed by development of public transport. Although more than half of journeys have done by PT, the quality of service is not at a satisfactory level. The problem will become more important in the future, when is expected increasing the number of trips. The work discusses the possibility of integrating the new rail system based on the principles that are applied in similar cities with Belgrade. Solutions are based on the introduction of high capacity rail system, which will be integrated with other subsystems, using the technological and organizational measures, which is reflected in: implementation of the interval schedule, compliance schedules in transfer stations, and dimensioning the optimum rolling stock. The proposed solution is analyzed on the example of the first LRT line in Belgrade.*

KEY WORDS: PUBLIC TRANSPORT, INTEGRATED LRT, INTERMODAL STATIONS

¹ mr Mirjana Bugarinović, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, mirab@sf.bg.ac.rs

² Nikola Ristić, JUGINUS a.d. Andrićev venac 2, Beograd, nikola@juginus.rs

1. UVOD

Generalno stanje pokazatelja saobraćajnog sistema u Beogradu proteklih godina beleži stalni pad i ne može se oceniti kao zadovoljavajuće. Postojeća putna mreža je opterećena, do krajnjih kapaciteta tokom vršnih opterećenja i taj se period konstantno produžuje.

Nepovoljna situacije je evidentna i kod sistema javnog prevoza (JP), što je pogotovo uočljivo ako se ima u vidu neredovnost saobraćaja, svakodnevne gužve i međusobno neusaglašeni redovi vožnji različitih podsistema. Dodatno opterećenje putne mreže predstavlja parkiranje u gradskoj zoni, gde se oko 90% stacionarnog saobraćaja realizuje na uličnim frontovima.

2. POSTAVKA PROBLEMA

Gradsko područje Beograda obuhvata površinu od 76.837 ha na kome živi oko 1.365.000 stanovnika³. Mobilnost u 2008. godini iznosi 2,18 putovanja na dan, dok je prognozirana mobilnost za 2021. godinu oko 2,5 do 2,8 putovanja na dan. Ovo povećanje će generisati 3,5 miliona putovanja dnevno, sa učešćem u vršnom času od 8-9%, što će postojeću saobraćajnu mrežu dovesti do krajnjih granica.

Od ukupno realizovanih putovanja, JP u Beogradu učestvuje sa 52,85%. Visoki procenat učešća JP-a se ne opravdava nivoom usluge koja se nudi. Naime, većini stanovnika je ovo jedina alternativa i primorani su da ga koriste. Sistem se zasniva na autobuskom, tramvajskom i trolejbuskom podsistemu. Najviše putnika se preveze autobusima, oko 75%, dok je učešće tramvaja i trolejbusa oko 16%, odnosno 9%. Međutim, činjenica je da je kapacitet pojedinih podsistema nedovoljan da odgovori potražnji u vršnom periodu, da redovi vožnji nisu pouzdani i usklađeni, što dovodi do povećanja vremenskih gubitaka, pouzdanost sistema je mala, dok je vozni park dotrajavao i u lošem je stanju.

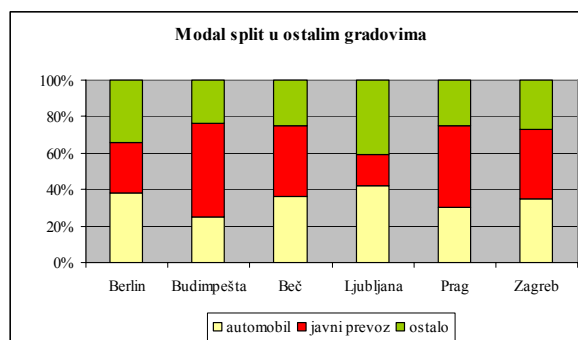
Da li će uvođenje "lakog" visokokapacitativnog šinskog sistema i primena tehnoloških i organizacionih mere u cilju optimalne integracije sa drugim podsistemima, pre svih šinskim (tramvaj, prigradska železnica), dovesti do povećanja prevoznog kapaciteta sistema i rasterećivanju gradske putne mreže?

3. SITUACIJA U GRADOVIMA SLIČNIM BEOGRADU

Strategije razvoja JP-a u većim evropskim gradovima, pored razvijenog autobuskog sistema, zasniva se i na razvoju sistema klasičnog „teškog metroa“. Međutim, poslednjih decenija prošlog veka došlo je do razvoja široke palete lakih šinskih sistema (LŠS) – tkz. lakih metroa [3]. Zbog svojih prednosti LŠS se u mnogim gradovima uspostavlja kao primarni element prevoznog sistema (Dablin 2 mil. stanovnika, Porto 1,2 mil. Dalas 1,9 mil. Hanover 1,1 mil. Lil 1,1 mil. Mančester 2,6 mil. Kuala Lumpur 2,1 mil. Melburn 3,2 mil. konurbacija Keln i Bon 2,9 mil.), dok se u pojedinim gradovima efikasno kombinuje sa postojećim železničkim ili transformisanim tramvajskim sistemima (Štuttgart, Karlsrue, Sarbriken). Sam po sebi ovaj sistem ne može biti jedini nosilac JP-a u velikim gradovima, već najbolje rezultate daje kada se

³ Popis iz 2003. godine

dopunjuje sa autobusima, koji u većini gradova predstavlja najrasprostranjeniji sistem. Zastupljenost JP-a, odnosno raspodele dnevnih kretanja u gradovima u okruženju, prikazana je na Grafiku 1.



Grafik 1: Modal split u evropskim gradovima

Veliki procenat udela JP-a zastupljen je u Budimpešti (51%) i Pragu (45%), dok je zastupljenost putničkog automobila najizraženija u Ljubljani (42%) i Berlinu (38%). Sa druge strane Generalnim planom Beograda za 2021. godinu se predviđa učešće JP-a u dnevnoj raspodeli kretanja od 50%, dok bi učešće putničkih automobila i nemotornih vidova saobraćaja bilo podjednako i iznosilo oko 25%.

4. STANJE JAVNOG PREVOZA U BEOGRADU

Javni prevoz u Beogradu se obavlja autobusima, tramvajima i trolejbusima, koji funkcionišu u integrisanom sistema. Zavisno od obuhvata teritorije, integrisani tarifni sistem se deli na ITS 1, koji obuhvata 12 centralnih gradskih opština i ITS2, koji obuhvata teritoriju 5 rubnih gradskih opština. U tabeli 1 je dat pregled broja voznih jedinica, broja linija i njihova eksploataciona dužina u 2008.god.

Tabela 1: Pokazatelji JP-a

Vrsta prevoza	Broj vozila		Linije		Učešće podsistema (%)	
	inventarski	u radu	broj linija	eks. dužina (km)		
autobusi	GSP	846	709	124	1.643	75
	privatni prevoz	525	397			
	prigradski	320	240			
tramvaji	218	150	12	127	16	
trolejbusi	125	97	8	58	9	
ukupno	2.034	1.593	144	1.828	100	

Veliki potencijal razvoja JP-a u Beogradu predstavlja prigradska železnica, BEOVOZ, koja nije u pravoj meri iskorišćena u ove svrhe. Sa ukupnom dužinom koloseka od oko 100 km i sa 42 stanice za gradski i prigradski železnički saobraćaj, ovaj sistem se mora bolje integrisati u sistem JP-a. Ima šest linija, na kojima je 2008. godine saobraćalo 12 EMU, sa intervalom od 30-60 minuta. Prigradskom železnicom se dnevno preveze svega 15.000 putnika, što predstavlja udeo od 2,5 %.

Kao što se može uočiti potrebna je međusobno uskladiti više kompatibilnih podsistema putem reorganizacije mreže linija, usaglašavanjem redova vožnji i omogućavanja bezbednog i efikasnog prelaska sa jednog podsistema na drugi. Ove mere se primenjuju sa ciljem

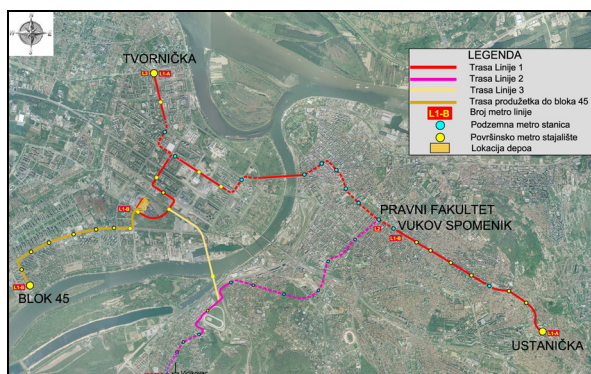
minimizacije ukupnog vremena putovanja “od vrata do vrata”, što je u krajnjoj liniji najvažnije za korisnika prevoza.

5. PREDLOŽENO REŠENJE

U cilju formiranja modernog i efikasnog sistema JP-a, odgovor bi mogao da bude uvođenje novog sistema, tipa “lakog” šinskog sistema (LŠS), koji će predstavljati osnovu budućeg sistema JP-a. Na osnovu brojnih studija domaćih i nezavisnih stranih kompanija,⁴ predviđa se izgradnja sistema koji bi se sastojao od tri linije, koje pokrivaju veći deo urbanog dela grada (Slika 1). Ovo rešenje je konačnu potvrdu dobilo u GP Beograda do 2021. godine, čime je postalo strateško opredeljenje Grada po pitanju razvoja JP-a. Detaljnija razrada je usledila kroz izradu Generalnog projekta sa Prethodnom studijom opravdanosti [2]. Prednost predloženog sistema ogleda se u mogućnosti njegovog kombinovanja sa tramvajima i gradskom železnicom, kao i mogućnošću fazne izgradnje i kasnije nadogradnje.

Bolje integrisanje novog sistema u postojeći sistem JP-a je moguće promenom taktnog reda vožnje, reorganizacijom postojeće mreže tramvajskih i autobuskih linija i realizacijom intermodalnih, presađakih stanica, kao i odabirom adekvatnog tipa vozila.

U ovom radu će se na primeru prve linije LŠS-a u Beogradu prikazati **efekat** predloženih novih tehnoloških i organizacionih mera.



Slika 1. Sistem linija Beogradskog LŠS-a [3]

5.1. Taktni red vožnje

Linija koja vodi od Ustaničke ulice na istoku Beograda, do Tvorničke ulice u Zemunu – Linija 1-A predstavlja Prvu liniju LŠS-a (Slika 1). Takođe je planirana izgradnja Tehničke grane, koja će voditi do depoa na Novom Beogradu i na kojoj će funkcionisati Linija 1-B. Na osnovu više urađenih Studija potražnje može se zaključiti da se maksimalna tražnja na Prvoj liniji javlja u samom centru grada i iznosi oko 12.000 putnika/h po smeru u 2033. godini. Međutim, na

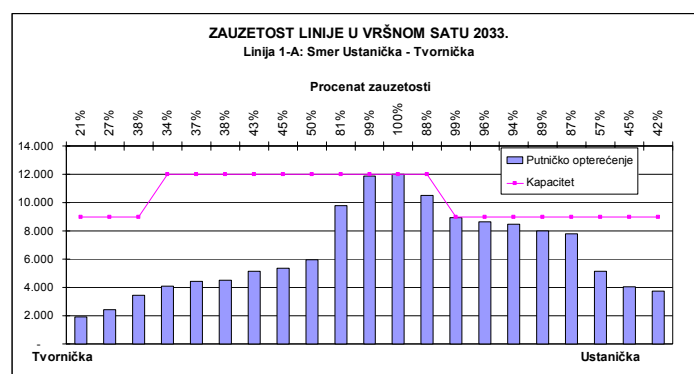
⁴ Studija BETRAS, Zavod za planiranje razvoja grada Beograda, 1985; Studija PREMETROA, Radna organizacija za izgradnju železničkog čvora, Beograd, 1989; Strategija razvoja javnog saobraćaja, SANU, Beograd, 1991-1993; Plan JP-a grada Beograda – plan dugoročnog razvoja, SYSTRA, 2002.

perifernim deonicama potražnja opada, tako da na pojedinim deonicama iznosi ispod 4.000 putnika/h po smeru.

Predviđeni red vožnje na Liniji 1-A podrazumeva interval od 4 minuta u vršnom času, dok je u istom periodu interval na liniji 1-B iznosi 12 minuta. Na taj način se na zajedničkoj deonici, od stanice Vukov spomenik do stanice Novi Merkator, dobija interval od svega 3 minuta, odnosno 20 voznih kompozicija po smeru. Taktnost reda vožnje na zajedničkom delu linija 1-A i 1-B nije konstantna u toku dana, tako da se u periodu van vršnog opterećenja smanjuje shodno potrebama.

Na osnovu urađene Studije saobraćajne potražnje [4] na koridoru Prve linije, ni na jednoj deonici se ne javlja veće opterećenje od 12.700 putnika po smeru, i to tek za 2033. godinu. Na grafiku 2 su prikazane samo stanice na liniji 1-A, dok opterećenje na zajedničkim deonicama podrazumeva putnike sa obe linije.

Međutim, promenom taktnosti reda vožnje, tj. smanjenjem intervala u vršnom satu za svega 30 sekundi, što ne utiče na odvijanje i bezbednost saobraćaja, kapacitet se povećava na 14.400 put/h. Ovo rešenja zahteva povećanje voznog parka za 8 voznih jedinica.



Grafik 2: Opterećenost linije 1A u vršnom satu, smer Ustanička - Tvornička, 2033. godina

5.2. Reorganizacija linija i ostvarivanje kontaktnih zona

Novi šinski sistem je potreban ali ne i dovoljan uslov za organizovanje efikasnog sistema JP-a. Potrebna je međusobno uskladiti više kompatibilnih podsistema putem reorganizacije mreže linija, usaglašavanjem redova vožnji i omogućavanja bezbednog i efikasnog prelaska sa jednog podsistema na drugi.

Tramvajski prevoz, na pravcima na kojima se preklapa sa novim sistemom, gde je to moguće, koristi njegovu infrastrukturu. Cilj ovakvog opredeljenja je ponuda većeg broja destinacija koje putnici mogu da realizuju šinskim sistemima – bez presedanja. Na ostalim pravcima, tramvaj predstavlja nosioca prevoza uz ograničenu konkurenciju autobusnog vida prevoza. Trolejbuski i autobuski podsistemi imaju distributivnu ulogu u gradskim celinama u kojima ne postoje šinski gradski sistemi. U gravitacionom području šinskog sistema oni imaju napojnu ulogu. Koncept "ograničene konkurencije" međutim daje mogućnost postojanja autobuskih linija iz zaleđa ili gravitacionog područja linija LŠS-a, koje pokrivaju tangencijalne, pa čak i

dijametralne pravce koji ne zalaze u gravitaciono polje šinskih linija. Linije iz zaleđa, koje imaju napojnu ulogu, potrebno je dovesti do terminala na kojima će se vršiti redistribucija tokova prigradskih putnika.

Krajnje stanice "Ustanička" i "Tvornička" predstavljaju važne presedačke terminale, imajući u vidu da se u njihovoj blizini predviđaju terminusi mnogih autobuskih linija. Od važnijih presedačkih stanica treba spomenuti stanicu "Vukov spomenik" i stanicu "Železnička stanica Novi Beograd", preko kojih se ostvaruje veza sa prigradskom železnicom tj. Beovozom.

5.3. Vozni park

Imajući u vidu konfiguraciju terena, male poluprečnike krivina u strogom centru grada, postojeće i planirane zahteve za prevozom, režim funkcionisanja i intervale, maksimalnu i komercijalnu brzinu vozila, broj zaustavljanja i vreme stajanja, za planiranu prvu liniju, pa i za ceo sistem je predviđena upotreba vozniha sredstava maksimalne dužine od 35-37m, sa mogućnošću spajanja dve vozne jedinice. Na taj način se dobija kompozicije dužine oko 75 m, maksimalnog kapaciteta 600 putnika.

Upotrebom ovih vozniha sredstava, i predloženog reda vožnje, postiže se maksimalni kapacitet od 12.000 putnika/h po smeru. Potreban broj vozniha sredstava za rad Prve linije je 40, od čega bi na liniji 1-A saobraćalo 32 vozne jedinice (16 garnitura), dok bi na liniji 1-B saobraćalo 8 vozniha jedinica koje bi činile 4 garniture. Za potrebe pouzdanog i redovnog saobraćaja predviđa se 6 vozila u rezervi, tako da ukupan broj vozila za Prvu liniju iznosi 46.

5.4. Ekonaomska analiza

Troškovi izgradnje Prve linije, koja bi zadovoljila postojeće i predviđene zahteve za prevozom do 2033. godine, iznose oko 565 mil. €. Uticaj rasta saobraćajne potražnje odnosno promene taktnosti reda vožnje ili povećanja broja vozniha sredstava na visinu ukupnih troškova je prikazano u Tabeli 2.

Tabela 2: Promena troškova u odnosu na promenu organizacije[2]

elementi	Prva linija LŠS-a u Beogradu		
	kapacitet do 12.000 put/h	promena taktnosi	povećanje voznog parka
broj vozila u vršnom času	40	48	60
troškovi voznog parka (mil €)	120	144	180
troškovi Prve linije	565	596,4	646,3

Smanjenje intervala saobraćanja vozila ili povećanje kapaciteta vozniha garnitura dodavanjem još jedne vozne jedinice, uslovljava povećanje troškova u oblasti voznog parka, ali i po pitanju površinskih stajališta (potrebna su duža stajališta), depoa (potreban veći depo) i potrošnje električne energije.

Na osnovu troškova ulaganja u fiksne kapacitete (donji i gornji stroj, sistem napajanja, instalacije, itd.) i vozni park, kao i uzimajući u obzir troškove eksploatacije i održavanja, prihode, uštede vremena korisnika prevoza, smanjenja troškova rada u ostalim vidovima JP-a i ostale kvalitativne prednosti novog sistema, izračunata je neto sadašnja vrednost (NSV) i interna stopa rentabilnosti (ISR) za Prvu liniju LŠS-a. Uz diskontnu stopu od 5,6 % (preporuka

Evropske komisije za ovu vrstu projekta), NSV za osnovnu varijantu iznosi 192,2 mil €, dok ISR iznosi 9,4 %, što je izuzetno dobro, imajući u vidu da je preporučena ISR oko 7 %.

Osetljivost projekta u uslovima neizvesnosti pokazuje da ISR, i u uslovima kada je potražnja manja za 20%, a troškovi izgradnje veći za 20%, iznosi 7,1 %, što je zadovoljavajuće za ovu vrstu projekta.

6. ZAKLJUČAK

Evidentni razvoj Beograda u proteklim decenijama nije na adekvatan način ispraćen od strane sistema JP-a. Realizacijom Prve linije visokokapacitetnog šinskog urbanog sistema stvoriće se uslovi za dalji razvoj modernog i efikasnog sistema JP-a, rasterećivanje primarnih gradskih saobraćajnica, smanjenje problema parkiranja i oslobodiće se određene površine koje će se vratiti pešacima.

Primarni cilj novog sistema je da zadovolji zahteve korisnika u procesu prevoza od vrata do vrata. U tu svrhu je neophodna koordinacija sa ostalim vidovima javnog gradskog prevoza, organizacija što većeg broja presedačkih punktova i zadovoljenje planirane potražnje.

Novi sistem je predviđen da odgovori maksimalnoj tražnji od 12.000 putnika/h po smeru, koji će se javiti tek 2033. godine. Međutim, ukoliko je potrebno, sistem može odgovoriti većoj potražnji primenom gore navedenih mera, a sve to u granicama isplativosti. Kombinovanjem predloženih mera, dobija se maksimalni kapacitet Prve linije od 23.600 putnika/h po smeru, što odgovara saobraćajnoj potražnji većih evropskih gradova.

LITERATURA

- [1] Grupa autora: Generalni plan Beograda 2021. Skupština grada Beograda, 2003.
- [2] INECO: Aneks Prethodne studije opravdanosti Prve linije LŠS-a u Beogradu sa Generalnim projektom, Beograd, Madrid, 2009.
- [3] Vuchic, V.: Urban transit, systems and technology, New Jersey, 2005.
- [4] Studija potražnje na Prvoj liniji Beogradskog metroa, JUGINUS, Saobraćajni fakultet Beograd, 2008.