

PREGLED GRADSKIH ŽELEZNIČKIH SISTEMA ZA PREVOZ PUTNIKA

OVERVIEW OF CITY RAILWAY SYSTEMS FOR PASSENGER

Datum prijema rada: 14.9.2020.

UDK: 656.2

REZIME:

Tendencija razvoja gradova u svetu zahteva izgradnju kompleksnih sistema za javni gradski i prigradski prevoz stanovnika. S obzirom na masovnost gradskih i prigradskih, pa i regionalnih tokova putnika, kao najefikasniji pokazali su se šinski urbani sistemi, i to gradska železnica, laki metro (LRT) i teški metro. Njihova prednost je ne samo u masovnosti prevoza putnika, već i u nizu ekoloških efekata, plansko-prostornih efekata, smanjenju eksternih troškova i, naročito, kod planiranja održivog razvoja gradova i regija. U radu su predstavljeni različiti sistemi za prevoz putnika, od kojih se neki primenjuju i u Republici Srbiji, kao i specifična rešenja u razvijenim državama zapada i istoka. Cilj jeste da se prikažu svetska rešenja i da se time olakša i ubrza izbor projekata u budućnosti za našu zemlju.

Ključne reči: železnica, putnici, tramvaji, metro, gradski sistemi

SUMMARY:

The trend of urban development in the world requires the construction of complex systems for public urban and suburban transport of residents. Considering the mass of urban and suburban, as well as regional passenger flows, the most efficient railway systems have been the urban railways, light rail (LRT) and heavy metro. Their advantage is not only in the mass transport of passengers, but also in a number of environmental effects, planning and spatial effects, reduction of external costs and, especially, in planning the sustainable development of cities and regions. The paper presents various passenger transport systems, some of which are applied in the Republic of Serbia, as well as specific solutions in developed countries of the West and East. The goal is to present the world solutions and thereby make the choice of project for Serbia, easier and faster.

Keywords: railway, passengers, trams, metro, city systems.

* Uroš Savić, mast. inž. saobr, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, uros.savic1612@gmail.com

1. UVOD

Železnički putnički saobraćaj čini bitan deo transportnog tržišta u većini zemalja Evrope, kao i zemalja sa drugih kontinenata. Prevoz putnika ima značajnu ulogu u saobraćajnom sistemu svake zemlje, pa tako i Republike Srbije [1]. Primera radi, u bivšoj Jugoslaviji, broj prevezenih putnika je bio oko 11% od ukupnog broja prevezenih putnika, uzimajući u obzir sve vidove transporta [2].

Današnji trend, odnosno trend godinama unazad, nije takav kao iz vremena bivše države. Konstantan pad procenta putnika i u gradskom i u prigradskom saobraćaju, proizilazi iz neodržavanja infrastrukture i neinvestiranja u vozna sredstva.

Poslednjih godina, situacija se drastično menja, ulažu se značajna finansijska sredstva u celokupnu saobraćajnu infrastrukturu, a pogotovo u železničku.

Tendencija razvoja gradova u svetu zahteva izgradnju kompleksnih sistema za javni gradski i prigradski prevoz stanovnika. S obzirom na masovnost gradskih i prigradskih, pa i regionalnih tokova putnika, kao najefikasniji pokazali su se šinski urbani sistemi, i to gradska železnica, laki metro (LRT) i teški metro. Njihova prednost je na samo u masovnosti prevoza putnika, već i u nizu ekoloških efekata, plansko-prostornih efekata, smanjenju eksternih troškova i, naročito, kod planiranja održivog razvoja gradova i regija.

Pored rekonstrukcije postojećih pruga i stanica, izgradnje novih, kao i nabavke modernih voznih sredstava, najbitnija činjenica jeste potpisivanje projekta za izgradnju gradskog železničkog sistema, odnosno metro sistema u Beogradu.

2. GRADSKI ŽELEZNIČKI SISTEMI

Železnički sistemi na području gradova i prigradskih oblasti mogu biti:

1. Tramvaji;
2. Laki šinski sistemi;
3. Metro;
4. Sistemi klasične železnice;
5. Tram-train sistemi;
6. Sistemi nekonvencionalnog karaktera.

2.1. Tramvaji

Tramvaji prve generacije imaju radijus od 15 do 18 m, kreću se po ulicama i njihova mreža trasa je veoma kompleksna. Stanice imaju udaljenost od 350 do 550 m, gde se ulaz u vozila vrši sa trotoara, tj. ulice (slika 1).

Na starim sistemima tramvaja pojas zaštite uslovljava širinu vozila na 2,2 do 2,4 m, što je znatno uže od savremenog standardnog autobusa, dok je u Švajcarskoj širina koloseka jedan metar. Upotreba modernih vozila zglobnog tipa nije donela neku posebnu pogodnost pošto ta vozila često imaju vrata samo s jedne strane, takođe im je potrebna okretnica na svakom terminalu i ne mogu da koriste središnje perone za ulazak putnika. Na primer u Holandiji i Švajcarskoj ove karakteristike su prisutne na tramvaj sistemima.



Slika 1. Tramvaj španske kompanije CAF [3]

Od prve generacije tramvajskih sistema razvijeni su razni tipovi sistema i skoro svi su i danas u eksploataciji. U Francuskoj, a najviše u gradovima

Grenoblu, Stratsburu i Parizu, gotovo svi tramvaji prve generacije izbačeni su iz upotrebe. Novi tramvaji, koji su implementirani u ovim gradovima u velikoj su meri u prednosti u odnosu na stare. Razlog tome je što su fizički izdvojeni od ostalog saobraćaja (najčešće ivičnjacima), upravljanje se vrši modernim automatizovanim sistemima i nisu pod uticajem semaforne signalizacije. Manu predstavlja niska komercijalna brzina od 20km/h, ali laka dostupnost ovih sistema, cena izgradnje i nabavke vozila nije velika i uz dobru integraciju sa ostalim linijama gradskog prevoza predstavlja sistem tramvaja kao veoma uspešan.

2.2. Laki šinski sistemi

Laki šinski sistemi mogu da se okarakterišu kao srednji nivo železničkih sistema, gde može da se koriste oštriji nagibi i oštrije krivine nego kod klasične železnice ili metro sistema.

U Evropi postoje ovakvi sistemi, već više od jednog veka. Većina njih nalazi se na posebno izgrađenim trasama, gde postoje i podzemne deonice.

Najbitnija razlika između "lake železnice" i "klasične železnice" jeste da su vozila lake železnice veoma prilagodljiva drumskim uslovima saobraćaja tj. mogu da dele saobraćajnice sa drumskim vozilima uz jednostavnu signalizaciju znakovima ili semaforima. Da bi laka železnica bila kompatibilna sa drumskim saobraćajem moraju se konstruktivno razlikovati od vozila teške železnice ili metroa, i to:

1. gornji kontaktni vod mora biti napona od 600 do 700 V,
2. profili točkova moraju biti drugačiji, tj. kompatibilni sa šinom tramvajskog tipa,
3. širina vozila mora biti u skladu sa merama drumskog saobraćaja (maksimalna širina 2,65m),
4. sposobnost vozila da savlada oštre krivine (minimalni radijus je 15 m, a najčešći 25 m),
 - mala udaljenost između obrtnih postolja,
 - zglobna vozila,
 - krajevi vozila su zaobljenog dizajna,
 - elastične konstrukcije točkova,
5. sposobnost vozila da savlada oštre nagibe (minimalno 40 ‰, maksimalno 80 – 100 ‰), što je velika razlika od dozvoljenih nagiba na prigradskoj železnici),

6. veoma visoka učestalost naglih kočenja (vrši se posebnim sistemima elektromagnetskih kočnica, upotreba peska itd.),
7. ulazak i izlazak putnika iz vozila.

Ovakva rešenja zahtevaju višu cenu lakših šinskih vozila u odnosu na vozila metroa. Zato je cena (i masa) po putničkom mestu lakog šinskog vozila obično veća nego za metro vozilo. Međutim, laka šinska vozila su u prednosti zbog svoje široke primene koja se ogleda u tome što mogu da se koriste kroz pešačke zone, da se trasa spušta ispod zemlje, da trasa bude izdignuta, tj. da gotovo liče na metro linije. Na ulicama sličnost je velika kao kod autobuskih sistema, dok kod izolovanih trasa su slični metro sistemima.

Ali, ipak laki šinski sistemi su najviše projektovani za zasebne trase, mali broj je projektovan za zajedničke, osim u samim centralnim delovima grada koji predstavljaju pešačke zone. Karakteristike najnovijih lakih šinskih sistema su da je radijus krivina 25 m, da je standardna širina koloseka, da je maksimalni nagib u rasponu od 40 do 50 ‰, da je visina napona gornjih kontaktnih vodova 750 V jednosmerne struje, da je dužina vozila od 23 do 30 m a širina 2,5 m, da je broj kola maksimalno do 3.

U Nemačkoj se ovi sistemi nazivaju "Stadtbahn" (gradska železnica), a u severnoj Americi "polumetroi". Ovakvi sistemi lakog šinskog saobraćaja funkcionišu između autobusa tramvaja i metroa. Razmak stanica je od 550 do 750 m. U svetu postoji oko 340 lakih šinskih sistema koji imaju karakteristike od tradicionalnih tramvaja do jako izdvojenih sastava gradske železnice, kao što je na primer u Nemačkoj.

Načelno, laki šinski sistemi treba da predstavljaju ideju o modernizaciji starih tramvajskih sistema. Postoje dve mogućnosti modernizacije, od kojih je jedna da se izgrade nove trase na već postojećim ulicama i da se povežu sa uličnom prugom. Druga, skuplja i zahtevnija mogućnost, jeste izgradnja tzv. pred-metro stanja. Ona predstavlja gradnju tunela u srcu grada, po standardima tunela za metro linije, tako da bi se omogućilo funkcionisanje oba vida sistema. Naravno, ne bi se oni odvijali istovremeno zbog velikog rizika već etapno. U prvom periodu kao laki šinski sistem, a u kasnijem periodu kada se izgradi potpuna infrastruktura za metro onda kao metro. U nekim gradovima ovaj koncept je

prihvaćen kao rešenje, dok je u Nemačkoj razmatran, ali se odustalo od takvog projekta.

Termin "laki metro" i "laki brzi javni prevoz" stručnjaci pripajaju kategoriji lakih šinskih sistema javnog prevoza, gde se transport vrši na izdvojenim trasama gde ne dolazi do ukrštanja sa saobraćajnicama u nivou. Takvih primera ima u svetu, u Maleziji sistem STAR, u Manili na Filipinima, u Njukastlu u Engleskoj (sistem Tyne and Wear Metro) i tako dalje. Ovi sistemi imaju veliku sličnost sa metroom, ali razlike su prvenstveno u vozilima. Vozila, tačnije kola znatno su manja, kompozicije su kraće i kapacitet putnika je manji. Od uobičajenih metro sistema razlikuje se još i radijus krivina (od 50 do 100 m), nagibi su znatno veći (od 40 do 50 ‰). Najbolji primer ovakvog koncepta je sistem SKYTRAIN u Kanadi, u gradu Vankuveru. Takođe, primeri su i u Torontu, u Americi u gradu Detroit, a u Aziji u gradu Kuala Lumpur gde se sistem naziva PUTR.

Uvođenje sistema dvostruke voltaže dovodi do konfuzije između klasične železnice i lake, gde taj sistem omogućava saobraćaj obe železnice sa kompromisnim profilom točkova za laku železnicu gde već postoji saobraćaj teških vozova klasične železnice. Pri ovakvom sistemu rizik se znatno povećava. Da bi se rizik smanjio, potrebno je da se na oba tipa vozila instaliraju sistemi za automatsku zaštitu. Najbolji primer ovakvog koncepta je u gradu Karlsruhe u Nemačkoj. U ovom gradu glavna železnička stanica je znatno udaljena od centra grada, ali je povezana tramvajskom linijom standardne širine koloseka, koja se prostire na ulici. Sličan primer je i u gradu Sarbriken, takođe u Nemačkoj. Takođe, i u Engleskoj se pribeglo ovakvim rešenjima. Mane su predstavljene u visokim troškovima nabavke lakih šinskih vozila dvostruke voltaže, kao i njihova velika masa. Takođe, cena opreme za vozila jedne i druge železnice koja povećava bezbednost nije mala [2].



Slika 2. LRT kompozicija u Maleziji [5][4]

2.3. Gradska (prigradska) železnica

Prevoz gradskih putnika karakteriše masovnost, odnosno prevoz velikog broja putnika na kratkom rastojanju od 10 do 50 km od glavne stanice deonice i obavlja se klasičnim železničkim vozilima (obično su to EMG).

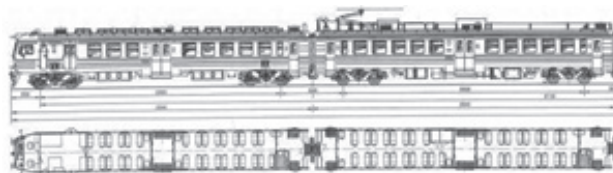
Druga važna karakteristika prevoza prigradskih putnika je neravnomernost po sezonama, mesecima, danima u nedelji i satima dana.

Treća karakteristika prevoza prigradskih putnika je neravnomerna raspodela prigradskih tokova putnika u predelima prigradske deonice. Povećanjem udaljenosti od grada gustina tokova se smanjuje.

Sistem zahteva racionalnu koordinaciju rada sa drugim vidovima saobraćaja (tramvaj, trolejbus, autobus i dr.). Pored toga zahteva prilično visoku frekvenciju saobraćaja vozova. Na mnogim linijama zbog kratkih rastojanja između stanica znatno se snižava brzina kretanja vozova. Zato je potrebno je obezbediti:

- visoku čisto tehničku brzinu kretanja vozova,
- minimalno vreme za ubrzanje i usporavanje,
- kratko vreme zadržavanja pri zaustavljanju voza u stanicama za brzi izlaz i ulaz putnika, specijalizovana kola sa većim brojem vrata i široki prolazi (hodnici) kroz kola.

Grad Beograd je, u saradnji sa "Srbija Voz" a.d, realizovao projekat "Gradske železnice – BG voz novi gradski prevoz". To je sistem gradske železnice koja funkcioniše u okviru integrisanog tarifnog sistema. Ovaj tip javnog prevoza funkcioniše od 1.9.2010. godine na relaciji Novi Beograd – Pančevački most, a 15.4.2011. godine linija je produžena do Batajnice.



Slika 3. Garnitura BG-voza

2.4. Nekonvencionalni šinski sistemi

Glavna karakteristika, a ujedno i razlika, ovog sistema je to što vozila imaju gumene točkove. Prednosti ovog sistema su u tome što gumeni točkovi

izazivaju male vibracije i to utiče na smanjenje buke, savladavanje oštrijih nagiba i bolje ubrzanje. Mane su te što ne mogu da saobraćaju na običnim prugama, već moraju imati posebne sklopove da bi se njima kretali. Primer za nekonvencionalni šinski sistem je u Francuskoj, u gradu Pariz [6].



Slika 4. Prikaz gumenog točka nekonvencionalnog šinskog sistema [7]



Slika 5. Prikaz kompozicije sa gumenim točkovima [8]

2.5. Tram-train (voz-tramvaj, supertramvaj) sistemi

Definicija: TRAM-TRAIN sistema: Uobičajena laka šinska vozila ili tramvaji mogu da saobraćaju "na vidljivost" na ulici. Uobičajena teška šinska vozila obično saobraćaju odvojenim železničkim kolosecima. Tačkama i signalima upravlja dispečerski centar. Mnoge lagane železničke mreže kombinuju potpuno odvojene deonice (često u tunelima) gde se rad kontroliše signalima i ulične delove gde rade u uslovima mešovitog saobraćaja. Obično je železnička pruga zajednička linija, što znači da vozovi koji nisu pogodni za vožnju "na vidljivost", saobraćaju na istoj infrastrukturi kao i laka šinska

vozila posebno prilagođena za vožnju na uličnim linijama (prugama), kao i na železničkim prugama. Ova laka šinska vozila nazivaju se vozilima sa "dvojnim režimom".



Slika 6. Bombardier tram-train vozilo u Sarrikeni [10]



Slika 7. Siemens tram-train vozilo Karlsruhe [10]

Razvoj tramvajskih vozova u Evropi išao je na sledeći način:

- 1961 - Konverzija uskog koloseka "Albtalbahn" u tramvaj, Karlsruhe,
- 1991 - "Bretten" linija preuređena u tramvajski voz, Karlsruhe,
- 1991-2008 - Proširenje mreže Karlsruhe do kraja 500 km,
- 1990 - širenje u Nemačkoj: Sarriken, Kasel, Cvikau, Keln – Bon, Kemnic, Manhajm – Hajdelberg,
- ostali tramvajski vozovi: - Randstadt Rail, Gouda, Pariz, Miluz, Nant, Lion, Porto, Vien Baden, Gmunden, Innzbruk, Bazel itd,
- sve su dvonaponska električna vozila, osim u Kaselu - dizel / električnih tramvaja i Cvikau - dizel DMU.

2.6. Metro sistemi

Metro je najkompleksniji i najzahtevniji sistem javnog gradskog prevoza. Njega karakteriše velika sigurnost, brzina, izrazita tačnost i udobnost. Služi za masovni prevoz putnika na zasebnim saobraćajnicama bez dodira sa drugim saobraćajnim linijama [9]. Metro služi za povezivanje centralnih gradskih regija sa periferijom. Na toj trasi on može da se nalazi na različitim nivoima, tačnije u centru se prostire ispod površine zemlje, a na prigradskom području se nalazi na površini zemlje [2]. Normirana širina koloseka je 1.435 mm, a uobičajena šina za metro je T profila, 65 kg/m, ili žljebna. Dužina šina je od 400 do 700 m i one su ubetonirane u kolovoz [9]. U metro sistemu saobraćaju elektromotorne garniture sa 4 do 8 kola dužine po kolima od 18 do 22 m, a širine od 2,65 do 3,1 m. Što se tiče pogona, većina metroa koristi jednosmernu struju napona 750 ili 1.500 V, zavisno da li se napajaju kompozicije preko treće šine ili iz kontaktnog voda. Maksimalni nagib u ovom sistemu transporta je oko 30 ‰, a minimalni radijus krivine je 200 m, a najčešće 300 m. Karakteriše ga još i velika brzina (komercijalna brzina je oko 35 km/h), mali interval dolazaka i kapacitet oko 20.000 putnika po času. Udaljenost između susednih stanica je između 900 i 1.000 m.

Cena izgradnje metroa je veoma velika i taj proces je veoma kompleksan. Tako da su metroi jedino predviđeni, a ujedno i isplativi u gradovima sa više od jednog miliona stanovnika. U svetu postoji preko 120 metro sistema [2].



Slika 8. Primer jednog metroa (metro u Katanji Sicilija, Italija) [11]

3. PRIMER METROA U SOFIJI

3.1. Istorijat

Planirana od šezdesetih godina prošlog veka, izgradnja metroa nije zvanično započeta sve do kasnih devedesetih godina prošlog veka, najviše zbog toga što grad nije imao hitnu potrebu za podzemnim sistemom, kao i zbog zaustavljene gradnje usled nedostatka odgovarajućih sredstava. Još jedan faktor je dubina na kojoj su se radovi morali izvoditi: kao jedan od najstarijih gradova u Evropi, Sofija ima mnogo istorijskih slojeva ispod njenih centralnih oblasti. Dokazi antike se mogu jasno videti na "Serdika" stanici gde ima bogatstvo neiskopanih tračanskih i rimskih ruševina i moderne arhitekture. Tokom izgradnje ogromnog kompleksa Narodne palate kulture, izgrađeni su dve stanice, koje su onda formirale buduću liniju 2, i tuneli koji ih povezuju.

Izgradnja sistema je počela od rute koja ima najveće tokove putnika i koja lako može da dostigne 38.000 putnika u vreme špica.

Zbog povećane populacije postoji veliki broj putnika koji za vreme radnih dana idu prema centru grada tokom jutra i van centra grada tokom večeri. Potreba za efikasnim javnim prevozom u smeru najvećih tokova putnika, transport i problemi Sofije koji se tiču životne sredine ubrzali su početak gradnje Sofijskog metroa. Prateći ratifikaciju tehničkog i ekonomskog izveštaja za metro Saveta ministara Bugarske, i naknadno odobreni Generalni gradski plan, generalna šema razvoja linija treba da sadrži tri dijametra sa produžecima na periferiji, sa ukupnom dužinom od 62 km, 63 metro stanice i putničkim kapacitetom od 1,1 miliona putnika u konačnoj fazi implementacije [12].

3.2. Linije metroa

3.2.1. Prva linija M1 – Crvena linija

Prvi deo linije 1, koji je dugačak 6,5 km i ima pet stanica koje povezuju "Slivnica" bulevar kroz "Ljulin" i "K. Veličkov" bulevar, otvoren je 28.1.1998. godine. Stanica "Opalčenska" je počela sa radom 17.9.1999. godine, a stanica "Serdika", koja je smeštena na "Sv. Nedelja" trgu, 31.10.2000. godine, povećavaju ukupnu dužinu celog sistema na 8,1 km. Operativni deo linije je dodatno produžen

za 1,8 km, pružajući se do "Obelja" predgrađa u aprilu 2003. godine.

Produžavanje linije 1 nastavilo se u 2005. godini početkom izgradnje 4,8 km tunela i tri stanice koje povezuju "Sv. Nedelja" trg i "Interped" svetski trgovinski centar u Izgrevu (stanica "Frederik Žolio-Kiri"). U 2006. godini je započeta izgradnja još jednog dela iste linije, koji sadrži 3,2 km tunela i tri stanice, i koji povezuje Izgrev i "Mladost I" predgrađe. Završetak prve tri stanice je bio predviđen za jesen 2007. godine, ali kao rezultat raznih kašnjenja, drugi deo prve linije ("Vasil Levski" stadion - "Mladost 1") počeo je prvi sa radom 8.5.2009. godine, saobraćajući jedno vreme odvojeno od severozapadnog dela linije. Preostali deo između "Serdike" i "Vasil Levski" stadiona je konačno počeo sa radom 7.9.2009. godine, uspostavljajući neprekidanu vezu između "Obelja" i "Mladost 1" stanica.

Izgradnja dela od "Mladost 1" do "Poslovni park Sofija" stanice (2,62 km, tri podzemne stanice) počela je 25.4.2013. godine, i završena je 8.5.2015. godine. Koštala je 85.767.683 bugarskih leva (43.852.320 evra), ne uključujući PDV, i opslužuje drugu najviše naseljenu oblast u Sofiji.

3.2.2. Druga linija M2 – Plava linija

Druga linija Sofijskog metroa povezuje distrikte "Obelja", "Nadežda", centar grada i "Lozenec" sa južnim delom grada. Polovinu troškova izgradnje je pokrila Evropska unija, dok je ostatak finansirala država i gradski budžeti. Izgradnja dela od 6,4 km između "Nadežda" petlje i "Lozenec" distrikta sa Centralnom železničkom stanicom i Narodnom palatom kulture počela je 14.12.2008. godine. Radovi na delu između "Obelja" predgrađa i "Nadežde" počeli su u februaru 2010. godine. Oba dela linije počeli su sa radom 31.8.2012. godine.

"NDK" i "Evropska unija" stanice i tuneli koji ih povezuju bili su delimično završeni tokom izgradnje Narodne palate kulture i ponovnog razvoja okolne oblasti u kasnim sedamdesetim i ranim osamdesetim godinama prošlog veka.

Izgradnja "Mladost 3" i "Inter Expo Centar – Cari gradsko šose" stanica započeta je 15.2.2009. godine

i završena je 25.4.2012. godine. Dalji produžetak do aerodroma Sofija koji čine dve podzemne i dve nadzemne stanice i koji je dugačak 4.968 km započet je 2013. godine, i završen 2.4.2015. godine po ceni od 136.757.630 bugarskih leva (69.923.066 evra), bez PDV-a. Ovaj deo je kratko saobraćao kao ogranak linije 1, ali je ubrzo prebačen na liniju 2, pomerajući krajnju stanicu linije od "Obelje" do aerodroma Sofija.

Dvadesetog jula 2016. godine linija je produžena ka jugu za 1,3 km sa jednom stanicom, "Vitoša", koja se nalazi u "Hladilnika" naselju. Izgradnja je trajala 2 godine.

Odvojena su sredstva za izgradnju budućeg ogranka do "Ilijancija", koji počinje od postojeće raskrsnice između "Knjeginja Marija Luiza" i "Han Kubrat" stanica.

3.2.3. Treća linija M3 – Zelena linija

Planirana je treća linija, dugačka 16 km, koja povezuje "Ovča Kupel" naselje (na jugozapadu Sofije) i "Vasil Levski" naselje (na severoistoku Sofije), sa ukupno 16 stanica, uključujući dve stanice za presedanje u centru grada, sa obe već operativne linije. Linija je počela sa radom 2019. godine.

Ima osam nadzemnih i 11 podzemnih stanica. Ugovor za dizajn projekta je dodeljen češkoj kompaniji, "Metroprojekt Praha a.s."

U martu 2014. godine raspisan je tender za izgradnju centralnog dela linije. Deo je dugačak 7 km i uključuje sedam stanica, od kojih su dve za presedanje sa linijama 1 i 2. Objavom tendera je postalo jasno da je prvobitni plan za 19 stanica delom promenjen i da dve stanice neće biti izgrađene, jedna kod "Dorijan" bulevara i jedna kod "Šipka" ulice. Tunel centralnog dela gradi kompanija "TBM", dok je izgradnja stanica dodeljena drugim kompanijama. Izgradnja dela biće završena u roku od 45 meseci. U januaru 2015. godine raspisan je tender za 20 vozova koji će opsluživati centralni deo linije. Uredaji za automatsko upravljanje vozovima, sa trećim stepenom automatizacije (GoA 3), i platformna vrata osiguraće bezbednost putnika. Za razliku od linija 1 i 2, gde vozovi dobijaju struju kroz treću šinu, vozovi linije 3 biće opremljeni pantografima.

"CAF" i "Siemens" su konkurisali na tenderu za vozove i "Siemens" je pobedio.

Početkom 2016. godine započeta je izgradnja treće metro linije Sofijskog metra koristeći tehnologiju za klasični podzemni metro sa podrškom visokog napona. U izgradnji su sve metro stanice u centralnom delu, plus nekoliko u zapadnom i istočnom centru grada Sofije. Treća linija Sofijskog metra imaće ukupno 23 stanice, 16 stanica za Glavnu liniju i sedam stanica za Istočni ogranak[13][14].

3.2.4. Četvrta linija M4 – Žuta linija

Dana 26.8.2020. godine, nakon otvaranja linije broj 3 (M3), linija broj 2 (M2) u deonici "Slivnica" - "Mladost 1", koja ide paralelno sa linijom broj 1 (M1), promenjena je u liniju broj 4 (M4).



Slika 9. Šematski prikaz četiri linije metroa u Sofiji [14]

4. PRIMERI TRAM-TRAIN SISTEMA U SVETU

Na slici 9 prikazani su gradovi u Evropi koji planiraju razvoj Sistema tramvajskog voza (Tram-Train System). Ovo je prikaz iz 2016. godine, a u međuvremenu su mnogi od njih već izgradili prve linije.

Na slici 10 dat je prikaz gradova koji su od 2012. godine aktivni u kreiranju koncepta tramvajskog voza. Radi se o osam gradova u Španiji (Katalunja,

Alikante, Kartagena, Santander, Leon, Asturias, San Fernando i Manakor), šest gradova u Nemačkoj (Šemiz, Cvikau, Nordhauzen, Kasel, Karlsruhe i Sarbriken), pet u Francuskoj (Pariz, Strazbur, Nant, Lion i Bordo), po dva u Portugalu (Porto i El Ferol) i Italiji (Kaljari i Sassari) i jedan u Holandiji (linija Den Hag – Gouda).



Slika 10. Gradovi koji nameravaju razvoj tramvajskog voza 2006. [15]



Slika 11. Gradovi koji su aktivni u kreiranju koncepta tramvajskog voza 2012.[15]

4.1. Randstat pruga

Randstat pruga je zvanično ime brze tranzitne mreže javnog prevoza u Holandiji. Holandija ima oko 16 miliona stanovnika, prostire se na 42.500 km² i ima tri ekonomska centra: Amsterdam (aerodrom), Rotterdam (luka), Hag (vlada). Randstat pruga predstavlja kombinaciju tri postojeće mreže. U te mreže spadaju: klasična železnica, metro RET i tramvajske linije HTM.

Ideja o ovaj vrsti pruge potiče četiri prevoznika 1988. godine. Godinu dana kasnije predlog prevoznika prihvatile su četiri uprave: ministarstvo transporta, provincija Zuid Holland, opštine Hag i Rotterdam. Šest godina su četiri uprave razrađivale RandstatRail. Četiri operatera nisu imali dozvolu da učestvuju zbog budućeg otvorenog tržišta i uslova tendera. Iste godine, konzorcijum četiri operatera počinje nezavisno razrađivanje RandstadRail projekta. Godine 1999. vlada odlučuje da postavi kombinaciju HTM-a i RET-a kao preferiranog prevoznika za prvi koncesijski period. Početak rada bio je 2006. godine.



Slika 12. HTM niskopodno RR vozilo za saobraćaj po Haglanden ogranku[16]



Slika 13. RET-ovo visokopodno RR vozilo za saobraćanje po Rotterdam ogranku[17]

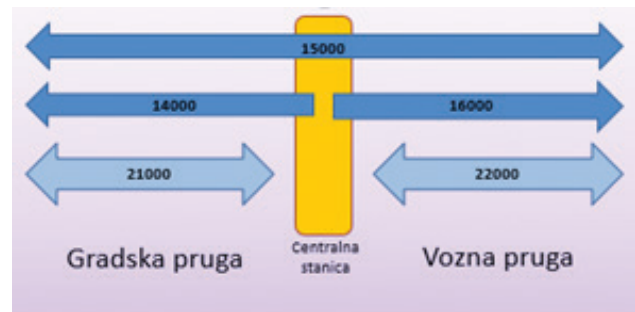
Prednosti Randstat pruge:

- manje promena,
- više stanica,

- visoka prosečna brzina: 45 – 55 km/h,
- pouzdanost,
- udobna vozila sa niskim podom,
- visoka frekventnost.

Činjenice i brojke:

- jedan od većih projekata lake željeznice u Evropi,
- ukupna dužina 55 km,
- 71 vozilo lake željeznice,
- ukupna cena 1.100 miliona evra,
- koncesijski period od 10 godina,
- 125.000 putnika dnevno (ceo RR sistem),
- 88.000 Haglanden ogranak,
- 37.000 Rotterdam ogranak,
- tačnost preko 94 procenta.



Slika 14. Povezanost između bivše vozne pruge i gradske pruge [15]

4.2. Ujedinjeno Kraljevstvo

"Sheffield Supertram" je tramvajski sistem lakih željeznica u Šefildu u Engleskoj. Infrastruktura je u vlasništvu izvršnog organa za prevoz putnika u Južnom Jorkširu, dok je privatna transportna kompanija "Stagecoach" odgovorna za rad i održavanje tramvaja. Ovaj sistem tramvajskih vozova odobrila je Kancelarija za željezničku regulativu. Puštanje u rad je bilo 21.3.1996. godine.

U daljim godinama osetan je napredak tramvajskog voza u Šefildu. Tramvajska stanica "Parkgate" je završena, svi mostovi su spremni za nadzemnu linijsku opremu. Došlo je do spajanja sa Supertram mrežom i do postavljanja signalizacije. Puni radovi su završeni u novembru 2017. godine. Niskopodne platforme Roterham Central-a su završene početkom 2018. godine. Testiranje i obuka zaposlenih rađeni su od maja do avgusta 2018. godine, a ažuriranje radnih instrukcija i pravilnika urađeno je u maju 2018. godine.



Slika 15. Mapa Supertram mreže[18]

Buduće šeme:

- od Glazgov Centralna do Glazgov aerodroma – u fazi razmatranja,
- od Vednesbarija do Brierli Hila – finansira se kao deo Midland Metro produžetka, tramvajski voz se koristi za isprobavanje buduće teretne rute klasične železnice,
- Mančester Metrolink: Planovi za prve usluge tramvajskog voza se finalizuju, a rute do Marplea i Halea trenutno će verovatno da budu započete,
- Kardiff Vels Metro – čeka finalne ponude od ponuđača iz "Wales & Border" franšize (poziv na tender izdat u oktobru 2017. godine),
- "South Hampshire Metro" – u pregovorima sa "Network Rail",



Slika 16. Izgled tramvaja Supertram mreže [15]

- Blekpuł – produžetak do "South Fylde" linije se razmatra u petogodišnjem razvojnom planu,
- Šefild – dodatne usluge tramvajskog voza planirane su da reše probleme kapaciteta i povezanosti sa budućim prugama "Northern Power Rail" i "HS2",

- opcija deljenja puta i pruge kako bi se smanjio uticaj pada kamenja na prelepu "Kyle of Lochalsh" liniju.

4.3. Meksiko

Puebla – Čolula linija prva je komercijalna putnička linija pokrenuta u Meksiku jer je većina putničkih vozova napuštena 1996. godine. Kapitalni troškovi projekta za liniju od 17,4 km iznose 53,4 miliona evra. Vreme putovanja je 40 min, sa maksimalnom brzinom od 35 km/h. Projekat su uradili meksička vlada, Ministarstvo komunikacija, transportni i teretni prevoznici, železničke kompanije "Ferroсур" i "Kansas City Southern".

Koristi se postojeća "Ferroсур" teretna železnica, koja je prošla je kroz obimno obnavljanje jer se neki delovi pruge nisu koristili nekoliko godina. Linija povezuje centar grada sa arheološkom piramidom u Čolula, popularnom turističkom destinacijom.

Novi terminal izgrađen je blizu bivše glavne stanice Puebla, koja je 1988. godine pretvorena u nacionalni železnički muzej. Stanica je takođe izgrađena u Čoluli, dok će tri međustanice da budu dodate u budućnosti. Raspoložu sa dve elektro-dizel garniture "Citylink LRV" (70% nizak pod) prvobitno napravljena u "Vossloh España" kompaniji za napušteni projekat tramvajskog voza u španskom gradu Leonu. Kolosek je promenjen sa 1.000 mm na 1.435 mm, vozila su duga 39,6 m i široka 2.550 mm, sa kapacitetom do 284 putnika.

Naplaćivanje usluga je započeto u januaru 2017. godine. Prvobitno je bilo sedam polazaka dnevno između 8:00 h i 20:00 h radnim danima, a devet pari vikendom i državnim praznicima. Povezanost sa linijom obezbeđuje gradska autobuska brza tranzitna mreža RUTA.



Slika 17. Spoljni izgled garniture na liniji Puebla – Čolula [19]



Slika 18. Unutrašnji izgled garniture (Puebla – Čolula)[19]

4.4. Mađarska

Mađarska planira izgradnju tramvajskog vozana području grada Segedina. Postoje dve opcije projekta.

Opcija jedan, predstavlja pojas između grada Segedin i Makoa. Opština Segedin predstavila je planove za izgradnju južnog mosta na Tisi, koji će takođe obezbediti prostor za liniju tramvajskog voza sa jednim kolosekom koja će povezivati centar grada Segedin ("Szegeđ Plaza") i grad Mako. Kao deo projekta, Segedin će imati intermodalno čvorište koje će služiti železničkim, autobuskim i tramvajsko-voznim sistemima, a "Ujszegeđ" (železnička stanica) - Mako železnička linija biće modernizovana da se omoguće brzine od 80 do 100 km/h. Neophodno finansiranje obezbediće EU (18,5 milijardi HUF), Mađarske državne železnice (MAV) u iznosu od 7,5 milijardi HUF i centralna uprava 10 milijardi HUF.



Slika 19. Prikaz povezivanja gradova Segedin i Makó (Mađarska)[15]

Opcija dva predstavlja pojas između Segedina i Hodmezovasarhelija. Povezanost između dva grada ranga okruga koji su udaljeni 25 km jedan od drugog je veoma tesna, ima oko 8.000 putnika dnevno prosečnim radnim danima između dve opštine.

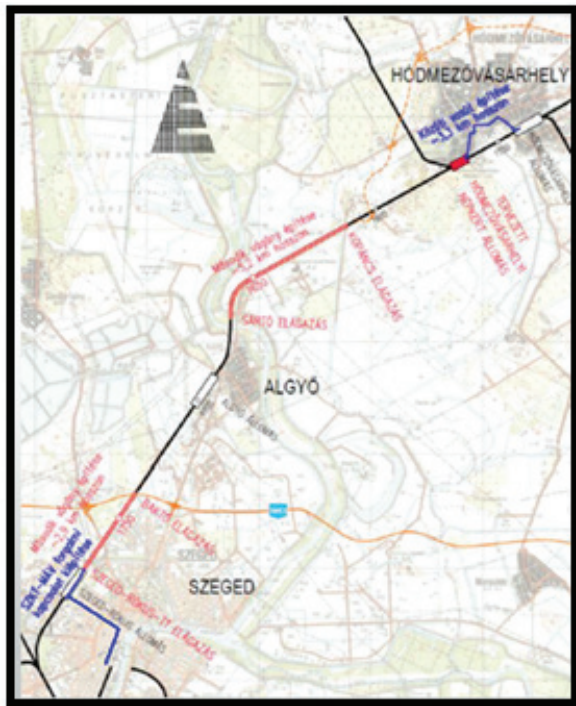
Konceptualne alternative su sledeće:

1. Razvoj prigradskih železničkih usluga između gradova;
2. Spajanje železničkog i tramvajskog sistema u Segedinu u tramvajsko-vozni sistem, bez izgradnje tramvajske pruge u Hodmezovasarheliju;
3. Razvoj tramvaja u Hodmezovasarheliju u tramvajsko-vozni sistem, sa zajedničkim peronom na "Szegeđ/Rokus" železničkoj stanici;
4. Uvođenje tramvajskog voznog sistema između Hodmezovasarhelija i Segedina zajedno sa razvojem tramvajske pruge u Hodmezovasarheliju.

Glavni tehnički sadržaj projekta tramvajskog voza u Segedinu:

- izgradnja tramvajske pruge sa jednim kolosekom duge 3,3 km sa kolosekom za zaobilazanje i terminalom u Hodmezovasarheliju,
- razvoj železničke linije 135 između Népkereta u Hodmezovasarheliju i Rokusa u Segedinu (povećanje brzine i izgradnja koloseka za zaobilazanje),
- izgradnja veza pruge između tramvajske linije 1 u Rokusu u Segedinu i železničke linije 135,
- nabavka osam hibridnih (dizel/električnih) vozila dugih 34 m, koja su takođe pogodna za vožnju tramvajskom mrežom Segedina,
- razvoj zona uz železničke stanice: Park&Ride parkinzi za automobile i Bike&Ride parkinzi za bicikle, onlajn informacije za putnike,
- razvoj ITS-a (inteligentnog transportnog sistema), uspostavljanje stanica i informacionih sistema za nadzor vozila,
- uspostavljanje auto depoa u Segedinu (proširenjem mesta "Szegeđi Közlekedési Kft - SzKT").

Projekat je završen 2015. godine, a državna kompanija MAV Zrt. je postala prevoznik za novi tramvajski deo u Hodmezovasarheliju. MAV je takođe ostao prevoznik linije 135. Krajnji rok za isporuku svih naručenih vozila je 2020. godina.



Slika 20. Prikaz linije između grada Segedin i Hodmezovasarhelyi (Mađarska)[15]

4.5. Prepreke u razvoju tramvajskih vozova

Kao primer za lošu odluku izgradnje sistema tramvajskog voza može se prikazati studija slučaja KASEL (Nemačka). Mreža tramvajskog voza sadrži 184 km pruge i 28 vozniha jedinica od kojih 18 vozila ide na 600 V DC i 15 kV AC, a 10 vozila ide na 600 V DC i dizel-motor. Sve linije tramvajskog voza u radijusu od 30-40 min. oko Kassela imale su ogromno povećanje broja putnika (utrostručio se od 2007. godine). Linija tramvajskog voza RT9 Kasel – Vabern – Trejsa je pokrenuta 2007. a zatvorena 2012/13. godine.

Razlozi za zatvaranje su nedostatak vozila za poboljšane frekventnosti na ostale tri linije tramvajskog voza (intervali od 30 umesto 60 min na RT1, RT4 i RT5), zatim sistem tramvajskog voza koji saobraća na postojećim linijama deli prugu (sa teretnim, ekspresnim i ostalim vozovima) što je poboljšalo nivo usluge na postojećoj železničkoj mreži. Izgrađeno je samo 800 m nove pruge u Kaselu. Dozvoljena brzina na koridoru RT9 sa tramvajskim vozovima bila je samo 90 km/h, dok je moguća dozvoljena brzina na železničkoj liniji 120/140 km/h, što je stvaralo neefikasan operacioni kapacitet.

Linija RT9 nikad nije bila veoma popularna, uglavnom zbog nepovoljnog vremena putovanja u poređenju sa konvencionalnim vozom (oko 65 min tramvajskim vozom u poređenju sa 56/58 min). Nedostatak toaleta je doprineo u velikoj meri da RT9 postane neatraktan, razlog tome je vožnja od 65 min. Kao rezultat, broj putnika se nije povećao i mnogo žalbi je bilo uobičajeno na dnevnom nivou i došlo je do zatvaranja.

Drugi primer za neuspeh ovog sistema bi bio Luksemburg u ranim dvehiljaditim godinama. Implementacija LRT projekta je nemoguća bez političke podrške. Politička podrška zavisi od javnog mnjenja, a suštinski zadatak projektnog menadžmenta je da se pobrine za javno mnjenje. Donošenje konačne političke odluke za implementaciju projekta znači prevazilaženje nekoliko tehničkih, finansijskih i institucionalnih prepreka. Ipak, rešavanje svih problema ne vodi nužno do uspeha. Komunikacija nikad ne sme biti zanemarena kada su u pitanju železnički projekti. Većina populacije neće lako shvatiti sve što se predloži, iako predložene stvari planerima deluju sasvim normalno, same brojke i podaci neće biti dovoljni da se ubedi javnost. Planeri znaju da su planiranje mobilnosti i prostorno planiranje usko zavisni jedno od drugog. Većina ljudi je svesna da je planiranje mobilnosti posledica korišćenja zemljišta, ali često sumnjaju da korišćenje zemlje takođe prati transportnu infrastrukturu. Lako je protivnicima tramvajskog voza da tvrde da je prostor previše vredan da bi se trošio na novi sistem javnog prevoza. Naročito trgovci i komercijalna udruženja imaju tendenciju da precenjuju benefite pristupačnosti puta i parkinga sa jedne strane, i da zanemaruju prednosti efikasne povezanosti javnog prevoza sa druge. Zato, prostor koji će zauzimati projekat tramvajskog voza ne može da bude rezultat samo inženjerske analize, već se moraju uzeti u obzir i politički okviri. Izgradnja projekta tramvajskog voza postavlja pitanje ko će biti prevoznik. U nekim slučajevima ovo može delovati očigledno kada monopolistička kompanija ne mora da se suočava sa konkurencijom – ili drugi ekstrem – kada tržišne sile odgovore na ovo pitanje na otvorenom tenderu. Tramvajski voz može dovesti do toga da postojeći prevoznici izgube delove tržišta i da to poveća njihovo protivljenje projektu. Problemi prevoznika su

poprilično senzitivni jer, s jedne strane, mogu se pojaviti socijalni konflikti, a s druge strane ljudi očekuju od inovativnog projekta tramvajskog voza da poboljša kvalitet usluge, što će možda smanjiti važnost postojećih javnih kompanija. Potreba za tehničkom studijom sa inteligentnim i obimnim komunikacionim naporima je od suštinske važnosti [15].

5. RAZVOJ BEOGRADSKOG METROA KROZ PROJEKTE

Prve reči o beogradskom metrou datiraju iz 1958. godine od arhitekta Nikole Dobrovića. Na njegovu inicijativu izdaje se dokument „Tehnika urbanizma – saobraćaja“ gde je predstavljen plan o uvođenju metroa u sistem javnog gradskog prevoza putnika. Prema arhitekti Dobroviću, trasa prve linije bila je na potezu Kalemegdan – Terazije – Slavija – Čubura. Inženjer Savo Janjić, desetak godina kasnije, predstavio je detaljnu studiju o metrou u Beogradu što je do tada bio prvi celovit koncept ikada predstavljen [20].

5.1. Studija iz 1968. godine

Studija iz 1968. godine je u stvari prvi projekat metroa koju su sastavili ugledni inženjeri na čelu sa doktorom Savom Janjićem. Oni su predstavili šemu koja je predviđala ukupno tri linije dužine približno 33 km sa 35 stanica. Linije su predstavljene slovima, A, B i C.

Tabela 1. Linije metroa (studija iz 1968. godine):

| LINIJA | DUŽINA (km) | BROJ STANICA |
|--------|-------------|--------------|
| A | 14,30 | 16 |
| B | 9,10 | 10 |
| C | 9,55 | 12 |

Linija A se prostirala na trasi: Zemun Gornji grad – Bežanijska kosa – Novi Beograd – Terazije – Tašmajdan – Vukov spomenik – Zvezdara.

Linija B se prostirala na trasi: Kalemegdan – Terazije – Slavija – Čubura- Beograd Centar –Banjica.

Linija C se prostirala na trasi: Čukarica – Banovo brdo – Mostar – Slavija – Tašmajdan – Pančevački most – Višnjica.



Slika 21. Šema metroa iz 1968. godine[21]

Linije A i B predstavljale su okosnicu mreže, i one su ujedno bile najopterećenije, dok je treća linija predstavljala vezu između ove dve.

Linija A se protezala sa jednog kraja grada na drugi, gde je povezivala najgušće naseljene delove sa najvećim tokovima putnika. Početna stanica je bila na Zvezdari, a zatim se protezala duž tadašnjeg Bulevara revolucije. U potesu bulevara je projektovan plitki tunel, dok je u produžetku duboki, sve do izlaska na novi savski most. Na Terazijama je predviđeno ukrštanje sa linijom B, a tu su se ujedno i ukrštale i buduće linije tramvajske mreže. U nastavku se prelazila reka Sava. Prelaz preko reke je razmatran u više studija, a jedno od rešenja bilo je i kopanje tunela ispod reke. Ova opcija je uzeta kao izvodljiva uprkos visokoj ceni, ali se ipak odustalo zbog rastresitosti tla Novog Beograda. Po prelasku reke kod novog železničkog mosta, trasa se prostirala Bulevarom Zorana Đinđića do Tošinog bunara, a zatim kroz Bežanijsku kosu i sve do Zemuna.

Za liniju B, početna stanica je predviđena na Trošarini, tadašnjoj okretnici tramvaja 9 i 10. Na tom području se nalaze Voždovačka naselja Banjica, Jajinci, Kumodraž i naselja uz duž Avalskog puta. Dalji potes bi bio uz ulicu Vojvode Stepe do Autokomande, i to sa dubokim tunelom zbog velike visinske razlike, preko Čubure do Slavije. Na Slaviji je tačka ukrštavanja sa trećom linijom, linijom C. Nastavak je sledio preko Londona do Terazija, a na Terazijama je ukrštanje sa linijom A. Krajnja stanica je Kalemegdan, tačnije Zoološki vrt.

Za trasu C, bilo je predstavljeno nekoliko alternativa. Tada je izabrana kao najbolja trasa koja je

kretala sa Čukarice ka Hipodromu, preko mosta u Topčiderskoj dolini pa sve do Sajma, a odatle preko Mostara ka Slaviji. Na ovom delu trase nije izraženo poklapanje sa postojećim ulicama. Za dalji tok ka Karaburmi, postojale su dve varijante. Jedna preko Vukovog spomenika, a druga duž Grobljanske ulice [22].

5.2. Studija iz 1976. godine

Godine 1970. donosi se odluka o gradnji novog Beogradskog železničkog čvora, a nakon okončanja radova počela bi izgradnja metroa. Od 1967. do 1972. godine projektuje se generalni urbanistički plan koji je zasnovan na sistemima javnog prevoza u koji spada i metro. Osniva se i poseban sektor pod nazivom "Sektor za metro i podzemne radove", koji za primarni cilj ima izgradnju metroa u Beogradu.

Prema najpovoljnijem rešenju, izabrana je studija sa 5 metro linija. Projektom se predviđao kapacitet od oko 40.000 putnika u jednom času. Razdaljina između stanica oko 800 m i komercijalna brzina između 30 i 40 km/h. Planirane su, pored ovih pet metro linija, i četiri linije regionalnog metroa.

M1: EI (Zemun) – Zemun – Stari Merkator – Centar Novog Beograda – Obala – Terazijaska terasa – Dom Skupštine – Vukov spomenik – Konjarnik – Mali Mokri Lug.

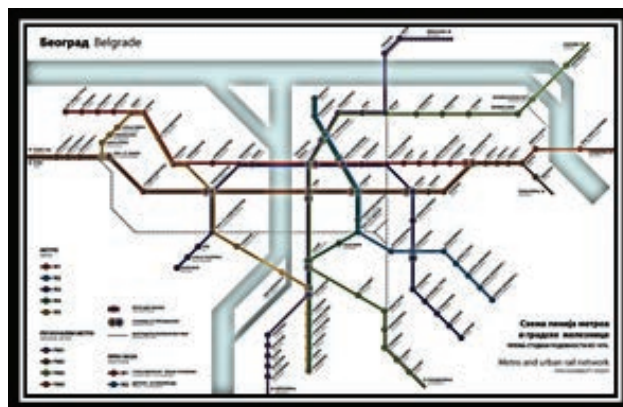
M2: Dorćol – Trg republike – Dom Skupštine – Slavija – Železnička stanica Centar – Autokomanda – Dušanovac – Braće Jerković 2.

M3: Bežanija – Železnička stanica Novi Beograd – Centar Novog Beograda – Obala – Terazijaska terasa – Dom Skupštine – Vukov spomenik – Čubura – Dušanovac – Trošarina – Jajinci.

M4: Dorćol – Trg republike – Dom Skupštine – Slavija – Železnička stanica Centar – Sajam – Hipodrom – Banovo brdo – Kneževac.

M5: Železnička stanica Zemun – Zemun – Stari Merkator – Centar Novog Beograda – Železnička stanica Novi Beograd – Hipodrom – Banovo brdo – Kneževac.

RM1: Obrenovac - Bele vode – Hipodrom – Sajam – Sava – Terazijaska terasa – Trg republike – Dunav – Ovča – Zrenjanin.



Slika 22. Šema metroa, studija iz 1976. godine[22]

RM2: Ruma – Batajnica – Železnička stanica Zemun – Centar Novog Beograda – Sava – Slavija – Čubura – Šumice – Mali Mokri Lug – Vinča – Požarevac.

RM3: Mladenovac – Resnik – Rakovica – Sajam – Sava – Terazijaska terasa – Trg republike – Dunav – Višnjica – Veliko Selo – Pančevo.

RM4: Novi Sad – Batajnica – Železnička stanica Zemun – Centar Novog Beograda – Sava – Slavija – Čubura – Šumice – Mali Mokri Lug – Vinča – Smederevo.

5.3. Stanje danas

Skupština grada Beograda je u junu 2010. usvojila informaciju o izradi dokumenta kojim bi se definisali osnovni zahtevi u izgradnji beogradskog metroa, prema kojem će se metro graditi kao nezavisan šinski sistem, bez ukrštanja sa ostalim drumskim saobraćajem, sa dva osnovna pravca od Zemuna i Novog Beograda do Ustaničke ulice, i od Karaburme do Banovog brda i Vidikovca, sa ukrštanjem u centru grada. Trase bi se kretale podzemno sa dubokim tunelima i u neki tačkama bi izlazile na površinu, gde god bi to bilo moguće zbog smanjenja troškova kopanja [23].

Danas, 2019. godine situacija je takva da Beograd nikada nije bio bliži metrou. U protekle dve i po godine razrađivan je projekat za beogradski metro pod nadzorom francuskih firmi "Alstom" i "Egis".

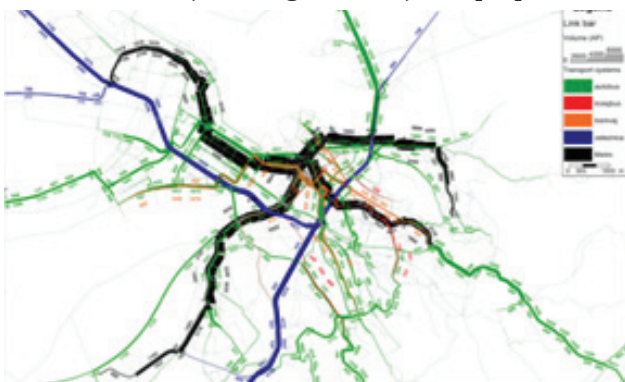
Predstavljen je master plan koji obuhvata celokupan saobraćaj na teritoriji Beograda. Pod tim spadaju i železnički sistemi i metro sistem. Plan se sastoji iz proširenja postojećeg BG voza i izgradnja metro

linija. S obzirom na plan, odnosno na pojačavanje rada BG voza i projekat metroa, fokus je postavljen na ova dva vida prevoza. Rezultati jasno pokazuju važnost budućih investicija u sistem javnog prevoza, ali ne moraju biti kanalisane na prosperitet sistema prigradskih železnica.



Slika 23. Šematski prikaz linija BG voza i metroa prema master planu Beograda 2019. godine [23]

Na taj način bi se povećao uspeh sistema koji je instaliran od 2011. godine sve do danas, tačnije unapredio bi se. Sistem BG voza zajedno sa metroom bio bi od velikog značaja za zahteve prevoza na kraćim i srednjim relacijama. U idealnom slučaju oba sistema će se implementirati prema planu, jer će BG voz sam po sebi iskusiti ograničen uspeh iako je isplativ, jer je koridor kojim prolazi ograničen topografijom i svojstvenom prirodom teškog teretnog sistema, koji zahteva duže razdaljine između stajališta i kraće frekvencije. Ove karakteristike ograničavaju efikasnost mreže BG voza u poređenju sa metroom ili pak LRT sistemima, zbog nedostatka mogućnosti prostiranja, međutim efikasan je u opsluživanju tržišta sa srednjim i dugim relacijama [23].



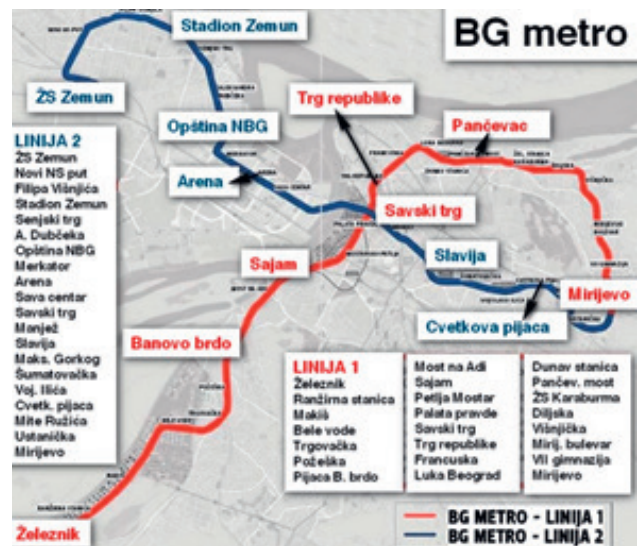
Slika 24. Šematski prikaz svih vidova javnog prevoza prema master planu Beograda 2019. godine [23]

Prema najnovijim podacima gradnja metroa počće u Železniku, prve dve linije ukrstiće se na Savskom trgu i u Mirijevu, trasa ka Novom Beogradu ići će kroz tunel ispod Save, a prvu vožnju mogli bismo da očekujemo 2025. godine. Ovi podaci dolaze iz studije francuske firme "Egis" u saradnji sa JKP "Beogradski metro i voz".

Studija je završena i usvojilo ju je JKP "Beogradski metro i voz". U toku je prevod Studije, ali već uveliko se koristi za pregovore i prezentacije.

Studija francuskog "Ežisa" predvidela je dve linije. Prvu od Železnika do Mirijeva (prva faza do Pančevačkog mosta) dugu 21,3 km sa 23 stanice i drugu od Mirijeva do Zemuna, dugu 19,2 km sa 20 stanica.

Trase su definisane. Sve analize su pokazale da najveći problem u saobraćaju postoje od Banovog brda do Mostarske petlje. Taj pravac predstavlja prioritet za rešavanje, a na njega se nadovezuje "Beograd na vodi" kao budući najveći generator putovanja. Zaključeno je da se jednom linijom neće značajno poboljšati stanje u javnom prevozu. Kad se dve linije metroa ukrste broj putnika na prvoj skoči za 45 %. A treća linija ujedno i poslednja će da upotpuni sistem.



Slika 25. Beogradski metro 2025. godina[24]

Dilema o izgradnji "lakog" ili "teškog" metroa, tačnije da li će ceo sistem biti pod zemljom ili ne, razrešena je. Prema projektu mali procenat trase će se prostirati iznad zemlje. Dužina će biti oko 2,5km.

Što se tiče podzemnih trasa, najzanimljivija je ona koja treba da pređe reku. Tačnije, to bi bio tunel ispod reke Save, kojim bi druga linija povezala stari i Novi Beograd. Tunel je optimalna mogućnost za drugu liniju. Ona je nešto skuplja, ali je veoma funkcionalna.

Tunel bi trebalo da se nalazi negde iza zgrade bivše Glavne železničke stanice i Starog savskog mosta.



Slika 26. Stari savski most (okvirna pozicija tunela za BG metro)[25]

Postoje stručnjaci koji tvrde da bi moglo da bude problema prilikom gradnje zbog klizišta i laguma. Problemi u izgradnji uzeti su u obzir. Urađena je analiza sastava tla na deonici na kojoj će ići prva faza metroa, od Železnika do Karaburme. Pokazalo se da postoje različiti sastavi tla što otežava posao, jer je potrebna specijalna TBM mašina, koja može da radi i u kamenu i u rastresitom, podvodnom tlu.

Početak gradnje uveliko se najavljuje za kraj 2021. godine. Metro će da se radi fazno. Na Makiškom polju počinje gradnja i tu će se raditi po zemlji, tako da je realno da bi krajem 2021. mogla da počne gradnja. Glavni zahvati ne, ali početak svakako da. Radovi će početi kod Makiškog polja jer tamo ima dovoljno prostora za gradnju depoa.

Procena, koliko vremena treba da prođe od početka radova do puštanja u rad prve linije, je po planu oko četiri i po godine. Što se tiče druge linije i nekog zaokruživanja sistema planom je predviđena 2033. godina, ako ne i ranije.

Sa francuskom firmom je potpisano pismo o razumevanju. Osim donacije za prethodnu studiju izvodljivosti i generalni projekat, ono se tiče i

nabavke vozova, šina, kontaktne mreže, mehanike. Najveći trošak predstavlja građevinski radovi, a tu postoje ugovori o saradnji sa kineskim firmama. Partnerstvo sa ove dve zemlje predstavlja veoma dobru kombinaciju da u zajedničkom poslu mi dobijemo najbolje rezultate. [24]

Kada je reč o finansijama, generalnim projektom je definisano da će obe linije koštati 4,4 milijarde evra, ali se ističe da se ta cifra mora uzeti sa rezervom. Prva faza prve linije koštaće milijardu i 860 miliona evra. [26]

Linija 1, stanice: Železnik, Ranžirna stanica, Makiš, Bele Vode, Trgovačka, Požeška, Pijaca Banovo Brdo, Most na Adi, Sajam, Petlja Mostar, Palata pravde, Savki trg, Trg republike, Francuska ulica, Luka Beograd, Dunav stanica, Pančevački most, ŽS Karaburma, Diljska ulica, Višnjička ulica, Mirijeovski bulevar, VII gimnazija, Mirijevo.

Linija 2, stanice: Novi NS put, Ul. Filipa Višnjića, Stadion Zemun, Senjski trg, A. Dubočeka, Opština NBG, Merktor, Arena, Sava centar, Savski trg, Manjež, Slavija, Ul. Maksima Gorkog, Sumatovačka ulica, Cvetkova pijaca, Dunav stanica, Pančevački most, ŽS Karaburma, Diljska ulica, Višnjička ulica, Ulica Mite Ružića, Ustanička ulica, Mirijevo.

6. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni različiti šinski sistemi za javni gradski i prigradski prevoz putnika, od kojih se neki primenjuju i u Republici Srbiji, kao i specifična rešenja u razvijenim državama u Evropi i na drugim kontinentima. Cilj jeste da se prikažu različita tehnološka rešenja i iskustva drugih država, te da se time olakša i ubrza izbor najpogodnijih projektnih rešenja u budućnosti za našu zemlju.

Prikaz sistema u Sofiji predstavlja najrealniji reper, koji može poslužiti kao "kalup" za Beograd. Tome doprinosi i velika sličnost dve zemlje po broju stanovnika kao i u finansijskoj snazi, a finansijska moć predstavlja možda i ključni faktor u izboru najpogodnijeg sistema javnog gradskog prevoza putnika u Beogradu.

Predstavljeni su još i laki šinski sistemi kao i tramvaji, koji se mogu smatrati kao zamenski sistemi za metro. Njihova prednost jeste upravo u ceni, troškovi njihovog projektovanja i izgradnje su značajno niži u poređenju sa metroima. Kao mana se može izdvojiti da ti sistemi nisu potpuno izolovani, tačnije da ništa od spoljnih faktora ne može da utiče na njihovo funkcionisanje.

LITERATURA

- [1] Nikolić V, Milinković S, Vesković S, Pavlica D: Regionalni putnički saobraćaj – iskustva iz Južnog Banata, *Železnice*, Vol. 64. no. 2, pp 115-125, septembar 2019.
- [2] Čičak, M., Vesković, S., "Organizacija železničkog saobraćaja II" Beograd, Srbija, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2005.
- [3] <http://igorgsp.blogspot.com/2011/07/caf-urbos-3-prvi-niskopodni-tramvaj-u.html>
- [4] <http://www.kuala-lumpur.ws/transportation/light-rail-transit.htm>
- [5] <http://www.kllexportmalaysia.com/2016/11/10/new-trains-for-lrt-kelanjaya-line-by-year-end/>
- [6] http://www.build.mk/docs/users/clover-stack/JAVEN%20PREVOZ/ekosvest%20urban_sinski.pdf
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Rubber-tyred_metro
- [8] <https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?p=106508239>
- [9] J Mašek, M Kendra, S Milinković, S Vesković, D Bárta, "Proposal and application of methodology of revitalisation of regional railway track in Slovakia and Serbia. Part 1: Theoretical approach and proposal of methodology for revitalisation of regional railways", *Transport Problems, Volume 10 Special Edition*, pp 85—95, 2015
- [10] <https://www.akg-images.de/archive/-2UMDHUEBH5F4.html>
- [11] G Stojić, D Mladenović, O Prentkovskis, S Vesković, A Novel Model for Determining Public Service Compensation in Integrated Public Transport Systems, *Sustainability*, 10(9), 2969;
- [12] <https://doi.org/10.3390/su10092969>, 2018
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/Catania_Metro
- [14] https://en.wikipedia.org/wiki/Sofia_Metro
- [15] <http://www.urbanrail.net/eu/bg/sofia/sofia.htm>
- [16] <https://www.metrosofia.com/en/>
- [17] Stefanović G., "Tram train technology review and developing possibilities", Beograd, Srbija, Predavanje, Saobraćajni fakultet univerziteta u Beogradu, 2018.
- [18] <https://www.lightrail.nl/lightrailatlas/lra-pages/lra-highlights-english.htm>
- [19] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/34/Hofplein_21-08-07.jpg/400px-Hofplein_21-08-07.jpg
- [20] https://en.wikipedia.org/wiki/Sheffield_Supertram
- [21] <https://www.railwaygazette.com/news/passenger/single-view/view/diesel-tram-trains-for-puebla.html>
- [22] <http://beobuild.rs/forum/viewtopic.php?t=2027&start=175>
- [23] Janjic, S. "Studija beogradskog metroa", Beograd, Jugoslavija, Zajednica jugoslovenskih zeleznica, 1968.
- [24] http://ewiki.org/ru/images/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%B8%D0%B2_%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B6%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8
- [25] http://www.beograd.rs/images/file/1e96abdfc0ae1c58aea41f15b325d2aa_2477873010.pdf
- [26] <https://www.blic.rs/vesti/beograd/mapa-metro-ispod-save-prva-voznja-2025-otkrivamo-vam-trase-prve-dve-linije-ko-ce-ga/cqlp4fw>
- [27] <http://rs.n1info.com/Biznis/a251267/Folic-Stari-Savski-most-se-ne-uklanja-vec-dobija-novi-oblik.html>
- [28] <http://www.rts.rs/page/stories/sr/story/125/drustvo/3554295/beogradski-metro--dve-linije-vise-od-40-stanica-tunel-ispod-save.html>