

Prometni izazovi urbanih sredina: Perspektiva Zagreba i uloga podzemne željeznice kao potencijalnog rješenja

Čičko, Tina

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:696498>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





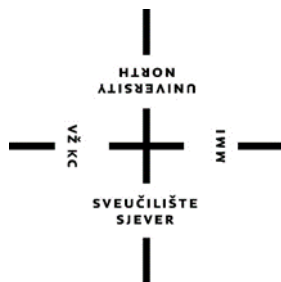
**Sveučilište
Sjever**

Diplomski rad br. 205/OMIL/2024

**Prometni izazovi urbanih sredina:
Perspektiva Zagreba i uloga podzemne
željeznice kao potencijalnog rješenja**

Tina Čičko, 3298/336

Koprivnica, rujan 2024. godine



**Sveučilište
Sjever**

Održiva mobilnost i logistički menadžment

Diplomski rad br. 205/OMIL/2024

**Prometni izazovi urbanih sredina:
Perspektiva Zagreba i uloga podzemne
željeznice kao potencijalnog rješenja**

Student:

Tina Čičko, 3298/336

Mentor:

izv.prof.dr.sc. Predrag Brlek, dipl.ing.

Koprivnica, rujan 2024. godine

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za logistiku i održivu mobilnost		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Održiva mobilnost i logistika		
PRISTUPNIK	Tina Čičko	JMBAG	0336040278
DATUM	09.09.2024.	KOLEGIJ	Upravljanje prometnim sustavima u urbanim sredinama
NASLOV RADA	Prometni izazovi urbanih sredina: Perspektiva Zagreba i uloga podzemne željeznice kao potencijalnog rješenja		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Traffic challenges of urban areas: the perspective of Zagreb and the role of the subway as a potential solution		
MENTOR	Dr.sc. Predrag Brlek, dipl.ing.	ZVANJE	Izvanredni profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc. Vesna Sesar, predsjednica 2. doc.dr.sc. Miljenko Mustapić, član 3. izv.prof.dr.sc. Predrag Brlek, mentor 4. doc.dr.sc. Ivana Martinčević, zamjenski član 5.		

Zadatak diplomskog rada

BROJ 205/OMIL/2024

OPIS

Razmatrajući prometne izazove u urbanim područjima, ovaj rad fokusiran je na analizu specifičnih problema u prometu u urbanim sredinama, s naglaskom na grad Zagreb, te istražuje ulogu podzemne željeznice kao mogućeg rješenja. Prikazane su specifičnosti postojećeg prometnog sustava Zagreba, uključujući tramvajski i autobusni prijevoz, te gradsko-prigradsku željeznicu, istražujući njihove izazove i ograničenja. Analizirani su primjeri podzemnih željeznica u europskim gradovima poput Londona, Beča i Berlina kako bi se istaknule karakteristike metro sustava i primjeri dobre prakse. Povijesna analiza ideja o uvođenju podzemne željeznice u Zagrebu obuhvaća različite planove i studije koje nisu realizirane, ističući razloge za njihov neuspjeh. Prednosti i nedostaci podzemne željeznice sustavno su razmotreni, s naglaskom na njenu učinkovitost u smanjenju prometnih gužvi i zagađenja, ali i izazove poput visokih troškova izgradnje i potrebe za složenom infrastrukturom. Zaključak istraživanja naglašava ključnu ulogu prometne infrastrukture za održivi razvoj urbanih sredina te potrebu za integriranim pristupom u planiranju prometnih sustava, pri čemu podzemna željeznica predstavlja perspektivno rješenje za grad Zagreb.

ZADATAK URUČEN

10. 9. 2024

POTPIS MENTORA

Predrag Brlek

SVRUČLIŠTE
SIEVER



Predgovor

Zahvaljujem svom mentoru izv.prof.dr.sc. Predragu Brleku na podršci, stručnom vodstvu, savjetima te pruženoj pomoći tijekom pripreme ovog diplomskog rada.

Također, veliko hvala svim profesorima i asistentima Sveučilišta Sjever na znanju koje sam stekla kroz svih pet godina studiranja. Zahvaljujem dragim kolegama s fakulteta koji su obogatili moje akademsko putovanje svojom podrškom i prijateljstvom.

Posebno bih željela zahvaliti svojoj obitelji na stalnoj podršci i vjeri u moje ambicije. Zahvaljujem i svom partneru na neupitnoj podršci i ohrabrenju. Njegovo prisustvo i povjerenje bili su ključni u trenucima sumnje i napora.

Na kraju, želim zahvaliti svima koji su me podržavali, poticali i ohrabivali tijekom ovih izazovnih godina.

Sažetak

Razmatrajući prometne izazove u urbanim područjima, ovaj rad fokusiran je na analizu specifičnih problema u prometu u urbanim sredinama, s naglaskom na grad Zagreb, te istražuje ulogu podzemne željeznice kao mogućeg rješenja. Prikazane su specifičnosti postojećeg prometnog sustava Zagreba, uključujući tramvajski i autobusni prijevoz, te gradsko-prigradsku željeznicu, istražujući njihove izazove i ograničenja. Analizirani su primjeri podzemnih željeznica u europskim gradovima poput Londona, Beča i Berlina kako bi se istaknule karakteristike metro sustava i primjeri dobre prakse. Povijesna analiza ideja o uvođenju podzemne željeznice u Zagrebu obuhvaća različite planove i studije koje nisu realizirane, ističući razloge za njihov neuspjeh. Prednosti i nedostaci podzemne željeznice sustavno su razmotreni, s naglaskom na njenu učinkovitost u smanjenju prometnih gužvi i zagađenja, ali i izazove poput visokih troškova izgradnje i potrebe za složenom infrastrukturom. Zaključak istraživanja naglašava ključnu ulogu prometne infrastrukture za održivi razvoj urbanih sredina te potrebu za integriranim pristupom u planiranju prometnih sustava, pri čemu podzemna željeznica predstavlja perspektivno rješenje za grad Zagreb.

Ključne riječi: prometni izazovi, urbane sredine, Zagreb, podzemna željeznica, održivi razvoj, integrirani pristup, prometna infrastruktura

Summary

Considering traffic challenges in urban areas, this paper focuses on analyzing specific traffic issues within urban environments, with an emphasis on Zagreb, and explores the role of underground metro systems as a potential solution. It examines the specifics of Zagreb's current transportation system, including tram and bus services, as well as the suburban rail network, investigating their challenges and limitations. Examples of underground metro systems in European cities such as London, Vienna, and Berlin are analyzed to highlight the characteristics and best practices of metro systems. The historical analysis of proposed underground metro projects in Zagreb encompasses various plans and studies that were not implemented, emphasizing reasons for their failure. The advantages and disadvantages of underground metro

systems are systematically reviewed, emphasizing their effectiveness in reducing traffic congestion and pollution, alongside challenges such as high construction costs and the need for complex infrastructure. The conclusion of the study underscores the crucial role of transportation infrastructure in sustainable urban development and the necessity for an integrated approach in planning transportation systems, with the underground metro representing a promising solution for Zagreb.

Keywords: traffic challenges, urban environments, Zagreb, underground metro, sustainable development, integrated approach, transportation infrastructure

Popis korištenih kratica

ZET	Zagrebački električni tramvaj
U-Bahn	Sustav podzemne željeznice
MŽ	Metropolitanska željeznica
JŽ	Javna željeznica
WB	Svjetska banka
LTS	Laki tračnički sustav
LGŽ	Laka gradska željeznica
CBA	Analiza troškova i koristi (Cost-benefit analysis)
MMPI	Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture

Sadržaj

1. Uvod	11
1.1. Problem i predmet istraživanja.....	12
1.2. Svrha i cilj istraživanja	12
1.3. Istraživačka hipoteza	13
1.4. Metode istraživanja.....	13
1.5. Struktura rada	14
2. Prometni sustav u urbanim sredinama	17
2.1. Izazovi urbanih sredina	18
2.2. Problemi gradskog prijevoza	21
2.3. Pojam održivosti sustava.....	22
3. Prometni sustav grada Zagreba	25
4. Sustav javnog prijevoza u gradu Zagrebu	27
4.1. Tramvajski sustav grada Zagreba	28
4.1.1. Izazovi i ograničenja tramvajskog sustava u gradu	30
.....	30
4.2. Autobusni sustav	33
4.3. Gradsko prigradska željeznica	35
5. Identificirani problemi i potencijalno rješenje	38
6. Podzemne željeznice u oblikovanju urbanih sredina	39
6.1. Podzemno željeznički sustav u svijetu	40
6.2. Europski gradovi s podzemnom željeznicom	41
6.2.1. Londonski metro.....	41
6.2.2. Bečki U-Bahn	43
6.2.3. Berlinski U-bahn	44
6.3. Značajke metro sustava	45
7. Uloga podzemne željeznice sličnih europskih gradova poput Zagreba	48
8. Povijesna analiza ideja o zagrebačkom metrou	51
8.1. Generalni prometni plan Grada Zagreba iz 1979.godine	51
8.1.1. Metropolitanska željeznica.....	53
8.2. Prometna studija Grada Zagreba iz 1999. godine	55
8.2.1. Laka gradska željeznica	56
8.3. Podzemno-nadzemni tračnički sustav u gradu Zagrebu	59
8.4. Prostorno prometna studija cestovno-željezničkog sustava iz 2008.godine	61
8.4.1. Zašto planovi nisu postali stvarnost?	63
9. Podzemne željeznice: Prednosti i nedostaci	65
9.1. Prednosti	66

9.2. Nedostaci	72
10. Prednosti implementacije metro sustava u Zagrebu	77
11. Zaključak	81
12. Literatura	85
13. Popis slika	88
14. Popis tablica.....	89
15. Popis grafikona	90

1. Uvod

Gradovi diljem svijeta suočavaju se s rastućim izazovima u prometu uslijed urbanizacije i povećanja broja stanovnika. Zagreb, kao glavni grad Republike Hrvatske, nije iznimka. S porastom populacije i gospodarskim razvojem, prometni sustavi postaju sve opterećeniji, što rezultira gužvama, produženim vremenima putovanja i negativnim utjecajem na okoliš. Problemi s kojima se suočava prometni sustav Zagreba su složeni i višestruki, te zahtijevaju cjelovita i inovativna rješenja. U ovom radu istražuju se mogućnosti uvođenja podzemne željeznice u Zagrebu kao potencijalno rješenje za poboljšanje mobilnosti građana i smanjenje prometnih gužvi.

Javni prijevoz putnika u urbanim sredinama suočava se s brojnim izazovima i problemima. Urbanizacija, rast broja stanovnika i sve veći broj automobila na cestama dovode do preopterećenja postojećih prometnih infrastruktura. Gužve, kašnjenja i zagađenje zraka samo su neki od problema s kojima se svakodnevno suočavaju građani Zagreba. Kroz ovaj rad, ispitati će se izazovi i specifični problemi s kojima se gradski prijevoz suočava.

Kod modernizacije javnog gradskog prijevoza ključno je odabrati sustav koji će funkcionirati uz minimalne poteškoće i ograničenja. Javni gradski prijevoz predstavlja glavni oblik prijevoza u mnogim gradovima i od iznimne je važnosti da bude siguran, brz i učinkovit. Širenjem gradova povećavaju se zahtjevi prema javnom prijevozu, a standardne nadzemne željeznice, poput tramvaja, često više nisu dovoljne za zadovoljavanje potreba putnika. Razvoj novih tehnologija i pristupa u javnom prijevozu postaje imperativ za rješavanje ovih problema. Iz tog razloga mnogi gradovi odlučuju se za izgradnju podzemnih željeznica. Podzemne željeznice nude brojne prednosti u odnosu na nadzemne sustave, uključujući veće brzine putovanja, smanjenje gužvi na cestama i poboljšanje kvalitete zraka. Ovi sustavi mogu značajno poboljšati kapacitet i učinkovitost javnog prijevoza, pružajući građanima brži i pouzdaniji način kretanja kroz grad. Implementacija podzemnih željeznica također doprinosi ekološkoj održivosti, smanjujući emisije štetnih plinova i stvarajući čišći urbani okoliš. Korištenjem podzemnih željeznica, gradovi

moгу postići bolje prometne tokove, povećati mobilnost stanovnika i unaprijediti ukupnu kvalitetu života.

U ovom radu istražiti će se povijesni kontekst i evolucija ideje o uvođenju podzemne željeznice u Zagrebu. Razmotrit će se raniji pokušaji i prijedlozi te analizirati razlozi zbog kojih ti projekti nisu realizirani. Na taj način bit će ponuđen bolji uvid u izazove i prepreke s kojima se Zagreb suočava pri pokušaju modernizacije svog prometnog sustava.

Na kraju, rad će ponuditi preporuke i smjernice za daljnje korake u razvoju prometne infrastrukture Zagreba, posebno ističući prednosti implementacije podzemne željeznice kao ključnog rješenja za smanjenje prometnih problema u gradu. Cilj je stvoriti viziju budućnosti u kojoj je Zagreb grad s modernim, efikasnijim i održivijim javnim prijevozom, koji je sposoban adekvatno odgovoriti na sve veće potrebe svojih stanovnika.

1.1. Problem i predmet istraživanja

Problem prometnih gužvi i nedostatka učinkovitog javnog prijevoza u urbanim sredinama poput Zagreba postaje sve izraženiji. Brojni stanovnici oslanjaju se na osobne automobile kao primarni način prijevoza, što dodatno opterećuje prometnu infrastrukturu i pridonosi emisijama štetnih plinova. Cilj ovog istraživanja je istražiti kako uvođenje podzemne željeznice može doprinijeti rješavanju tih problema, pružajući brži, učinkovitiji i održiviji oblik javnog prijevoza.

1.2. Svrha i cilj istraživanja

Svrha ovog istraživanja je analizirati potencijalne prednosti uvođenja podzemne željeznice u Zagrebu za povećanje mobilnosti građana i smanjenje prometnih gužvi. Cilj istraživanja je istražiti utjecaj metro sustava na prometnu situaciju, ekonomski razvoj i održivost grada, te predložiti smjernice za optimizaciju prometne infrastrukture.

1.3. Istraživačka hipoteza

Na temelju istraživanja problema prometne učinkovitosti u Zagrebu, definirane su dvije hipoteze koje se istražuju u ovom radu:

- Glavna hipoteza (H1): Uvođenjem podzemne željeznice u Zagrebu povećat će se mobilnost građana.

Očekuje se da će metro sustav pružiti brže i učinkovitije putovanje u usporedbi s postojećim tramvajskim i autobusnim linijama, što bi trebalo potaknuti veći broj ljudi da koriste javni prijevoz. Smanjenjem ovisnosti o osobnim automobilima moguće je poboljšati kvalitetu života građana i smanjiti opterećenje cestovne infrastrukture.

- Pomoćna hipoteza (H2): Implementacija metroa u Zagrebu dovest će do smanjenja prometnih gužvi.

Pretpostavlja se da će metro privući dio putnika koji trenutno koriste osobne automobile ili druge oblike prijevoza, čime bi se smanjio broj vozila na cestama. Očekuje se da će to rezultirati boljom protočnošću prometa, smanjenjem vremena putovanja i smanjenjem stresa povezanog s prometnim gužvama u gradu.

Ove hipoteze služe kao polazna točka za istraživanje i analizu učinaka moguće implementacije metroa u Zagrebu te njezinog utjecaja na mobilnost građana i smanjenje prometnih problema.

1.4. Metode istraživanja

U ovom radu korištene su različite metode istraživanja kako bi se analizirali izazovi i prednosti uvođenja podzemne željeznice u Zagrebu. Ključne metode korištene u istraživanju uključuju analizu literature, komparativnu analizu, studiju slučaja te korištenje internet izvora.

Analiza literature poslužila je kao temelj za sustavno prikupljanje relevantnih informacija iz stručnih časopisa, knjiga i znanstvenih radova o trenutnom stanju prometnog sustava u Zagrebu. Pregled literature omogućio je razumijevanje izazova s kojima se susreće postojeći javni prijevoz, kao i identifikaciju prednosti koje bi metro sustav mogao donijeti.

Komparativna analiza provodila se usporedbom podataka o metro sustavima u drugim europskim gradovima poput Londona, Beča i Berlina. Ova metoda omogućila je procjenu potencijala i benefita implementacije metroa u Zagrebu na temelju iskustava i rezultata drugih gradova.

Studija slučaja obuhvatila je analizu povijesnih inicijativa i planova za podzemnu željeznicu u Zagrebu kako bi se sagledala prethodna iskustva, izazovi i razlozi zbog kojih su ti planovi ostali neostvareni. Studija slučaja pružila je uvid u lekcije naučene i potencijalne prepreke koje je potrebno prevladati.

Internet izvori korišteni su za prikupljanje dodatnih podataka, stručnih analiza i urbanističkih planova relevantnih za prometni sustav Zagreba. Pregled internetskih izvora doprinijelo je detaljnoj analizi trenutnog stanja i potencijala za unapređenje javnog prijevoza.

Ove metode omogućile su sveobuhvatan pregled problema i potencijala uvođenja podzemne željeznice u Zagrebu te su pružile osnovu za zaključke i moguća rješenja koja se nalaze u nastavku rada.

1.5. Struktura rada

Ovaj rad strukturiran je na način da prvo analizira opće izazove i karakteristike prometnih sustava u urbanim sredinama (Poglavlje 2), zatim se usredotočuje na specifičnosti prometnog sustava grada Zagreba (Poglavlje 3 i 4). Nakon toga, istražuje se koncept podzemnih željeznica kao oblika javnog prijevoza (Poglavlje 6), pruža se povijesni pregled ideja o zagrebačkom metrou (Poglavlje 8), te se analiziraju prednosti i nedostaci implementacije

metroa (Poglavlje 9). Završno, rad zaključuje sa sintezom nalaza i preporukama za daljnje istraživanje i razvoj (Poglavlje 11).

Ovaj rad strukturiran je tako da pruži analizu prometnih izazova i mogućih rješenja s posebnim naglaskom na uvođenje podzemne željeznice u Zagrebu. Uvodno poglavlje definira problem, svrhu, ciljeve i hipoteze istraživanja. Postavljene hipoteze usmjerene su na povećanje mobilnosti građana Zagreba uvođenjem podzemne željeznice te smanjenje prometnih gužvi.

Drugo poglavlje započinje analizom općih izazova i karakteristika prometnih sustava u urbanim sredinama, pružajući širi kontekst unutar kojeg se promatra problematika gradskog prijevoza. Razmatraju se problemi s održivošću postojećih sustava.

Treće i četvrto poglavlje usredotočuju se na specifičnosti prometnog sustava grada Zagreba, s detaljnom analizom trenutnog stanja i izazova s kojima se grad suočava. Posebna pažnja posvećena je tramvajskom i autobusnom sustavu, kao i gradsko-prigradskoj željeznici, s naglaskom na njihove prednosti, ograničenja i uočene probleme.

Poglavlje pet identificira ključne probleme u prometnom sustavu Zagreba i razmatra moguća rješenja, postavljajući temelje za daljnje istraživanje o podzemnim željeznicama.

Šesto poglavlje istražuje koncept podzemnih željeznica kao oblika javnog prijevoza, analizirajući različite metro sustave u svijetu, s posebnim fokusom na europske gradove poput Londona, Beča i Berlina. Ova komparativna analiza pruža uvid u značajke i uspješnost metro sustava u urbanim sredinama.

Sedmo poglavlje istražuje kako podzemna željeznica utječe na urbane sredine u europskim gradovima sličnim Zagrebu.

Osmo poglavlje donosi povijesni pregled ideja i planova o zagrebačkom metrou, uključujući generalni prometni plan iz 1979. godine, prometnu studiju iz 1999. godine, te prostorno-prometnu studiju iz 2008. godine. Analizira se zašto dosadašnji planovi nisu realizirani.

Deveto poglavlje temeljito razmatra prednosti i nedostatke implementacije metro sustava u Zagrebu. Analizira se kako bi metro sustav mogao utjecati na mobilnost građana, smanjenje prometnih gužvi i poboljšanje kvalitete života u gradu.

Razmatrajući moguću implementaciju metroa u Zagrebu, poglavlje deset istražuje prednosti koje bi ovakav sustav mogao donijeti gradu. Iako nije moguće s apsolutnom sigurnošću tvrditi da bi metro u Zagrebu imao identične učinke kao u sličnim europskim gradovima, postoji značajan potencijal da bi metro sustav mogao bitno smanjiti gužve i poboljšati situaciju u prometu osobnim automobilima. Uvođenjem metroa otvara se mogućnost za ubrzanje i optimizaciju cjelokupnog javnog prijevoza, stvarajući brže, efikasnije i održivije prometne mreže unutar grada.

2. Prometni sustav u urbanim sredinama

S rastućom urbanizacijom, gradovi postaju središta intenzivnog prometa, a pritom se suočavaju s brojnim izazovima u održavanju učinkovitog i održivog prometnog sustava. Gustoća naseljenosti, povećana mobilnost i ograničeni resursi zahtijevaju pažljivo planiranje kako bi se osigurala kvaliteta života građana. Rastuća gustoća naseljenosti dovodi do povećane potražnje za transportom, izazivajući gužve, produžena vremena putovanja i povećanu emisiju stakleničkih plinova. Ovi faktori značajno utječu na održivost urbanih sredina, stvarajući potrebu za inovativnim pristupima kako bi se promet prilagodio zahtjevima suvremenog života.

Nastankom urbanih sredina, javlja se potreba organizacije prometa unutar tih prostora. Urbanim sredinama se pripisuje ključna uloga kao važnim prometnim čvorištima, oblikujući kompleksan i raznolik sustav kretanja. Suvremeni uvjeti u urbanim sredinama donose sve veće izazove u prometu, mijenjajući pritom zahtjeve za prijevozom i stvarajući komplikacije u uobičajenom toku prometa. Ovaj dinamičan proces često rezultira zagušenjem prometne infrastrukture u mnogim urbanim područjima, potičući napore za poboljšanjem prometnih uvjeta u centralnim dijelovima gradova.

U skladu s tim, suvremene urbane sredine prepoznaju nužnost razvoja održivih planova prostornog i prometnog razvoja. Ti planovi su ključni za postizanje cjelokupnog održivog razvoja urbanih područja. Upravljanje prometom u središtima urbanog okruženja ne svodi se samo na olakšavanje zagušenja, već ima dublje veze s pitanjima održivosti, uključujući smanjenje emisija, poboljšanje kvalitete zraka i podršku ekološkim inicijativama. Stoga je važno razvijati strategije koje promiču ravnotežu između rasta urbanizacije i održivosti prometnog sustava u urbanim sredinama. Kroz integrirane planove, urbana područja mogu optimizirati prometnu infrastrukturu, poticati održive oblike prijevoza te stvarati životne i radne prostore koji su u skladu s principima održivog razvoja. [1]

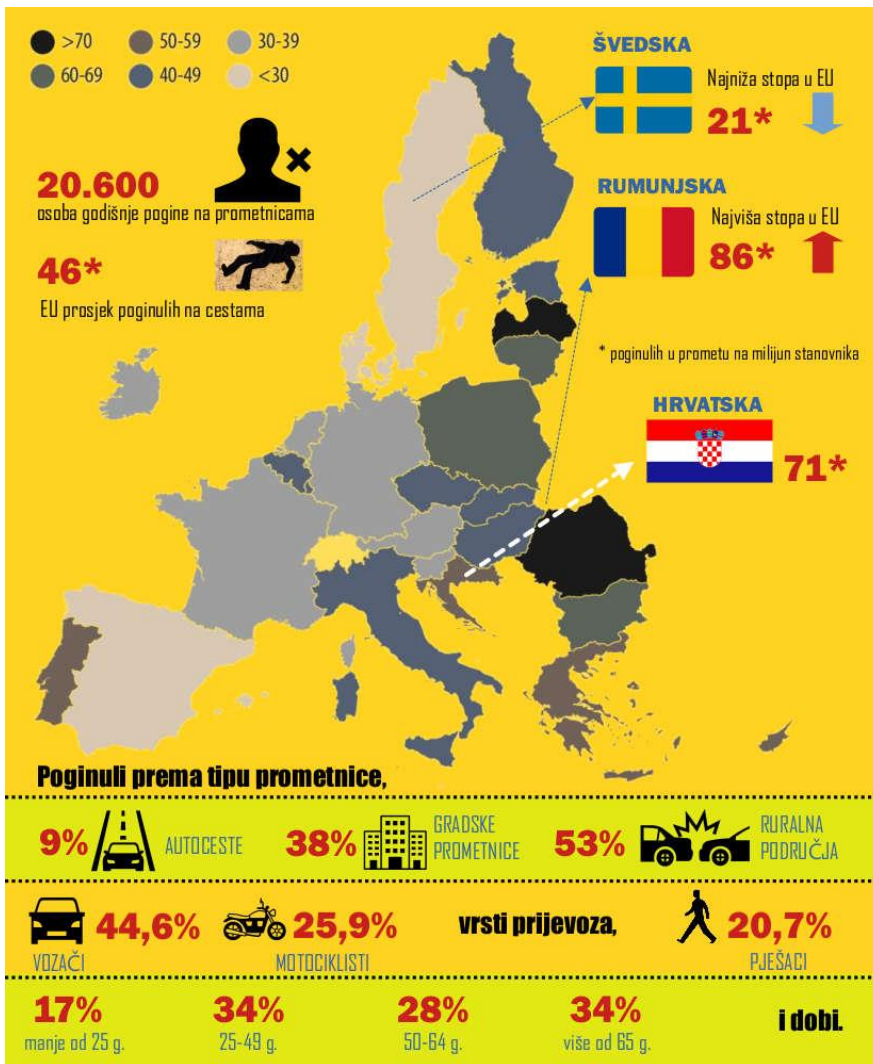
2.1. Izazovi urbanih sredina

Promet, unatoč mnogim pozitivnim aspektima, suočava se s rastućim problemima u urbanim sredinama. Zagušenost prometnica, niska brzina kretanja, visoki troškovi, onečišćenje okoliša i niz drugih negativnih utjecaja postaju sveprisutni. Zagušenost prometnica i male brzine kretanja često rezultiraju povećanim troškovima putovanja, dugim vremenima putovanja, te gubitkom produktivnosti i učinkovitosti. Onečišćenje zraka od emisija vozila dodatno otežava kvalitetu zraka u urbanim sredinama, što može imati ozbiljne posljedice na zdravlje stanovništva. Sigurnost sudionika u prometu, uključujući pješake i putnike, postaje izazovna zbog povećane gužve, raznovrsnosti prijevoznih sredstava i nepostojanja odgovarajuće infrastrukture. Povećana potražnja za prometom u urbanim sredinama često prelazi kapacitete postojeće prometne infrastrukture, što dovodi do problema u kvaliteti dnevnog prijevoza i mobilnosti pojedinaca.

Zagušenost prometnica, naročito glavnih cesta i autocesta, proizlazi iz sve veće potražnje za prometom, što dovodi do intenzivnog korištenja prometne infrastrukture. Ovaj problem neizbježno se manifestira u cestovnom prometu, gdje je svakodnevna zagušenost prisutna na autocestama i važnim prometnim raskrižjima. Zagušenost ima značajan utjecaj na kvalitetu prijevoza robe i putnika, te time i na gospodarsku funkciju prometa. Osim toga, uzrokuje niz dodatnih problema, uključujući nedostatak sigurnosti u prometu, buku, vršna opterećenja u gradovima, ograničenu dostupnost i mobilnost, utjecaj na prirodni okoliš, onečišćenje zraka te društvene vrijednosti. Pitanje sigurnosti u cestovnom prometu posebno je važno jer broj poginulih osoba u prometnim nesrećama u zemljama Europske unije premašuje 20.000 godišnje. (*Slika 1.*) Osim što utječe na gospodarske aktivnosti, zagušenost predstavlja ozbiljan izazov za očuvanje sigurnosti, okoliša i kvalitete života u urbanim sredinama. Rješavanje ovih problema zahtijeva integrirane strategije kako bi se osiguralo održivo i efikasno upravljanje prometom. [2]

Promet se sve više pretvara u svoju suprotnost, postajući izvor buke, vibracija te drugih nepovoljnih utjecaja koji ometaju normalan život stanovnika. Umjesto da povezuje ljude, promet često stvara podjele, posebice u urbanim sredinama gdje su problemi posebno izraženi. Vrhunac opterećenja, osobito u prometnim špicama, stvara prevelike zahtjeve za postojeće prometnice, što dovodi do zagušenosti i sporijeg kretanja. Unatoč napretku u razvoju prometnog sustava, određene skupine stanovništva, poput starijih osoba, osoba s tjelesnim oštećenjima i sl. i dalje nisu dovoljno povezane s prometnom infrastrukturom, što im ograničava svakodnevne mogućnosti sudjelovanja u prometu.

Gradnja prometne infrastrukture često se provodi neplanski, narušavajući prirodni izgled okoline i ozbiljno ugrožavajući prirodni okoliš, odnosno floru, faunu te ravnotežu između očuvanja okoliša i rastuće potrebe za mobilnošću. Promet ima ključnu ulogu u ukupnom onečišćenju zraka, a cestovni promet ima dominantan udio u tome. Posljedično, zagađenje zraka ima ozbiljan utjecaj na zdravlje stanovništva, uzrokujući povećane troškove zdravstvene skrbi, smanjenje prinosa u poljoprivredi te doprinoseći efektu staklenika, što sve zajedno narušava kvalitetu života. [1]



Slika 1. Broj poginulih u cestovnom prometu u Europskoj uniji, izvor: [2]

U okviru društvenih vrijednosti, posjedovanje osobnog automobila i dalje se često smatra simbolom slobode u društvu. Automobil omogućava povećanu dostupnost, mobilnost te igra ključnu ulogu u odabiru željenih destinacija. Sa sve većim standardima života, raste i broj vozila, potaknut potrebom za putovanjem. Unatoč mnogim pozitivnim aspektima posjedovanja automobila, povećanje broja vozila dovodi do rasta zagušenosti u prometu, što negativno utječe na osjećaj slobode i sigurnosti. Ovi izazovi postavljaju pitanje održivosti i prilagodbe prometnog sustava kako bi se očuvala ravnoteža između mobilnosti i ograničenja koja proizlaze iz gužvi i smanjenja sigurnosti u prometu. Promicanje alternativnih oblika prijevoza i

razvoj održivih urbanističkih rješenja mogu doprinijeti smanjenju negativnih utjecaja automobila na društvo i okoliš.

2.2. Problemi gradskog prijevoza

Izazovi vezani uz gradski prijevoz obuhvaćaju širok spektar problema, a mogu se svrstati u tri ključne kategorije:

- 1) Zagušenost
- 2) mobilnost i
- 3) vanjski utjecaji. [3]

Svaka od ovih dimenzija ima svoj jedinstveni doprinos kompleksnosti urbanog prometnog sustava.

Zagušenost se pojavljuje kada kapacitet prometne infrastrukture postane nedostatan, dovodeći do sporog kretanja, gužvi i produženih vremena putovanja. Povećana potražnja za prijevozom, nedostatak kapaciteta cesta i prometnih čvorova te prekomjerna upotreba individualnih prijevoznih sredstava doprinose zagušenju. Mobilnost, s druge strane, odnosi se na sposobnost stanovnika da se slobodno kreću unutar grada, koristeći različite oblike prijevoza. Ograničena dostupnost i učinkovitost javnog prijevoza, neadekvatna infrastruktura za bicikliste i pješake te ovisnost o individualnim vozilima često ograničavaju mobilnost građana. Vanjski utjecaji obuhvaćaju čimbenike poput onečišćenja zraka, buke, sigurnosti u prometu i utjecaja na okoliš koji proizlaze iz urbanog prometnog sustava. Povećane razine emisija stakleničkih plinova, prometna buka, sigurnosni izazovi i negativni utjecaji na okoliš predstavljaju ozbiljne izazove za održivost i kvalitetu života u gradskim područjima.

Sredinom 19. stoljeća, potreba za automobilom kao prijevoznim sredstvom pojavila se uslijed širenja gradova daleko izvan njihovih prvotnih prirodnih granica. U to vrijeme, već razvijeni mehanizirani oblici prijevoza uglavnom su bili usmjereni na javnost. Pojava osobnih automobila

predstavljala je dopunu postojećem sustavu, prvenstveno dostupnom bogatijem dijelu stanovništva. [3]

S porastom broja automobila, gradovi su se suočili s povećanim gužvama na ulicama. Javni prijevoz, koji koristi iste ceste za prometovanje, počeo je gubiti na brzini i atraktivnosti. Ovaj razvoj stvorio je začarani krug koji je išao na štetu javnog prijevoza, jer se sve više ljudi okretalo korištenju osobnih vozila, a javni prijevoz postajao manje atraktivan. Pritom, javni prijevoz suočavao se s padom prihoda uslijed smanjene potražnje, što dalje rezultira smanjenjem učestalosti prijevoza. Rastuća popularnost osobnih automobila potiče raspršivanje ljudi i radnih mjesta, što je suprotno potrebama javnog prijevoza. Taj sukob između načina života i prometnog sustava predstavlja ključni izazov u urbanom planiranju i prometnoj politici. Brojne strategije usmjerene na smanjenje uporabe automobila, uključujući: naknade za korištenje cesta, ograničenje broja vozila i zabrane prema registarskim pločicama, destimulaciju putem cijene goriva, naplatu za zagušenje, ograničavanje vremena parkiranja te uspostavu zona smanjenih emisija ispušnih plinova. [3]

2.3. Pojam održivosti sustava

Pojava koncepta održivosti seže u 1980-e, kada je započeo svoju upotrebu u kontekstu dugoročnog očuvanja dobrobiti života na planeti Zemlji. Održivost, iz ljudske perspektive, odnosi se na potencijal dugoročnog održavanja prosperiteta, temeljenog na odgovornom iskorištavanju prirodnih resursa i ovisnog o ravnoteži s prirodnim svijetom. Koncept se primjenjuje na sve oblike života na Zemlji. Postoje mnogi znanstveni dokazi koji ukazuju na to da čovječanstvo trenutačnim načinom života nije održivo. Održivost sustava obično se promatra kroz tri stupa - ekonomiju, okoliš i društvo. Ti stupovi nisu međusobno isključivi, već se međusobno potiču i podržavaju. Održivost teži ostvarivanju bolje kvalitete života za sve životne oblike, kroz društveni napredak koji poštuje potrebe svih, učinkovitu zaštitu okoliša,

razumno korištenje prirodnih resursa i održavanje stabilne razine ekonomske održivosti i zapošljavanja. [3]

Kada je riječ o prometu, održivost se odnosi na razvoj koji omogućava visoku razinu mobilnosti građanima, uz minimalne negativne posljedice za buduće generacije. Cilj je prometnog sustava osigurati dostupnost i mobilnost uz korištenje obnovljivih izvora energije, istovremeno minimizirajući negativne aspekte, poput prometnih nesreća, zagušenja, emisija štetnih tvari i buke. Strategije održivog prijevoza obuhvaćaju sljedeće aspekte: unaprjeđenje prijevoznih sredstava, poboljšanje odvijanja prijevoza, upravljanje prijevoznim zahtjevima, uspostava integriranog transportnog sustava EU, učinkovita naplata, razvoj učinkovite infrastrukture itd. Demografske projekcije ukazuju na to da će više od 60% stanovništva do 2030. godine živjeti u gradovima. Trenutni modeli života u gradovima postaju neodrživi u mnogim aspektima. Prekomjerna uporaba vozila rezultira manjkom prostora, što ima višestruki utjecaj. Nedostatak prostora odražava se na javni prostor kroz potrebu za pješačkim i biciklističkim stazama, zelenim površinama, rekreacijskim prostorima te drugim sadržajima koji obogaćuju život u urbanim sredinama. Stupanj razvijenosti cestovnog prometa se prikazuje putem stupnja motorizacije. Stupanj motorizacije, izražen omjerom broja automobila po stanovniku u određenom području, kontinuirano raste. S povećanjem stupnja motorizacije, često dolazi do zagušenja cestovne mreže, posebice kada kapacitet prometnica ne može zadovoljiti potražnju sustava. [3]

Diljem svijeta poduzimaju se zajednički naponi kako bi se smanjio stupanj motorizacije na prihvatljive razine. Prema podacima Eurostata iz 2021. godine, stanovnici Zagreba pokazuju viši stupanj motorizacije u usporedbi s nekim europskim gradovima, ali zaostaju za drugim. Na 1000 stanovnika u Zagrebu dolazi 458 automobila, što znači da na dvoje stanovnika dolazi jedan automobil. U usporedbi s drugim gradovima, u Budimpešti je taj broj 412, u Berlinu 336, u Beču 375, a u Beogradu 378 automobila. Najviše automobila na 1000 stanovnika među europskim gradovima imaju Madrid (587), Bukurešt (628), Prag (745) i Atena (818). Šire područje Pariza, Ile-de-France, ima 430 automobila na 1000 stanovnika. [4]

Unutar Hrvatske, najveći stupanj motorizacije nije u Zagrebu, kako se često pretpostavlja, već na Jadranskoj obali. Na 1000 stanovnika u regiji Jadranska Hrvatska dolazi 504 automobila. Razlozi za to uključuju nedovoljno razvijen javni prijevoz, manju upotrebu bicikala i tradicionalno iznajmljivanje, što omogućuje mnogima na obali da popune svoje kućne budžete i lakše kupe automobil. [4]

3. Prometni sustav grada Zagreba

U kontekstu opisanih problema i izazova s urbanim prometom, kroz ovo poglavlje će se posebno istražiti stanje prometnog sustava, fokusirajući se na javni gradski prijevoz grada Zagreba. Kao glavni grad Republike Hrvatske, Zagreb je suočen s rastućim izazovima u vezi s rastom motorizacije, zagušenjem cestovne mreže te s potrebom poboljšanja održivosti i efikasnosti prijevoza. Zagušenje cesta, dugotrajna zadržavanja tijekom vršnih sati, financijski gubici i negativni utjecaji na okoliš postali su sveprisutni problemi koji utječu na svakodnevni život stanovnika grada Zagreba.

Hrvatska opsesija kupnjom automobila, prvenstveno zbog lošeg gradskog i prigradskog prijevoza, ostavlja građanima ograničene opcije, prisiljavajući ih da sami brinu o dolasku na posao ili odlasku u kupovinu. Prema objašnjenju profesora emeritusa Ivana Dadića s Fakulteta prometnih znanosti (2023.), *"Hrvatska je jako zapustila razvoj javnoga prijevoza i zato imamo previše automobila. Bez njih mnogi ljudi ne bi mogli funkcionirati, često iz prigradskog područja ne biste mogli doći na posao u grad."* Napominje kako Beč ima manji stupanj motorizacije od Zagreba jer, za razliku od glavnog grada Hrvatske, ima i znatno bolji javni gradski prijevoz koji uključuje i podzemnu željeznicu. [4]

Područje grada Zagreba središnja je točka svakodnevnih putovanja, što rezultira visokom frekvencijom prometa kroz grad. S obzirom na ovu činjenicu, postoji potreba za čestim lokalnim i gradsko-prigradskim prijevozom. Preopterećenost grada velikim brojem vozila stvara poteškoće u cestovnom prometu, potičući potrebu za preusmjeravanjem osobnih prijevoznih sredstava na javni gradski prijevoz. Cilj je stvoriti bolji protok prometa, smanjiti zastoje i olakšati prometne gužve. Stoga razvoj sustava javnog gradskog prijevoza postaje imperativ kako bi se osigurala učinkovita mobilnost i olakšao svakodnevni promet u gradu. Osnovnu uličnu prometnu mrežu grada karakterizira nedovoljna propusnost tijekom vršnih opterećenja, nedostatak mostova preko rijeke Save, nedovoljan broj deniveliranih (nisu u istoj razini) cestovno-željezničkih raskrižja te nedostatak uređenih i sigurnih

pješачko-biciklističkih prijelaza preko željezničke pruge. Nadalje, prisutan je nedostatak razvijene i razgranate biciklističke mreže te nedovoljan broj prometnih traka rezerviranih za javni prijevoz. Nepostojanje sustava automatskog upravljanja prometom dodatno otežava situaciju, kao i nemogućnost povećanja brzine kretanja vozila u sustavu javnog prijevoza putnika zbog prostornih ograničenja i nemogućnosti povećanja širine postojećih prometnica i križanja cesta s tramvajskom ili željezničkom mrežom u istoj razini.

Korištenje zagrebačke obilaznice od strane lokalnog i regionalnog prometa stvara konstantne zastoje koji dovode do problema prometne povezanosti na regionalnom i državnom nivou, posebice u slučaju tranzitnog prometa. Javni prijevoz podvrgnut je procesu kontinuirane modernizacije autobusnog i tramvajskog voznog parka, ali je stajališta premalo i nisu sva adekvatno opremljena. Također, tramvajska mreža nije dovoljno razvijena, a nedostaje propusnost prometnog toka tramvajskog prometa kroz središnji dio grada Zagreba. Nedostatak intermodalnih terminala i parkirališta pored željezničkih stanica i bitnih intermodalnih točaka dodatno otežava situaciju, dok postojeće prometno opterećenje na nekim tramvajskim linijama premašuje kapacitet tračničkih vozila. Integracija s javnim prijevozom u okolnim područjima, poput Zagrebačke i Krapinsko-zagorske županije, nedostaje, kao i usklađenost voznih redova i integracija u sustavu javnog prijevoza na području Grada Zagreba između željeznice, tramvaja i autobusa.

[5]

4. Sustav javnog prijevoza u gradu Zagrebu

U Zagrebu, javni gradski prijevoz obuhvaća gradsko-prigradsku željeznicu, TAXI službu te ZET (Zagrebački električni tramvaj) koji obuhvaća tramvajski i autobusni sustav, zajedno s gradskom uspinjačom. Grad Zagreb aktivno radi na razvoju sveobuhvatne strategije za unapređenje svog prometnog sustava s ciljem stvaranja održivog, efikasnog i inkluzivnog urbano-prometnog okruženja.

Međutim, implementacija poboljšanja u prometnom sustavu grada Zagreba suočava se s nizom izazova i nedostataka koji zahtijevaju hitne intervencije. Jedan od ključnih problema je nedostatak kapaciteta cestovne mreže, posebno u kontekstu tramvajskog prometa kroz grad. Ograničena propusnost prometnica, nedostatak kapaciteta na ulicama i raskrižjima dodatno otežavaju protok vozila. Zastarjelost infrastrukture željezničkih stajališta i kolodvora, kao i vozila u putničkom prijevozu, zahtijeva modernizaciju kako bi se osigurala sigurnost i efikasnost prijevoza. Također, nedostatak alternativnih goriva u prometnom sektoru doprinosi povećanju emisije ispušnih plinova, dok zastarjelost autobusnog kolodvora dodatno otežava pružanje kvalitetnih usluga. Prometna mreža grada je osnovno pogođena nedostatkom propusnosti tijekom vršnih opterećenja, a istovremeno, parkirališta zauzimaju prostor koji bi mogao biti iskorišten za pješake i bicikliste. Na željezničkim prugama nedostaju uređeni pješačko-biciklistički prijelazi, dok je biciklistička infrastruktura nedovoljno razvijena. Problemi javnog prijevoza uključuju potrebu za modernizacijom, nisku brzinu prijevoza te zastarjeli vozni park. Integracija različitih oblika prijevoza je nedovoljna, a lokalni promet koji koristi zagrebačku obilaznicu uzrokuje zastoje na regionalnoj i državnoj razini. Nedostatak stajališta i nedovoljna propusnost tramvajskog prometa kroz središnji Zagreb također stvaraju probleme. Intermodalni terminali i parkirališta uz željezničke stanice nedostaju, dok su tarifni sustavi prijevoznika nedovoljno integrirani. Prostorno okruženje grada nije dovoljno povezano s javnim prijevozom, što

dodatno otežava situaciju. Gradska i prigradska željeznička mreža je nedovoljno razvijena, što sprječava učinkovit javni prijevoz putnika. Također, teretni promet željeznicom prolazi kroz centar grada, stvarajući prekomjernu buku i vibracije te ograničavajući mogućnosti za putnički prijevoz. Problemi predstavljaju i sigurnost na željezničko-cestovnim prijelazima te prometni tokovi na određenim područjima. Javni prijevoz putnika željeznicom nije dostupan u južnom dijelu Zagreba, iako postoji željeznička infrastruktura.

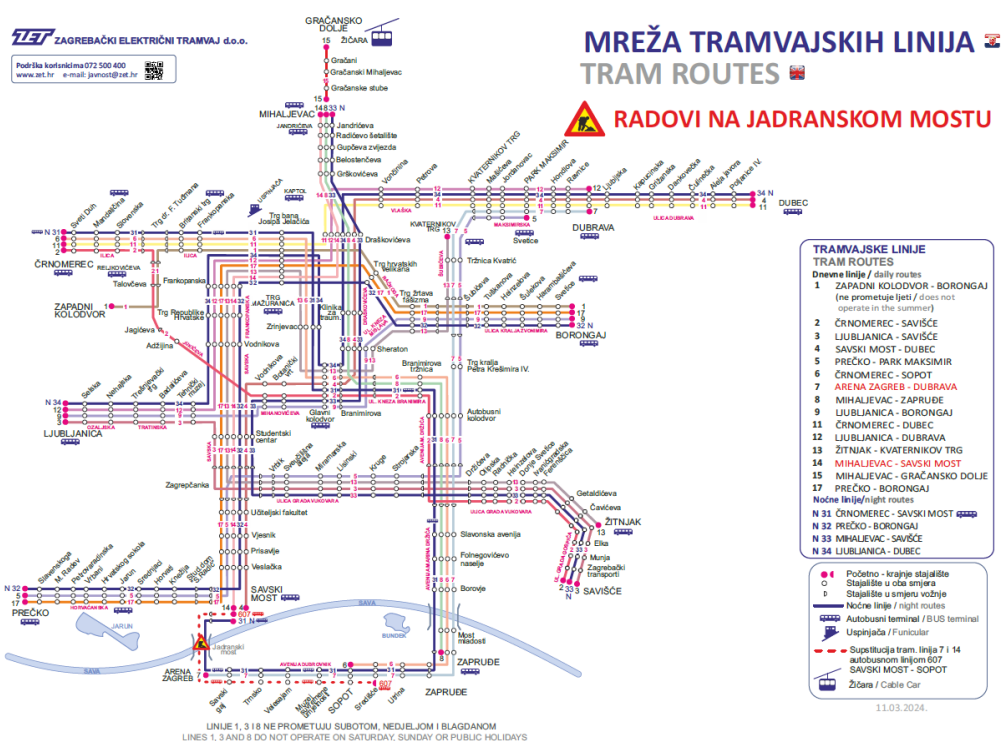
S druge strane, iako se grad suočava sa izazovima u pogledu negativnih aspekata javnog prijevoza u gradu, važno je istaknuti i pozitivne napore u procesu prilagodbe prometnog sustava osobama s teškoćama u kretanju. Novouređena stajališta integriraju pristupačne elemente kao što su trake vođenja, taktilna polja upozorenja i crte vođenja za slijepi i slabovidne osobe. Nadalje, poboljšanja u opremljenosti autobusa i tramvaja audio-vizualnim sustavima najave stajališta, te prisutnost rampi za ulazak i izlazak osoba s invaliditetom u niskopodnim tramvajskim vozilima, predstavljaju korake prema stvaranju inkluzivnijeg i pristupačnijeg javnog prijevoza u gradu. [6]

4.1. Tramvajski sustav grada Zagreba

Zagrebački električni tramvaj (ZET) ima ključnu ulogu u javnom prijevozu u Zagrebu. Kao trgovačko društvo u vlasništvu Grada Zagreba i podružnica Zagrebačkog Holdinga, ZET je temeljni stup gradskog prijevoznog sustava. Grad Zagreb značajno financira ZET, pokrivajući čak 70% njegovih financijskih prihoda. To pokazuje duboku povezanost između grada i njegovog javnog prijevoza. ZET ne samo da pokriva područje Grada Zagreba, već pruža usluge i na dijelu Zagrebačke županije. Svake godine, više od 200 milijuna putnika koristi ZET-ovu mrežu tramvajskih linija, što ga čini vitalnim dijelom svakodnevnog života u regiji. Tramvaji su ne samo praktičan način prijevoza već su i dio kulturnog identiteta grada Zagreba. [7]

Zagrebačka tramvajska mreža (Slika 2.) sastoji se od 15 dnevnih i 4 noćne linije. Ukupna duljina tramvajske mreže iznosi 116 kilometara, što ju čini važnim dijelom gradskog prijevoznog sustava.

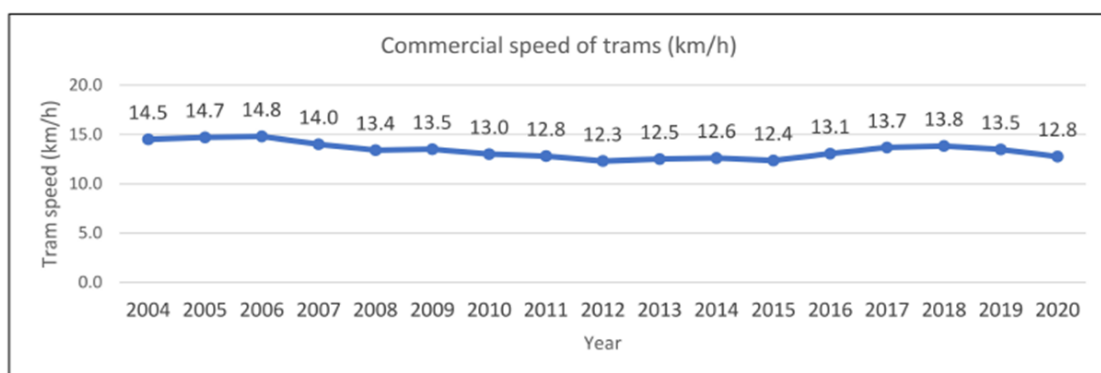
Posljednje proširenje tramvajske mreže u Zagrebu dogodilo se 2000. godine, kada su otvorene nove linije koje povezuju Dubravu i Dubec te Jarun i Prečko. [8] Ova proširenja omogućila su bolju povezanost istočnih i zapadnih dijelova grada, poboljšavajući dostupnost tramvajskog prijevoza za stanovnike tih područja i smanjujući prometne zagušenosti na glavnim prometnicama. Otvorenje ovih linija označilo je značajan razvoj u prometnoj infrastrukturi grada. Linija Dubrava - Dubec proširila je dostupnost tramvajskog prijevoza u istočnom dijelu grada, dok je linija Jarun - Prečko omogućila bolju povezanost zapadnog dijela grada, čime su stanovnici tih područja dobili efikasniju i bržu vezu s ostatkom Zagreba.



Slika 2. Zagrebačka mreža tramvajskih linija, izvor: [8]

4.1.1. Izazovi i ograničenja tramvajskog sustava u gradu

Tramvajska mreža u Zagrebu ima svoje nedostatke, uključujući nedovoljno razvijene pravce od sjevera prema jugu. Također, nedostaje tramvajska pruga na većem dijelu područja sjeverno od Horvaćanske ceste, zapadno od Savske ceste, južno od Avenije Dubrovnik i na dijelu istočnog dijela grada. Istraživanja su pokazala da je operativna brzina tramvaja u jutarnjem vršnom periodu, na dijelu mreže gdje dijele promet s ostalim vozilima, iznosila 12-13 km/h. Na nekim dionicama, poput Savske ceste, brzina tramvaja bila je manja od 10 km/h, a primijećen je trend opadanja prosječne brzine tramvaja tijekom godina. (Slika 3.) Niska brzina tramvaja rezultat je raznih faktora kao što su radovi na cestama, povećan broj privatnih vozila na prometnicama, zagušenost prometne mreže, ignoriranje žutih traka te otežano davanje prednosti vozilima javnog prijevoza na semaforima.

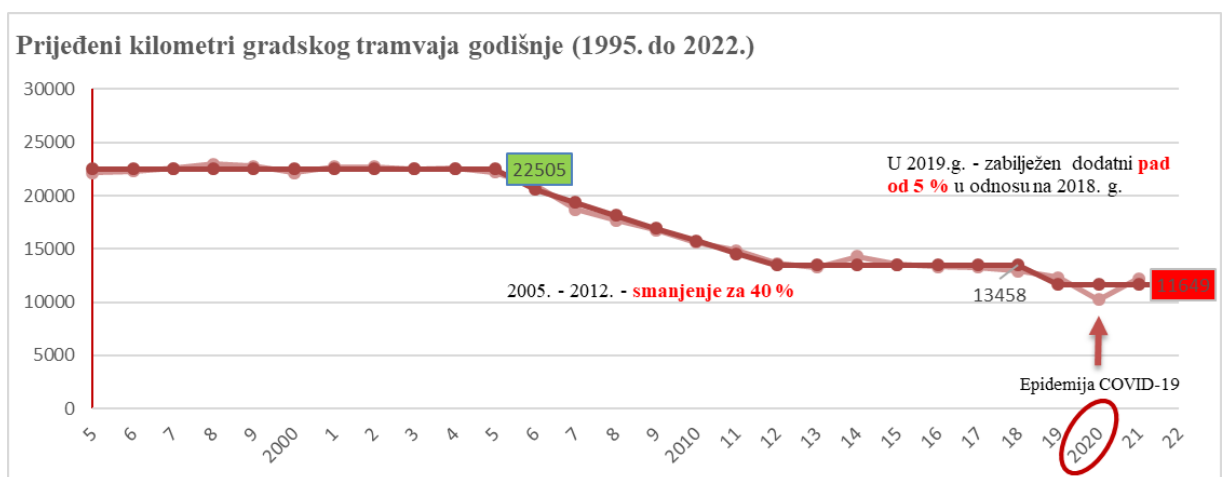


Slika 3. Brzina tramvaja u razdoblju 2004.-2020., izvor: [9]

Tramvajska mreža u pogledu prioriteta tramvajskih vozila podijeljena je na tri glavna dijela: bijele trake, žute trake i zelene trake. Bijele trake predstavljaju prometne trake koje tramvaji dijele s ostalim vozilima, čineći 26% ukupne mreže. Žute trake su rezervirane za vozila javnog prijevoza, poput tramvaja, koje konvencionalna vozila ne smiju koristiti, a čine 21% mreže. Zelene trake su potpuno odvojene od ostalog prometa i čine 53% ukupne mreže. [10]

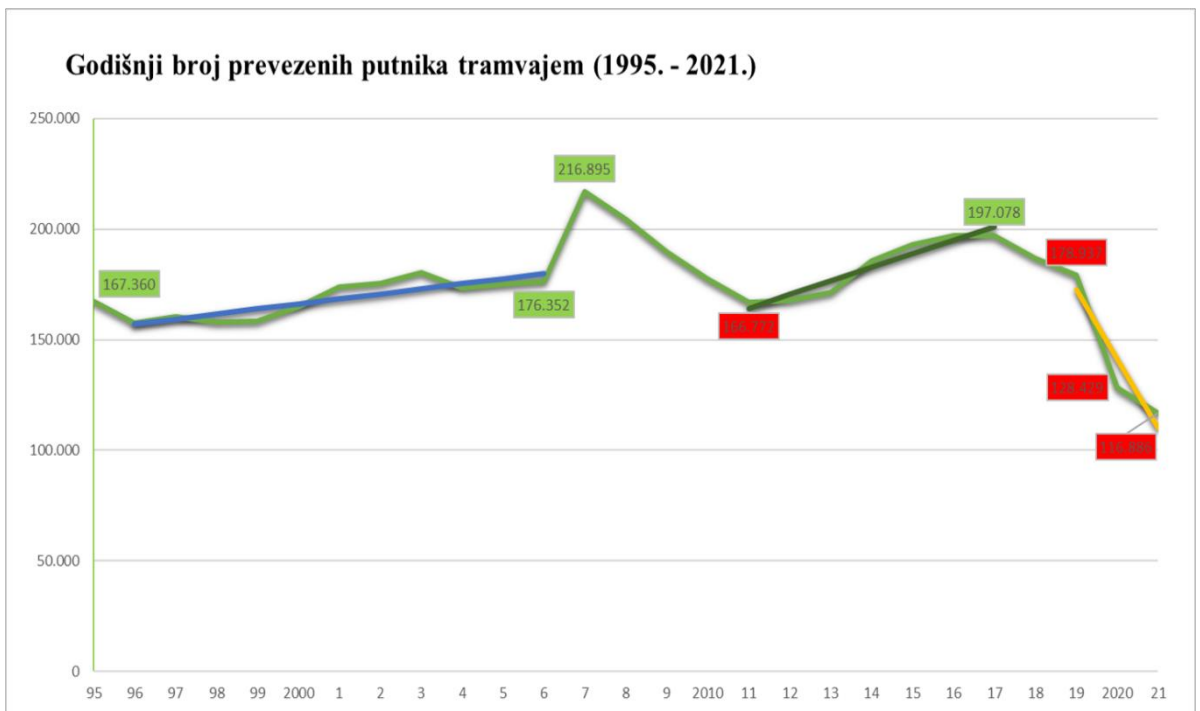
Nepoštivanje žutih traka od strane vozača osobnih vozila predstavlja veliki problem, posebno tijekom vršnih perioda. Čekanja na semaforiziranim raskrižjima i stajalištima dodatno utječu na usporavanje tramvajskog sustava. Nedostatak sustava koji bi dao prednost vozilima javnog gradskog prijevoza na raskrižjima u Zagrebu rezultira nepotrebnim gubicima vremena i smanjenjem prosječne brzine tramvaja. Osim toga, prisutnost zastarjelog voznog parka, kao što su vozila s povišenim podom, dodatno produljuje vrijeme potrebno za iskrcaj i ukrcaj putnika na stajalištima. Nedostatak integriranog sustava prijevoza putnika također smanjuje korištenje tramvaja, prisiljavajući putnike da kupuju pojedinačne karte za svaki prijevozni oblik te često čekaju neusklađene vozne redove. Sve to rezultira povećanjem upotrebe osobnih automobila i gužvi na prometnicama, što dalje dovodi do smanjenja broja korisnika tramvaja i komercijalne brzine tramvajskih vozila.

Analizom tramvajskog prometa u Zagrebu (*Grafikon 1.*) vidljiv je značajan pad prijeđenih kilometara gradskog tramvaja tijekom razdoblja od 1995. do 2022. godine, što ukazuje na kontinuirani trend smanjenja. Smanjenje je posebno izraženo od 2005. do 2012. godine, čak za 40%, što predstavlja zabrinjavajući pokazatelj. Dodatno, za godinu 2019. primjećuje se još jedan pad od 5% u odnosu na prethodnu godinu. [11]



Grafikon 1. Prikaz prijeđenih kilometara gradskog tramvaja, izvor: [11], obrada autora

Uz smanjenje prijeđenih kilometara gradskog tramvaja, također se primjećuje sličan trend u analizi broja prevezenih putnika tijekom istog razdoblja. (*Grafikon 2.*) Od 1995. do 2007. godine tramvaj je bio preferirani oblik prijevoza za mnoge, što se odrazilo u većem broju prevezenih putnika i prijeđenih kilometara svake godine. Međutim, od 2007. godine primjećuje se postepeni pad, koji je kulminirao 2020. godine, kada je zabilježen velik pad zbog epidemije Covida-19. Iako je smanjenje korištenja javnog prijevoza u tom razdoblju donekle očekivano, nastavak trenda pada i nakon toga sugerira dublje probleme u sustavu javnog prijevoza. [11]



Grafikon 2. Godišnji prikaz broja prevezenih putnika tramvajem, izvor: [11], obrada autora

4.2. Autobusni sustav

Autobusni promet u Zagrebu dijeli mrežu s osobnim i drugim motornim vozilima, što čini ovaj oblik prijevoza podložnim zagušenjima i kašnjenjima. Iako autobusi ne razvijaju visoke brzine, oni su ključni za prijevoz na kraćim relacijama unutar grada. Autobusni prijevoz podružnice ZET obuhvaća područje Grada Zagreba, gradove Velika Gorica i Zaprešić, te općine Bistra, Luka, Stupnik, Klinča Sela i Jakovlje. Mreža autobusnih linija broji 133 dnevne i četiri noćne linije. Na mreži ZET-a nalazi se ukupno 2103 autobusna stajališta, od čega 1614 u Gradu Zagrebu. Tijekom radnih dana, u vremenu vršnih opterećenja, u prometu je 303 autobusa, subotom 185, dok nedjeljom i blagdanima prometuje 123 autobusa. Većina autobusnih linija je integrirana u uličnu mrežu, pri čemu je udio žutih trakova za prioritet autobusa manji od 1%. Žuti trakovi su uglavnom uvjetovani infrastrukturom, a ne potrebama protoka autobusa na tim koridorima. [10]

U promatranju podataka prometnih pokazatelja autobusnog sustava o prevezenim putnicima od 2004. do 2013. godine (*Slika 4.*) primjećuje se značajan porast tijekom 2007. i 2008. To je vrijeme kada su cijene bile prihvatljive, a ZET-ov sustav je prošao kroz modernizaciju, što je rezultiralo rastom broja putnika. Međutim, unatoč nekim poboljšanjima u kvaliteti usluge, kao što su informacije o dolascima na stanicama i automatska naplata, porast cijena karata u kombinaciji s većom atraktivnošću osobnih automobila dovelo je do smanjenja broja putnika u 2009. godini, suprotno globalnim trendovima. To je označilo početak "negativnog razdoblja" za javni gradski prijevoz. Povećanje broja automobila uslijed preusmjeravanja putnika iz javnog prijevoza rezultiralo je većim prometnim gužvama, usporavajući tako javni prijevoz i dalje odvrćući potencijalne korisnike. [12]

Godina	Dužina linija [km]	Broj autobusa	Broj mjesta	Prijedeni kilometri [tisuće]	Prevezeni putnici [tisuće]
2004.	1 378	336	38 627	26 058	79 704
2005.	1 412	314	35 250	25 975	80 421
2006.	1 352	301	30 510	25 563	81 857
2007.	1 389	308	33 170	26 348	99 739
2008.	1 353	323	33 808	27 077	94 060
2009.	1 383	466	48 701	28 689	87 155
2010.	1 379	457	47 720	29 540	81 688
2011.	1 350	429	44 541	28 473	76 713
2012.	1 351	430	44 604	27 676	77 077
2013.	1 366	426	44 149	27 499	78 848

Slika 4. Pokazatelji autobusnog sustava u razdoblju 2004.-2013., izvor: [12]

Kada gledamo razdoblje od 2018. do 2022. godine (Slika 5.) promatramo promjene koje su dijelom rezultat vanjskih faktora poput pandemije COVID-19, ali i kontinuiranih napora za modernizacijom i povećanjem kapaciteta autobusnog sustava.

	Broj linija				Duljina linija, km	Broj putnih mjesta u autobusu	Prijedeni km, tis.	Prevezeni putnici, tis.
	ukupno	dnevne	noćne	posebne				
2018.	153	146	4	3	1 562	42 540	29 280	85 849
2019.	153	146	4	3	1 487	42 675	29 768	82 285
2020.	153	145	4	4	1 424	43 298	25 953	59 061
2021.	155	147	4	4	1 435	44 929	27 244	53 627
2022.	155	147	4	4	1 538	45 459	26 818	53 484

Slika 5. Prijevoz gradskim autobusom u razdoblju 2018.-2022., izvor: [22]

Promatrano razdoblje od 2018. do 2022. godine pokazuje promjene koje su dijelom rezultat vanjskih faktora poput pandemije COVID-19, ali i kontinuiranih napora za modernizacijom i povećanjem kapaciteta autobusnog sustava. Nagli pad broja prevezenih putnika u 2020. godini može se izravno povezati s pandemijom i mjerama ograničenja kretanja. Unatoč izazovima, vidljiv je trend povećanja broja mjesta u autobusima, što ukazuje na nastojanja za poboljšanjem kvalitete usluge. Međutim, pad broja prevezenih

putnika čak i nakon smanjenja restrikcija ukazuje na potrebu za dodatnim prilagodbama i mjerama kako bi se obnovilo povjerenje putnika i povećala atraktivnost javnog prijevoza. Stoga bi daljnja ulaganja u infrastrukturu, poboljšanje usluga i promicanje javnog prijevoza kao održive opcije trebali biti prioriteta za budućnost.

4.3. Gradsko prigradska željeznica

Gradsko-prigradska željeznica predstavlja ključnu kariku u modernizaciji i unapređenju sustava prijevoza putnika u Republici Hrvatskoj. Ovo prijevozno sredstvo trebalo bi biti primarni izbor za putnike iz više razloga.

Jedna od glavnih prednosti gradsko-prigradske željeznice je brzina putovanja. S komercijalnom brzinom od 45 km/h, željeznički prijevoz često nudi najbržu moguću opciju za prijevoz putnika na određenim rutama. To je osobito važno u gusto naseljenim urbanim područjima gdje su gužve na cestama česte i gdje vrijeme putovanja može biti ključni faktor. Osim brzine, željeznički prijevoz ima i značajno manji ekološki otisak u usporedbi s cestovnim prometom. Emitira 30 puta manje štetnih plinova, što značajno doprinosi smanjenju onečišćenja zraka i poboljšanju kvalitete životne sredine u urbanim područjima. S obzirom na sve veću svijest o klimatskim promjenama i potrebu za održivim načinom putovanja, željeznički prijevoz postaje sve privlačnija opcija. Jedan od ključnih aspekata koji čini gradsko-prigradsku željeznicu poželjnom je i povećana sigurnost u prometu. Za razliku od cestovnog prometa koji može biti podložan nesrećama, željeznički prijevoz često ima manji postotak nesreće i ozljeda. To pridonosi osjećaju sigurnosti među putnicima i čini željeznički prijevoz preferiranim izborom za mnoge. Redoviti raspored vožnje i pristupačne cijene karata također su ključni faktori koji gradsko-prigradsku željeznicu čine atraktivnom opcijom za putovanje. Ključno je istaknuti da gradsko-prigradska željeznica nije samo praktičan način prijevoza, već i ključni element u smanjenju prometne gužve i poboljšanju kvalitete života u urbanim područjima. S obzirom na sve veće

izazove povezane s prometom urbanizacijom, ulaganje u razvoj i poboljšanje željezničke infrastrukture postaje ne samo nužnost, već i strateški prioritet za gradove diljem svijeta. [13]

Gradsko-prigradska željeznica također predstavlja ključni element javnog prijevoza kako u Gradu Zagrebu tako i u širem području Zagrebačke županije. Njezino uvođenje 1992. godine, posebno linija Savski Marof – Zagreb (Glavni željeznički kolodvor) – Dugo Selo, označilo je važan korak u unapređenju mobilnosti građana. Ova ruta postala je glavna i najfrekventnija, povezujući vitalna prigradska područja poput Velike Gorice i Jastrebarskog. Svakodnevno se ovom linijom koristi oko 70.000 putnika, što svjedoči o njezinoj važnosti i potražnji. U samom gradu Zagrebu, željeznički prijevoz s ulogom lokalnog javnog prijevoza, pruža važnu povezanost između istočnih i zapadnih dijelova grada. No, nažalost, u južnom dijelu grada postojeća željeznička mreža se ne koristi za prijevoz putnika, iako je prisutna, već se isključivo koristi za teretni promet. [14]

Dakle, javni prijevoz željeznicom u Zagrebu, iako važan element mobilnosti, suočava se s nizom izazova koji ograničavaju njegovu učinkovitost i dostupnost unutar grada. Iako je željeznički prijevoz ključan za povezivanje unutar Zagreba, nedostatak integracije i nedovoljna iskorištenost željezničke mreže u južnom dijelu grada predstavljaju ozbiljne nedostatke u sustavu javnog prijevoza. Nedostatak integracije između različitih oblika javnog prijevoza, poput željeznice, autobusa i tramvaja, rezultira neugodnostima za putnike koji se suočavaju s dugim čekanjem i gubicima vremena prilikom prijelaza s jednog prijevoznog sredstva na drugo. Ovaj nedostatak javnog prijevoza čini putovanje unutar grada manje učinkovitim i privlačnim za stanovnike. Posebno zabrinjavajuće je nedostatak željezničke povezanosti u južnom dijelu Zagreba. Takva nerazvijenost ograničava pristup javnom prijevozu za stanovnike južnih područja, što rezultira većim opterećenjem cestovne mreže, povećanjem prometnih gužvi i lošijom kvalitetom života za građane. Stoga je nužno ulagati u integraciju i proširenje željezničke mreže na južnom dijelu grada kako bi se poboljšala povezanost unutar grada i optimizirao javni prijevoz. Ovo bi omogućilo lakši pristup željezničkom prijevozu za stanovnike južnih

područja, smanjilo ovisnost o osobnim automobilima te doprinijelo smanjenju prometnih gužvi i poboljšanju kvalitete života u cijelom gradu. Integracija različitih oblika javnog prijevoza i proširenje željezničke mreže ključni su elementi za stvaranje učinkovitijeg i održivijeg sustava javnog prijevoza u Zagrebu.

5. Identificirani problemi i potencijalno rješenje

Javni prijevoz u Zagrebu predstavlja vitalni, ali nedovoljno efikasan sustav koji se suočava s brojnim izazovima. Dugi vremenski intervali putovanja, nedostatna pokrivenost gradskih četvrti javnim prijevozom te gužve uzrokovane velikim brojem automobila na cestama, sve su to faktori koji doprinose nezadovoljstvu korisnika javnog prijevoza u gradu Zagrebu. Nedostatak integracije između tramvaja, autobusa i željeznice otežava prijelaz putnika između različitih prijevoznih sredstava, što dodatno komplicira putovanje i produžuje vrijeme putovanja. Dodatni problemi uključuju nedovoljnu frekvenciju vožnje, stara vozila koja često kasne i nedostatak modernizacije infrastrukture. Mnogi dijelovi grada ostaju nepristupačni ili slabo povezani javnim prijevozom, čime se otežava svakodnevno putovanje za stanovnike tih područja. Također, velik broj vozila koja dolaze iz okolnih gradova i naselja pridonosi prometnim zagušenjima u središte grada, čineći putovanje javnim prijevozom još manje atraktivnim izborom. Stoga je nužno ulagati u razvoj novih tehnologija i infrastrukture kako bi se stvorio održiviji i učinkovitiji sustav javnog prijevoza koji će zadovoljiti potrebe svih građana Zagreba.

S obzirom na navedene nedostatke, postaje jasno da su potrebne značajne promjene kako bi se unaprijedio javni prijevoz u Zagrebu. Uvođenje metro sustava moglo bi pružiti trajno rješenje ovih problema. Takvi moderni sustavi javnog prijevoza omogućili bi brže, pouzdanije i ugodnije putovanje, smanjujući prometne gužve na površini i pružajući bolju povezanost između različitih dijelova grada. Iako nije potpuno sigurno da će ovi sustavi biti konačno rješenje svih problema, njihovo razmatranje i potencijalna implementacija mogu imati značajan utjecaj na poboljšanje mobilnosti građana i urbanog razvoja grada Zagreba.

6. Podzemne željeznice u oblikovanju urbanih sredina

U dinamičnom okruženju suvremenih europskih gradova, napredak tehnologije i ubrzani ritam života utječu na način na koji se gradovi razvijaju i prilagođavaju. Uz stalni porast broja stanovnika i potrebu za učinkovitim prijevozom, podzemne željeznice postaju neizostavna karika u urbanoj infrastrukturi. Pri gradnji ili proširenju podzemnih željeznica u europskim gradovima, naglasak se stavlja na faktore poput energetske učinkovitosti i ekološke održivosti.

Gradovi sve više teže prema ciljevima smanjenja emisije stakleničkih plinova i poboljšanja kvalitete zraka, a podzemne željeznice pružaju mogućnost za ostvarenje takvih ciljeva. Osim što pružaju učinkovit i brz način prijevoza, podzemne željeznice imaju potencijal transformirati i oblikovati urbane prostore. Stvarajući nove prometne čvorove i povezujući različite dijelove grada, podzemne željeznice potiču ekonomski razvoj i jačaju socijalnu povezanost. Sve veća potražnja za prijevozom podzemnim željeznicama dovodi do razvoja inovativnih pristupa cjenovnoj politici i uslugama prilagođenim potrebama korisnika. Različite tarifne opcije, popusti za određene skupine korisnika, kao i promocije i akcije potiču širu uporabu ovog oblika javnog prijevoza. To omogućuje pristup mobilnosti ljudi svih dobnih skupina i socioekonomskih statusa, pridonoseći tako inkluzivnost i dostupnost prijevoza u urbanim sredinama.

U konačnici, podzemne željeznice ne samo da olakšavaju svakodnevni život građanima europskih gradova, već pružaju temelj za održiv i prosperitetan urbani razvoj. Kroz kontinuirano ulaganje u tehnološke inovacije, očuvanje okoliša i pogodnosti korisnika, podzemne željeznice postaju ključni pokretač urbanog napretka i kvalitetnog života u gradovima budućnosti. [15]

6.1. Podzemno željeznički sustav u svijetu

Metro je ključna komponenta urbanih prijevoznih sustava diljem svijeta. Kao podzemni željeznički sustav, metro je namijenjen prijevozu velikog broja putnika unutar gradskih i prigradskih područja. Tipično se gradi ispod gradskih ulica radi praktičnosti i lakše integracije s postojećom infrastrukturom, ali ponekad zahtijeva i složenije rute, uključujući i prolazak ispod rijeke. Nazivi za metro variraju ovisno o regiji i kulturi. Tako se u nekim dijelovima svijeta naziva "podzemna željeznica", u drugim "U-Bahn", dok se u Londonu, primjerice, naziva "underground". Bez obzira na naziv, svi ti sustavi služe istoj vrsti - omogućuju brz, učinkovit i pouzdan prijevoz putnika unutar urbanog područja. Metro je često ključna komponenta urbanog života, pružajući povezanost između različitih dijelova grada te olakšava svakodnevne aktivnosti stanovnicima kao što su putovanja na posao, školu ili slobodno vrijeme. Njegova uloga u smanjenju prometnih gužvi, smanjenju emisije vozila i poticanju održive urbane mobilnosti čini ga nezaobilaznim elementom suvremenog gradskog planiranja i razvoja.

Danas, 194 grada u 61 zemlji širom svijeta ima svoj metro sustav. Londonski metro prvi put je otvorio svoja vrata kao podzemni prijevoz 1863. godine, postavljajući temelje za razvoj modernog urbano-metro sustava. Povijesni trenutak elektrifikacije dogodio se 1890. godine, kada je pokrenuta prva elektrificirana linija. Zahvaljujući ovim inovacijama, londonski metro i danas ostaje jedan od najstarijih i najznačajnijih metro sustava u svijetu.

Šangajski metro, s impresivnih 803 kilometra (ili 499 milja) mreže, drži titulu najveće mreže podzemnih željeznica na svijetu. Ovaj sustav ne samo da je izuzetno opsežan, već i iznimno frekventan, s godišnjim prometom od čak 2,83 milijarde putovanja. To jasno pokazuje ključnu ulogu koju metro igra u povezivanju ljudi i olakšavanju njihovih svakodnevnih aktivnosti.

Njujorški metro, sa 472 stanice, predstavlja jedan od najvećih sustava u svijetu po broju postaja. Ova impresivna mreža pokriva dijelove velikog grada i omogućuje povezivanje različitih dijelova New Yorka.

Kina zauzima vodeću poziciju u svjetskim metro sustavima s čak 47 aktivnih mreža, što jasno pokazuje njezinu predanost modernizaciji i razvoju urbanih područja. [16]

6.2. Europski gradovi s podzemnom željeznicom

Europski gradovi s razvijenim sustavima podzemne željeznice često se ističu kao primjeri dobrog upravljanja javnim prijevozom i održive urbane mobilnosti. Investicije u moderne infrastrukture, sigurnosne sustave, pristupačnost osobama s invaliditetom i integraciju s drugim oblicima javnog prijevoza osiguravaju ugodno iskustvo putovanja za sve korisnike. Kroz kontinuirano unaprjeđenje i prilagodbu, europski gradovi nastoje postati sve inkluzivniji i održiviji, gradeći gradove budućnosti u kojima je javni prijevoz ključna karika u ostvarivanju urbane mobilnosti i kvalitete života.

6.2.1. Londonski metro

London Underground, poznat i kao Tube, kao jedan od najstarijih i najvećih sustava podzemne željeznice na svijetu, igra ključnu ulogu u urbanoj infrastrukturi Londona. Ova podzemna mreža, otvorena 1863. godine, pokriva velik dio grada i susjednih okruga, pružajući temeljnu vezu za milijune putnika svakodnevno. Sastoji se od 11 linija, svaka označena specifičnom bojom kako bi olakšala navigaciju putnicima. Linije poput Bakerloo, Central, Circle, District, Hammersmith & City, Jubilee, Metropolitan, Northern, Piccadilly, Victoria i Waterloo & City, obuhvaćaju široki spektar područja grada i omogućuju lako kretanje između njih. (*Slika 6.*)

kroz koje prolazite. Bečki U-Bahn dizajniran je s naglaskom na pristupačnost, s mnogim postajama opremljenim dizalima, pokretnim stepenicama i sustavima taktalnog navođenja za putnike oštećena vida. Integracija U-Bahna s drugim sredstvima javnog prijevoza u Beču, poput tramvaja i autobusa, olakšava presjedanje između različitih linija unutar određenog vremenskog ograničenja. Sigurnost u bečkom U-Bahnu visoka je, s prisutnim sigurnosnim osobljem na glavnim postajama. Općenito, bečki U-Bahn pruža praktičan i učinkovit način kretanja gradom, olakšavajući putovanje do raznih atrakcija i odredišta u Beču.

Sustav se neprestano razvija kako bi zadovoljio potrebe rastućeg broja putnika i prilagodio se promjenama u gradskom okruženju. [17]

6.2.3. Berlinski U-bahn

Berlinska podzemna željeznica počela je s radom 1902. godine, stvarajući temelje za jedan od najstarijih metro sustava na svijetu. Kroz godine, kontinuirano je širila svoju mrežu, danas se sastoji od deset linija koje povezuju različite dijelove grada.

Mreža U-Bahna obuhvaća Berlin i njegova okolna područja, omogućujući vitalne veze unutar grada. Linije su jasno označene slovima (U1 do U9) i pružaju usluge u istočnom i zapadnom dijelu Berlina. (*Slika 8.*)



Slika 8. Karta berlinskog metroa, izvor: [20]

Karakteristični žuti vlakovi U-Bahna pokreću se električnom energijom i voze na standardnim tračnicama. Iako većinu vlakova upravljaju strojovođe, noviji modeli imaju i automatske sustave upravljanja. U-Bahn radi od ranih jutarnjih sati do kasnih noćnih sati, pružajući redovite usluge tijekom cijelog dana. Tijekom radnih dana, vlakovi često voze u kratkim intervalima, dok se frekvencija može prilagoditi tijekom večeri, vikenda i praznika. Berlinska podzemna željeznica ne samo da pruža praktičan način putovanja unutar grada, već i služi kao simbol njegove urbanosti i tehnološkog napretka. [17]

6.3. Značajke metro sustava

Metro sustavi su temeljni stup urbanog prijevoza u gradovima, pružajući ne samo brz i učinkovit prijevoz već i značajne socio-ekonomske i ekološke koristi. Kroz svoje različite značajke i karakteristike, metro sustavi

postaju važni elementi gradskih infrastrukturnih mreža, oblikujući način života i promovirajući održivi razvoj.

Brzina i učinkovitost metro sustava ključni su za njihovu ulogu u rješavanju problema mobilnosti u velikim gradovima. Visoka frekvencija vlakova i minimalno vrijeme čekanja omogućuju putnicima brzo kretanje između različitih dijelova grada, što pridonosi povećanju produktivnosti i kvalitete života stanovnika. Brzi i pouzdani metro sustavi također potiču ekonomski razvoj, olakšavajući pristup radnim mjestima, poslovnim zonama, trgovinama i kulturnim institucijama.

Povezanost je još jedna ključna značajka metro sustava. Metro linije obično pokrivaju široko područje grada, povezujući stambene, poslovne, trgovačke i rekreativne zone. Ovo olakšava svakodnevna putovanja stanovnika, smanjujući potrebu za korištenjem osobnih vozila i doprinoseći smanjenju prometnih gužvi i emisija štetnih plinova. Povezanost metro sustava također potiče integraciju različitih dijelova grada, promičući socijalnu koheziju i raznolikost.

Efikasnost metro sustava također se ogleda u njegovoj sposobnosti smanjenja prometnih gužvi i zagađenja zraka. Korištenje metroa umjesto osobnih vozila smanjuje broj automobila na cestama, što doprinosi smanjenju gužvi i emisija stakleničkih plinova. Ovo ima pozitivan učinak na kvalitetu zraka i zdravlje stanovnika, posebno u gradovima s visokim stupnjem onečišćenja zraka.

Sigurnost i pristupačnost također su ključne značajke metro sustava. Metro stanice i vlakovi obično su opremljeni sigurnosnim sustavima poput nadzornih kamera i osoblja za sigurnost putnika. Također se vodi računa o pristupačnosti za osobe s invaliditetom i smanjenom pokretljivošću, s rampama, liftovima i drugim uređajima na stanicama i vlakovima. U konačnici, metro sustavi su ključni dio urbanih sustava, pružajući brz, učinkovit, siguran i pristupačan način prijevoza za milijune ljudi diljem svijeta.

Njihova implementacija i razvoj igraju ključnu ulogu u oblikovanju urbanih sredina budućnosti, promičući održivi razvoj i poboljšavajući kvalitetu života stanovnika gradova. Kroz inovativne pristupe, tehnološke napretke i suradnju sa svim dionicima, metro sustavi mogu nastaviti biti ključni pokretači održivog urbanog razvoja u 21. stoljeću. [17]

7. Uloga podzemne željeznice sličnih europskih gradova poput Zagreba

Gradovi poput Budimpešte, Praga i Beča suočavaju se s sličnim izazovima kao i Zagreb u pogledu prometnih gužvi i potrebe za učinkovitim prijevozom stanovnika. U Budimpešti, podzemna željeznica pruža brz, pouzdan i učinkovit način prijevoza za milijune stanovnika i posjetitelja grada. Sustav metroa omogućuje povezivanje različitih dijelova grada, što rezultira smanjenjem opterećenja na površinskim cestama i olakšavanjem svakodnevnih putovanja. Slično tome, Prag se suočava s izazovom prometnih gužvi i potrebom za učinkovitim prijevozom. Podzemna željeznica u Pragu pruža brze i česte usluge koje povezuju različite dijelove grada, čime se olakšava kretanje stanovnika i turista. Beč, kao i Zagreb, ima potrebu za učinkovitim javnim prijevozom koji može zadovoljiti potrebe velikog broja stanovnika. U svim ovim gradovima, podzemna željeznica nije samo sredstvo prijevoza, već i ključni faktor u poboljšanju kvalitete života stanovnika. Brze, pouzdane i učinkovite usluge podzemne željeznice pridonose smanjenju prometnih gužvi, poboljšanju okoliša i olakšavanju pristupa različitim dijelovima grada.

Podaci pokazuju raznolikost europskih gradova i razlike u njihovim urbanističkim rješenjima. Dok su neki gradovi poput Londona i Pariza veoma gusto naseljeni s izuzetno dugim podzemnim mrežama, drugi poput Rima i Beča imaju manje površine i manje razvijene podzemne sustave. (*Slika 9.*)

GRAD	POVRŠINA GRADA	BROJ STANOVNIKA	LINJE PODZEMNE ŽELJEZNICE (KM)
London	1,572 km ²	8,98 milijuna	402 km
Pariz	105,4 km ²	2,16 milijuna	219 km
Moskva	2,511 km ²	11,98 milijuna	397 km
Beč	414,6 km ²	1,89 milijuna	83,1 km
Berlin	891,8 km ²	3,65 milijuna	155,4 km
Madrid	604,3 km ²	3,22 milijuna	293 km
Rim	1,285 km ²	2,87 milijuna	59,4 km
Budimpešta	525,2 km ²	1,56 milijuna	39,7 km
Lausanne	41,37 km ²	137,810	13,7 km
Milano	181,8 km ²	1,35 milijuna	96,6 km
München	310,7 km ²	1,47 milijuna	103,1 km
Lisabon	100 km ²	504,718	44,5 km
Prag	496,2 km ²	1,31 milijuna	65,2 km
Varšava	517,2 km ²	1,77 milijuna	41,3 km
Atena	38,96 km ²	≈ 3 milijuna	91,7 km
Istanbul	5,461 km ²	15,46 milijuna	214,65 km
Stockholm	188 km ²	975,551	108 km

Slika 9. Europski gradovi s podzemnom željeznicom, izvor: [21], obrada autora

Uzimajući u obzir takve razlike, implementacija podzemne željeznice u Zagrebu mogla bi značajno utjecati na poboljšanje prometne situacije i urbanog razvoja grada. Uspoređujući Zagreb sa gradovima poput Praga, Budimpešte i Beča, vidljivo je da podzemna željeznica može biti izuzetno korisna i učinkovita opcija za rješavanje prometnih izazova. Iako Zagreb možda nema istu veličinu kao neki od tih gradova, broj stanovnika i gustoća prometa čine ga idealnim kandidatom za implementaciju podzemne željeznice.

Posljednji podaci o površini (641,24 km²) i broju stanovnika (767,445) pokazuju da grad zauzima značajno područje u usporedbi s drugim gradovima. (Slika 10.)

S obzirom na takvu veličinu grada i gustoću naseljenosti, podzemna željeznica pružila bi pouzdanu alternativu za prometne potrebe grada. S obzirom na rastući broj stanovnika i konstantnu urbanizaciju, prometne gužve postaju sve izraženije. Uvođenje podzemne željeznice moglo bi biti ključno za ublažavanje tih gužvi i osiguranje brzog i učinkovitog prijevoza za stanovnike.

Površina ¹⁾ , km ²	Broj stanovnika		Broj naselja ¹⁾
	procjena sredinom 2022.	na km ²	
641,24	767 445	1 197	68

Slika 10. Broj stanovnika i površina prema Statističkom ljetopisu grada Zagreba, izvor: [22]

Prag, Budimpešta i Beč već su dokazali uspjeh podzemnih sustava, pružajući brz i pouzdan prijevoz milijunima stanovnika i posjetitelja svakodnevno. Zagreb bi mogao slijediti njihov primjer i implementirati modernu podzemnu željeznicu koja bi povezivala različite dijelove grada i omogućila fluidnije kretanje.

8. Povijesna analiza ideja o zagrebačkom metrou

Postoji nekoliko teorija i priča vezanih uz izgradnju podzemnog sustava, odnosno metroa u gradu Zagrebu. U nastavku ću opisati različite ideje i dokumente povezane s ovom temom, istražujući potencijalne oblike djelomično ili potpuno podzemnog tračničkog sustava.

8.1. Generalni prometni plan Grada Zagreba iz 1979. godine

Prva priča o izgradnji metroa u Zagrebu potječe iz Generalnog prometnog plana Grada Zagreba iz 1979. godine. Generalni prometni plan izradio je Urbanistički zavod Grada Zagreba u suradnji sa Sekretarijatom za komunalne poslove, građevinarstvo i saobraćaj. Plan je započeo 1974. godine i završio 1979. godine. Dokumentacija uključuje tri glavna izvještaja: prvi iz 1976. godine, informativni materijal iz 1978. godine, te konačni izvještaj sa sažetkom iz 1979. godine. Također, postoji preslika Delegatskog lista Skupštine Grada Zagreba iz rujna 1979. godine, koji prikazuje plan i otvara javnu raspravu. Plan je usvojen 1980. godine te izrađen s obzirom na tri vremenske odrednice:

- trenutno stanje u 1974.,
- predviđanja za 1985., i
- vizija za 2000. godinu. [23]

Tadašnja javnost pozvana je na javnu raspravu kako bi se razmotrile i dale sugestije o različitim pitanjima koja su ključna za izgradnju i poboljšanje prometne infrastrukture u Zagrebu:

- Uključenje željezničkog prometa u gradski prometni sustav
- Rješavanje pješačkog i biciklističkog prometa
- Postavljanje lokacija za javne garaže i parkirališta u središnjem dijelu grada, s ciljem proširenja pješačkih zona te očuvanja kulturne baštine i prirodne sredine

- Pronalaženje rješenja za sjevernu tangentu koja bi olakšala promet u središnjim dijelovima grada, uz uvažavanje šireg koncepta ceste i prirodnih te kulturnih vrijednosti
- Razvoj koncepcije metroa, uz naglasak na ekonomsku izvedivost do 2000. godine
- Interes grada za izgradnju tunela koji bi povezivao sjeverni dio Medvednice s ostatkom grada
- Povezivanje zapadne obilazne željezničke pruge s južnim putničkim kolodvorom, u sklopu rješavanja cjelokupnog željezničkog čvora Zagreba
- Rješavanje spoja Prilaza Gjure Deželića i Ulice Ive Lole Ribara, s obzirom na sekundarno središte Trga Francuske Republike.
- Kategorizacija pojedinih prometnica kako bi se postigla veća usklađenost sustava [23]

Generalni prometni plan Grada Zagreba iz 1979. godine sadrži nekoliko zanimljivih detalja i prognoza vezanih uz očekivane demografske i prometne promjene u gradu. Evo nekoliko ključnih podataka:

- Broj stanovnika u Zagrebu 1971. godine bio je 0,60 milijuna, a predviđanja su bila da će se povećati na 0,83 milijuna do 1985. godine i 1,06 milijuna do 2000. godine. Međutim, stvarna populacija u 1985. bila je 0,77 milijuna, a u 2000. godini 0,78 milijuna.
- Omjer javnog i individualnog prometa u 1974. godini bio je 62,5% naspram 37,5% u korist javnog prijevoza. Prognoze za 1985. i 2000. godinu su predviđale omjere 57:43 i 57,1:42,9, respektivno, u korist javnog prijevoza.
- Istraživanja iz 1998. godine pokazala su sličan omjer javnog i individualnog motornog prometa, dok su istraživanja iz 2009. i 2012. godine pokazala dominaciju individualnog motornog prometa s dvostruko većim udjelom u odnosu na javni prijevoz.
- U jutarnjim vršnim satima, prognozirani omjeri bili su 64:36 za 1985. i 62:38 za 2000. godinu, u korist javnog prijevoza. [23]

Ove prognoze pokazuju da su se predviđanja iz 1979. godine značajno razlikovala od stvarne situacije s prometom u Zagrebu. To sugerira da su se načini putovanja i preferencije građana promijenili tijekom vremena.

8.1.1. Metropolitanska željeznica

Sredinom 1970-ih automobili su bili rijetki, s otprilike devet stanovnika po vozilu, što je omjer 2:1 u korist javnog prijevoza činilo logičnim. Autori Generalnog prometnog plana iz 1979. godine bili su svjesni ključne uloge javnog prijevoza u budućnosti i posvetili su mu veliku pažnju u planiranju.

Jedan od najvažnijih uspjeha Plana je osmišljavanje sustava javnog prijevoza. Autori su prepoznali važnost željeznice (JŽ) te su željeli uvesti podsustav "Metropolitanske željeznice." Ovaj podsustav bi koristio normalne širine kolosijeka za nadzemni i podzemni brzi prijevoz putnika, čime bi poboljšala učinkovitost i brzina javnog prijevoza u gradu. Ova vizija pokazuje napredan pristup rješavanju prometnih izazova u Zagrebu. [23]

Metropolitanska željeznica (MŽ) bila je planirani sustav javnog prijevoza u Zagrebu s ciljem poboljšanja brzine i učinkovitosti putovanja. MŽ je imala ukupnu duljinu od 29,13 km, od čega je 16,33 km bilo podzemno (56%), a 12,80 km na površini (44%).

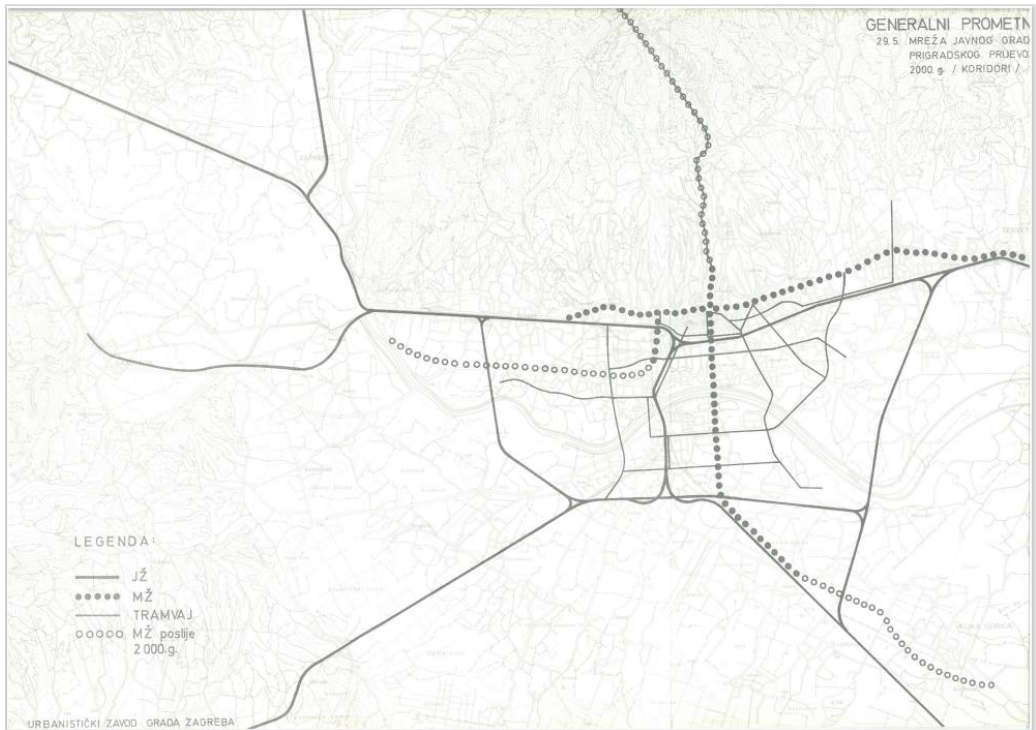
Planirana su bili dva glavna koridora do 2000. godine:

- Longitudinalni koridor prostirao se od Vrapčanske ulice do središta Sesveta, s ukupnom duljinom od 16,59 km i 20 stanica. Prosječni razmak između stanica bio je oko 830 metara. Također, jedna grana ovog koridora odvijala bi se na Trgu Francuske Republike i produžila do Trešnjevačkog trga, dužine 1,37 km.

- Transverzalni koridor prostirao se od Gupčeve zvijezde preko Trga bana Jelačića do južnog ruba Velike Mlake, s ukupnom duljinom od 11,17 km i 11 stanica. [23]

Nakon 2000. godine, plan je bio proširiti sustav prema zapadu do Jankomira i Susedgrada, prema jugu do Zračne luke, te eventualno kroz tunel ispod Medvednice prema Stubici. Ovi planovi pokazali su ambicioznost u razmišljanju o budućnosti javnog prijevoza u Zagrebu i važnost povezivanja različitih dijelova grada. Tramvajski sustav u Zagrebu definiran je kao sustav namijenjen lokalnim zahtjevima i kao dopuna ukupne ponude javnog prijevoza. To se najbolje ogleda u planiranom zapadnom transverzalnem koridoru ulice Črnomerec, kojim bi tramvaj povezo različite željezničke koridore. Novi Zagreb trebao je dobiti dvije longitudinalne tramvajске linije: jednu po Aveniji Dubrovnik, što je realizirano, i drugu po Vatikanskoj, što nije realizirano. Također su planirane dvije transverzalne linije: jedna u zoni Trokuta, koja nije ostvarena, i druga na Sarajevskoj ulici, koja je realizirana od Avenije Dubrovnik prema sjeveru.

Zanimljiva je i situacija u središtu grada, gdje je planirano zamijeniti tramvajsku prugu s podzemnom metropolitanskom željeznicom (*Slika 11.*) To bi značilo ukidanje tramvajskog prometa po Ilici, Vlaškoj i Maksimirskoj ulici. Najzapadnija tramvajska točka bila bi ulice Republike Austrije (osim zapadnog koridora Črnomerec za povezivanje željeznice). Tramvaj bi prošao Savskom cestom do HNK, zadržao bi transverzalu po Zrinjevcu, ali bi se ukinula tramvajska linija po Draškovićevoj. Osim toga, planirano je produženje tramvajске linije od Borongaja po Branimirovoj ulici do Osječke te na sjever do Granešine. Svi novi tramvajski koridori planirani su kao zasebni i izdvojeni od kolnog prometa, što bi povećalo učinkovitost i sigurnost tramvajskog sustava. [23]



Slika 11. Prikaz mreže javnog prijevoza u gradu Zagrebu sa MŽ-om, izvor: [23]

Sudbina metroa bila je određena već na početku zbog političkih komentara usmjerenih na ekonomsku izvedivost projekta. Iako je Plan bio kvalitetno izrađen i temeljio se na opsežnim istraživanjima, predložene trase odražavale su tadašnju naseljenost Zagreba i težnju za povezivanjem zagrebačke i zagorske strane Medvednice. Neuspjeh realizacije metroa ne umanjuje vrijednost ostalih sjajnih ideja i želje za razvojem željezničkog, tramvajskog i autobusnog sustava u integriranu i kohezivnu cjelinu, što je bio izniman koncept i vizija prije 45 godina.

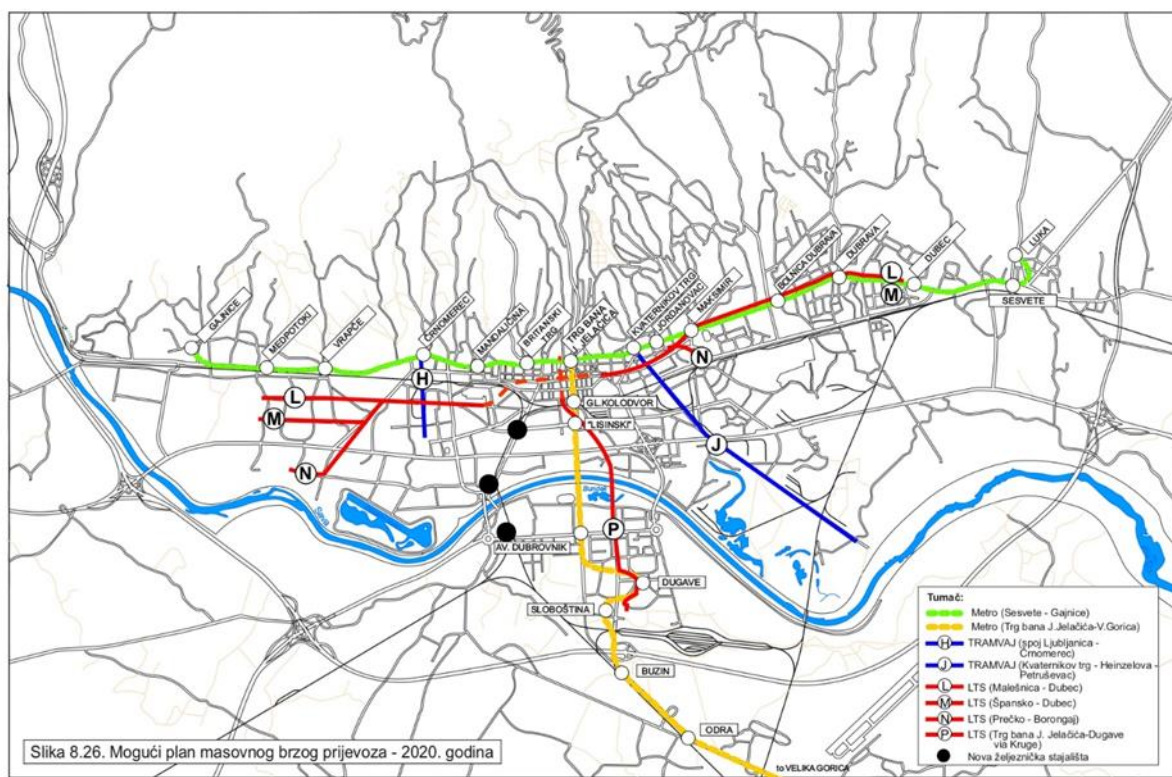
8.2. Prometna studija Grada Zagreba iz 1999. godine

Druga priča o metrou u Zagrebu odnosi se na Prometnu studiju Grada Zagreba iz studenog 1999. godine, poznatu kao Izvješće o Generalnom prometnom planu. Studiju je izradila engleska tvrtka MVA Consultancy uz

suradnju domaćih stručnjaka. U ovoj studiji nije predložen klasični metro, iako se on spominje. Međutim, nije preporučen, planiran, niti je uključen u kalkulacije troškova i koristi. Kako?

8.2.1. Laka gradska željeznica

Zbunjenost može potjecati od slike u Studiji (*Slika 12.*) koja prikazuje dvije linije metroa: longitudinalnu liniju od Gajnica do Sesveta i transverzalnu liniju od Velike Gorice do Trga Bana Jelačića. Ipak, ako se pogleda naziv slike ("Mogući"), jasno je da su ove linije analizirane, ali nisu mogle biti opravdane. [24]



Slika 12. Prometna studija grada Zagreba - Mogući plan, izvor: [24]

Trase metroa bile su nacrtane u Prometnoj studiji Grada Zagreba kako bi se analizirala njegova izvodljivost. Postojalo je mnogo razloga za to: profesionalna obveza autora, želja za zadovoljavanjem lokalnih političkih i stručnih zahtjeva te nesigurnost u kojem će smjeru Zagreb krenuti četiri godine nakon Domovinskog rata. Planovi su bili ambiciozni, a razdoblje obilježeno optimizmom. Počeli su se intenzivno razvijati odnosi između Hrvatske i Europske unije, a otvorili su se i novi financijski kanali. Studiju je sufinancirala Svjetska banka (WB) s 50% nepovratnih sredstava. Ova potpora omogućila je ozbiljnu analizu izvodljivosti metroa u Zagrebu i pružila priliku za proučavanje mogućnosti realizacije projekta. [24]

Studija iz 1999. godine nije predložila klasični metro, već je predložila izgradnju novog lakog tračničkog sustava (LTS), poznatog i kao laka gradska željeznica (LGŽ), te produljenje tramvajskih linija. Crveno su označene linije LTS-a, dok su plavo označena produljenja tramvajskih linija. Prikazani

koridori u središnjem dijelu Zagreba su denivelirani, odnosno nalaze se ispod razine zemlje. Longitudinalni koridor duljine 2,5 km proteže se od Adžijine ulice do Trga žrtava fašizma s tri podzemna stajališta na Rooseveltovom trgu, Strossmayerovom trgu i Trgu hrvatskih velikana. Transverzalni koridor duljine 1,4 km proteže se od Hrvatske bratske zajednice do Trga bana Jelačića s četiri podzemna stajališta na Trgu bana Jelačića, Strossmayerovom trgu (središnje stajalište za oba smjera), Glavnom kolodvoru i Ulici grada Vukovara.

Zaključak zašto projekt metroa u Zagrebu nije izrealiziran temelji se na nekoliko ključnih razloga:

1. Nedostatak opravdane potražnje: Tokovi putnika nisu dostizali potrebnu razinu od 10.000 putnika po satu i smjeru tijekom vršnog razdoblja, što je minimalna razina potrebna za opravdanje uvođenja sustava metroa.
2. Visoki investicijski troškovi: Troškovi izgradnje metroa procijenjeni su na 2 do 3 milijarde kuna prema cijenama iz 1998. godine, a potencijalne uštede u vremenu putovanja putnika bile su nedovoljne da opravdaju te investicijske i operativne troškove.
3. Nedovoljan omjer koristi i troškova: Omjer korist/trošak za lak tračnički sustav (LTS) bio je premalen u usporedbi s današnjim standardima EU fondova, koji zahtijevaju omjer korist/trošak od najmanje 3,0 (iznimno 2,5) za Hrvatsku i 6,0 (iznimno 5,0) za stare članice EU.

Ovi razlozi ukazuju na to da projekt metroa nije bio ekonomski opravdan prema Prometnoj studiji iz 1999. godine, zbog čega nije predložen u planovima za budućnost Zagreba. [24]

8.3. Podzemno-nadzemni tračnički sustav u gradu Zagrebu

Treća priča o metrou u Zagrebu povezana je s periodom iz 2007. godine. Ova priča je strateški gradski projekt i smatra se službenom pričom o metrou iz tog vremena. Naziv projekta sugerira distanciranje od klasičnog metroa, umjesto toga usmjeren je na kombinaciju podzemnog i nadzemnog tračničkog sustava. Projekt dijelom prati zaključke Prometne studije Grada Zagreba iz 1999. godine, a nudi konkretan plan etapnog razvoja s procjenama investicija. Dakle, treća priča o metrou u Zagrebu fokusira se na izgradnju kombiniranog podzemnog i nadzemnog tračničkog sustava, prateći ekonomski pristup i postojeće strukture kako bi se smanjili troškovi projekta. [25]

Projekt kombiniranog podzemno-nadzemnog tračničkog sustava u Zagrebu sastojao se od nekoliko faza izgradnje koje su uključivale različite segmente tračničkog sustava: denivelirani (podzemni i nadzemni) i u razini s tlom. Projekt je bio podijeljen na nekoliko faza s ukupnom duljinom koridora od 20,7 km: (*Slika 13.*)

- faza, 2,6 km crveno, denivelirani longitudinalni dio u središnjem dijelu Grada: 116,7 milijuna EUR s vremenom izgradnje 24. mjeseca
- 2. faza, 3,3 km crveno, transversalni denivelirani dio u središnjem dijelu Grada: 136,4 milijuna EUR, 30 mjeseci
- 2a. faza, 2,7 km narančasto je zapadni dio od Adžijine do Donje Kustošije: 15,2 milijuna EUR, 8 mjeseci,
- 2b. faza, 2,4 km zeleno, denivelirani dio na Savskoj cesti: 98,9 milijuna EUR, 24 mjeseca,
- 3a. faza, 3,5 km plavo, koridor kroz Malešnicu, Špansko i Stenjevec: 22,3 milijuna EUR, 10 mjeseci; u ovoj etapi je Remiza u Španskom s cijenom 20 milijuna EUR
- 3a faza, 1,8 km svjetloplavo, na +1 razini od Kruga do Utrina, 41,0 milijuna EUR, 24 mjeseca
- 3b. faza, 2,3 km žuto na koridoru potoka Črnomerec, 15,5 milijuna EUR, 7 mjeseci,

- 3b. faza, 2,1 km žuto, na +1 razini od Utrina do Dugava, 26,0 milijuna EUR, 12 mjeseci; u ovoj etapi je Remiza u Dugavama s cijenom 20 milijuna EUR. [25]



Slika 13. Projekt podzemno-nadzemnog tračničkog sustava, izvor: [25]

Iako su cijene uključivale sve, uključujući opremljene koridore, podzemne stanice, most preko Save i dvije remize, ukupan trošak od 512 milijuna EUR bio je značajan. Predloženi su različiti modeli financiranja, uključujući klasične kredite od međunarodnih institucija i banaka, koncesiju na dulje vremensko razdoblje te javno-privatno partnerstvo. Iako je projekt pružao niz potencijalnih benefita, nije ponudio konkretne brojke ili zaključke u obliku analize troškova i koristi (CBA), što bi moglo biti jedan od razloga zašto projekt nije proveden. Nadalje, složenost projekta, visoki troškovi i moguća neizvjesnost u financiranju mogli su doprinijeti odluci o neizvođenju ovog projekta. [24]

8.4. Prostorno prometna studija cestovno-željezničkog sustava iz 2008. godine

Prostorno-prometna studija cestovnog-željezničkog sustava šireg područja grada Zagreba iz lipnja 2008. godine napravljena je za grupu od šest naručitelja, uključujući MMPI, Hrvatske autoceste d.o.o., Grad Zagreb, tadašnje Hrvatske željeznice d.o.o., Hrvatske ceste d.o.o. i Zagrebačku županiju. Studiju su izradile eminentne institucije, uključujući Institut građevinarstva Hrvatske, sastavnice Sveučilišta u Zagrebu (građevinske, arhitektonske i prometne znanosti), Institut prometa i veza te Željezničko projektno društvo. [26]

Ovo je „neslužbena“ priča koja se temelji na istraživanjima iz 2007. godine s planiranim godinama 2012., 2018. i 2030. godine. Sadrži poglavlje o gradskom tračničkom koje razmatra različite tračničke sustave, uključujući metro i laku gradsku željeznicu (LGŽ). Planirane su tri linije: linija M1 dužine 14,2 km, linija M2 dužine 18,0 km i linija M3 dužine 25,1 km.

(Slika 14.)

- Linija M1: Jug-sjever, povezivala bi Buzin, Aveniju Dubrovnik, preko Save do Kaptola i Gupčeve zvijezde, završavajući u Dolju.
- Linija M2: Zapad-istok, povezivala bi područje od Ulice Velimira Škorpika do Dankovečke (Dubec).
- Linija M3: Kružna linija, povezivala bi Gupčevu zvijezdu s područjem Mirogoja, bolnice Rebro, Maksimira, Radničke ceste, Vatikanske ulice, Trnska i Jaruna, završavajući na području Tuškanca.
- Linija M4: Moguće dodatne linije koje bi povezivale Dolje sa Stubičkim Toplicama i Glavni kolodvor s Buzinom. [26]



Slika 14. Lokacije metro linija u tkivu grada prema studiji, izvor:[26]

Također, studija je predložila etapnu izgradnju metroa u tri faze:

- Prva etapa: Planirana do 2012. godine, no ne precizira se.
- Druga etapa: Između 2013. i 2018. godine, uključuje izgradnju linije M2 (zapad-istok) i linije prema jugu.
- Treća etapa: Između 2019. i 2030. godine, uključuje izgradnju linije M1 (jug-sjever), M3 (kružna linija), i moguće dodatne ekstenzije. [26]

Studija također naglašava integraciju metro linija s drugim oblicima javnog prijevoza, uključujući tramvaje, autobuse, prigradske željeznice i druge transportne sustave. Analizirane su različite varijante trasa linija te su provjere provedene na prometnom modelu. Plan je bio realizirati određene linije do 2018. godine, no vjerojatno su izazovi s financiranjem, nedostatkom političke podrške ili tehničkim problemima doprinijeli zaustavljanju daljnjeg planiranja i provedbe. Iako su predložene različite opcije, dokument

naglašava potrebu za daljnjim istraživanjima. Unatoč ozbiljnoj analizi i planiranju, dokument nikada nije ratificiralo niti jedno predstavničko ili upravno tijelo Grada, niti je korišten u kasnijim strateškim dokumentima. Ovo je posljednja neslužbena priča koja spominje izgradnju metroa u Zagrebu.

8.4.1. Zašto planovi nisu postali stvarnost?

Sva četiri dokumenta koja se bave izgradnjom metroa i lakog tračničkog sustava u Zagrebu nisu bila izvedena zbog različitih razloga povezanih s ekonomskim, političkim i infrastrukturnim izazovima.

Prvi dokument bio je izrađen tijekom velike hrvatske političke krize i početka jugoslavenskog gospodarskog sloma. Visoka inflacija i promjene u prioritetima grada zbog Univerzijade 1987. godine (najmasovnija sportska manifestacija u povijesti Zagreba) doveli su do neprovođenja ovog plana.

Drugi dokument nastao je nakon Domovinskog rata, kada je izgradnja autocesta bila nacionalni prioritet. Zbog toga je svaki strateški prometni dokument koji predlaže prometna (a ne infrastrukturna) rješenja bio osuđen na neprovođenje.

Treći dokument, aktualni Master plan prometa, izrađen je u atmosferi optimizma zbog potencijala europskih fondova. No, potres u Zagrebu, potresi na Banovini, kao i usporavanje gospodarske aktivnosti zbog pandemije COVID-19 bacili su sjenu na planove. Kratki rok za iskorištavanje sredstava iz EU fondova do 2030. godine, zajedno s teškoćama u postizanju potpune usmjerenosti svih dionika, otežava provedbu plana. Iako postoje izazovi, postoji nada da će uz zajedničku volju i dostupnost visokih sredstava EU fondova biti moguće ostvariti neke od ključnih koraka na vrlo dugom putu prema modernizaciji prometne infrastrukture u Zagrebu. [23]

Posljednja neslužbena studija iz 2008. godine, koja je razmatrala izgradnju metroa u Zagrebu, zaustavljena je iz nekoliko mogućih razloga. To su svakako financijski izazovi koji prate projekte velikih razmjera poput izgradnje metroa. Ovaj projekt nije bio iznimka u suočavanju s poteškoćama

vezanim uz osiguravanje potrebnih sredstava. Osim toga, nedostatak jasnih, kontinuiranih planova i promijenjeni prioriteti mogli su doprinijeti neostvarivanju ovog projekta. Ponekad su intervencije u prostoru nastavak već postojećih planova, ali u ovom slučaju to nije bio razlog za nastavak istraživanja. Naposljetku, odluka o realizaciji projekata ponekad se temelji na uvjerenju da su dobri za grad, no ovaj pristup nije bio primarni razlog za projekt metroa. Zbog ovih izazova, istraživanja i planiranja nisu dalje napredovala. [24]

Iako postoje izazovi, postoji nada da će uz zajedničku volju i dostupnost izdašnih sredstava EU fondova biti moguće ostvariti neke od ključnih koraka na vrlo dugom putu prema modernizaciji prometne infrastrukture u Zagrebu.

9. Podzemne željeznice: Prednosti i nedostaci

Podzemne željeznice ključan su dio modernih gradskih prometnih mreža, pružajući brojne prednosti za urbane sredine. Brzina, učinkovitost i veliki kapacitet omogućuju brži i pouzdaniji prijevoz putnika, čime se smanjuje prometna gužva i zagađenje na cestama. Metro sustavi također potiču ekološku održivost, smanjujući zagađenje zraka i buke. Osim pozitivnih aspekata, metro sustavi suočavaju se i s izazovima. Visoki početni troškovi izgradnje i održavanja, kao i dug period izgradnje, predstavljaju značajne prepreke za mnoge gradove. Također, integracija s drugim vrstama javnog prijevoza i ograničena pokrivenost mogu otežati pristup i učinkovitost za sve putnike. Važno je napomenuti da se prednosti i nedostaci metro sustava mogu značajno razlikovati ovisno o specifičnim uvjetima i načinu implementacije podzemnih željeznica u različitim gradovima. [17]

Svaka urbana sredina ima svoje specifičnosti, uključujući gustoću naseljenosti, infrastrukturu, postojeće prometne mreže i financijske resurse. Kao rezultat toga, metro sustav koji je uspješan u jednom gradu možda neće biti jednako učinkovit u drugom gradu. Pri planiranju i implementaciji metro sustava, važno je uzeti u obzir specifične potrebe i uvjete svakog pojedinog grada. To uključuje analizu potražnje za javnim prijevozom, integraciju s postojećim prometnim sustavima te osiguranje financijske održivosti sustava. Također je važno uzeti u obzir potrebe lokalnog stanovništva i osigurati da metro sustav doprinosi njihovoj kvaliteti života. Različite okolnosti u svakom gradu zahtijevaju prilagodbu i fleksibilnost u planiranju i provedbi metro sustava kako bi se osigurali najbolji mogući rezultati i maksimalna učinkovitost.

9.1. Prednosti

1. Brzina i učinkovitost

Metro sustavi pružaju brzi i učinkovit prijevoz putnika, zahvaljujući svojoj podzemnoj prirodi koja ih izolira od cestovnih gužvi. To omogućuje vlakovima da se kreću nesmetano, bez obzira na prometne zastoje na površini, što rezultira bržim putovanjem za putnike. Brzi prijevoz kroz tunnelske sustave osigurava putnicima pristup različitim dijelovima grada u kratkom vremenu. Putovanje metroom obično traje kraće u usporedbi s cestovnim putovanjem na istoj ruti, posebno tijekom vršnih sati kada su ceste preopterećene. Osim toga, metro sustavi obično prometuju u redovitim intervalima, smanjujući vrijeme čekanja na stanicama. Putnici se mogu osloniti na pouzdanu uslugu i planirati svoje putovanje s preciznim vremenom dolaska i odlaska vlakova. To olakšava svakodnevne obaveze, poput dolaska na posao ili školu. Brza i učinkovita usluga metroa također potiče veći broj ljudi da koristi javni prijevoz umjesto osobnih automobila, čime se smanjuje zagađenje zraka i pritisak na cestovnu infrastrukturu. Osim toga, metro sustavi često povezuju ključna područja grada, uključujući poslovne i stambene četvrti, obrazovne ustanove, bolnice i trgovačke centre. Ova povezanost omogućuje putnicima brzi pristup svim važnim lokacijama, čime se poboljšava kvaliteta života u urbanim sredinama. Sve ove prednosti čine metro jedan od najefikasnijih oblika javnog prijevoza, koji pruža putnicima brzu, pouzdanu i udobnu uslugu, istovremeno smanjujući zagušenje i zagađenje u gradovima. [17]

2. Veliki kapacitet

Metro sustavi pružaju mogućnost prijevoza velikog broja putnika istovremeno zahvaljujući vagonima koji su obično duži i prostraniji u usporedbi s drugim oblicima javnog prijevoza poput autobusa ili tramvaja. Ovaj veliki kapacitet omogućuje učinkovito preuzimanje putnika u gusto naseljenim urbanim područjima, što doprinosi smanjenju pritiska na druge vrste javnog prijevoza. Veći kapacitet metroa pomaže ubrzati kretanje putnika, posebno tijekom vršnih sati, kada se mnogi ljudi kreću prema svojim

radnim mjestima, školama ili drugim ključnim odredištima. To smanjuje zagušenje na cestama i tramvajskim linijama, jer više ljudi prelazi na metro kao brži i učinkovitiji oblik prijevoza. Veliki kapacitet također omogućuje metro sustavima da budu ključna okosnica javnog prijevoza u gradovima. Povećanjem kapaciteta, metro može zadovoljiti potražnju za prijevozom u velikim urbanim sredinama, posebno u situacijama kada je broj putnika visok. Osim toga, veći kapacitet metroa pomaže povećati udobnost putovanja za putnike. Kada vagoni imaju veći kapacitet, putnici imaju više prostora, što smanjuje osjećaj prenatrpanosti i poboljšava iskustvo putovanja. Ukupno, veliki kapacitet metro sustava omogućuje prijevoz velikog broja putnika brzo i učinkovito, smanjuje pritisak na druge oblike javnog prijevoza i doprinosi općem poboljšanju prometa u urbanim sredinama. Ova prednost čini metro ključnim elementom održivog i učinkovitog javnog prijevoza u gradovima s velikom gustoćom stanovništva. [17]

3. Smanjenje prometne gužve i zagađenja

Korištenje metro sustava može značajno pridonijeti smanjenju prometne gužve i zagađenja u urbanim područjima. Kada više ljudi koristi metro kao oblik prijevoza, smanjuje se broj automobila na cestama, što dovodi do manje prometnih zastoja i zagušenja. Manje vozila na cestama također rezultira bržim kretanjem preostalih vozila, poboljšavajući protok prometa. Smanjenje broja automobila na cestama također ima pozitivan utjecaj na kvalitetu zraka u gradu. Automobili su glavni izvori emisija štetnih plinova, poput ugljičnog dioksida i dušikovih oksida, koji doprinose zagađenju zraka i negativno utječu na zdravlje ljudi i okoliš. Korištenje metroa umjesto automobila smanjuje ukupnu količinu emisija koje se ispuštaju u atmosferu. Osim toga, smanjenje zagađenja zraka može poboljšati kvalitetu života stanovnika, posebno onih koji žive u blizini prometnica. Čišći zrak znači manje problema s disanjem i drugih zdravstvenih problema povezanih s onečišćenjem zraka. Korištenje metroa također može potaknuti ljude da manje ovise o osobnim vozilima, čime se smanjuje potreba za parkirnim mjestima i oslobađa prostor za zelene površine i druge sadržaje. To može pridonijeti ljepšem i zdravijem gradskom okruženju. Ukratko,

smanjenje prometne gužve i zagađenja kroz korištenje metro sustava ima višestruke pozitivne učinke na gradove, uključujući čišći zrak, bolje kretanje vozila na cestama, poboljšanje kvalitete života stanovnika i očuvanje okoliša. Ove prednosti čine metro važnim dijelom održivog razvoja gradova. [17]

4. Pouzdanost

Metro sustavi poznati su po svojoj pouzdanosti, što je ključna prednost u usporedbi s mnogim drugim oblicima javnog prijevoza. Ovi sustavi obično djeluju prema strogo definiranim rasporedima koji su precizno usklađeni s potrebama putnika. Vlakovi redovito prometuju u unaprijed određenim intervalima, što putnicima omogućuje planiranje putovanja s preciznim vremenom dolaska i odlaska vlakova. Pouzdanost metro sustava znači da putnici mogu računati na to da će vlakovi polaziti i dolaziti na vrijeme, što olakšava organiziranje svakodnevnih obaveza i planiranje ruta. To je posebno važno za osobe koje se oslanjaju na javni prijevoz za dolazak na posao, školu ili druge važne određene lokacije. Ova predvidljivost putnicima pruža sigurnost i mir, jer znaju da će stići na određeno mjesto na vrijeme, bez obzira na vremenske uvjete ili prometne gužve na površinskim cestama. Takva pouzdanost također povećava povjerenje putnika u javni prijevoz i potiče više ljudi da se oslanjaju na metro sustav kao preferirani oblik prijevoza. Osim toga, pouzdanost metro sustava ima pozitivan utjecaj na ukupnu učinkovitost gradskog prijevoza. Kada se metro sustav može osloniti na dosljedno pružanje usluga, putnici mogu planirati putovanja s preciznim vremenima presjedanja na druge oblike javnog prijevoza, poput autobusa ili tramvaja. To doprinosi boljoj integraciji različitih vrsta prijevoza i stvara učinkovitiju prometnu mrežu. Ukratko, pouzdanost metro sustava igra ključnu ulogu u pružanju dosljednog i predvidljivog javnog prijevoza koji omogućuje putnicima planiranje putovanja i povećava povjerenje u usluge metroa. [17]

5. Sigurnost

Metro sustavi postavljaju visoke standarde sigurnosti kako bi zaštitili putnike tijekom njihovog putovanja. Jedan od ključnih aspekata sigurnosti je videonadzor, koji se koristi za praćenje aktivnosti u stanicama, vlakovima i na peronima. Videonadzor omogućuje brzu intervenciju u slučaju nepredviđenih situacija i povećava osjećaj sigurnosti među putnicima. Prisutnost osoblja u stanicama i vlakovima također doprinosi sigurnosti putnika. Osoblje može pružiti pomoć u slučaju hitnih situacija, dati upute putnicima i osigurati poštivanje pravila ponašanja. Njihova prisutnost može pomoći u sprječavanju incidenata i bržem reagiranju na bilo kakve probleme. Hitni izlazi i sustavi za hitne situacije ključni su za sigurnost putnika u metro sustavima. Tuneli i stanice su opremljeni jasnim oznakama i uputama za evakuaciju, kao i specijaliziranim prostorima za sklonište u slučaju potrebe. To omogućuje putnicima da brzo i sigurno napuste vlakove i stanice u hitnim situacijama. Namjenske platforme i barijere između putnika i tračnica pružaju dodatnu razinu sigurnosti. Platforme su obično opremljene sigurnosnim vratima koja se otvaraju samo kada vlak stigne, sprječavajući pristup tračnicama. Ove mjere smanjuju rizik od nesreća i ozljeda. Metro sustavi također ulažu u edukaciju putnika o pravilnom ponašanju u sustavu, što uključuje upute o korištenju sigurnosnih izlaza, pravilima ponašanja na peronima i vlakovima te o postupcima u hitnim situacijama. Ova edukacija pomaže putnicima da budu svjesni potencijalnih rizika i pridržavaju se sigurnosnih protokola. Sve ove mjere zajedno čine metro sustave jednim od najsigurnijih oblika javnog prijevoza, pružajući putnicima povjerenje i sigurnost tijekom putovanja. Održavanje visokih standarda sigurnosti ključ je za uspjeh metro sustava i njihovu popularnost među stanovnicima grada. [17]

6. Povezanost i pristupačnost

Metro sustavi su ključni elementi urbane prometne infrastrukture koji povezuju različite dijelove grada, pružajući putnicima brzi pristup stambenim i poslovnim područjima, obrazovnim ustanovama, bolnicama i drugim ključnim odredištima.

Ove linije obično prolaze kroz važna središta grada i popularne rute, što putnicima olakšava pristup raznim dijelovima grada bez potrebe za presjedanjem na druge oblike prijevoza. Integracija metro sustava s drugim oblicima javnog prijevoza, kao što su tramvaji i autobusi, stvara dobro povezan mrežasti sustav. Ova integracija omogućuje putnicima jednostavan prelazak između različitih vrsta prijevoza, što im olakšava putovanje i štedi vrijeme. Primjerice, putnici mogu započeti svoje putovanje metroom, a zatim se prebaciti na tramvaj ili autobus kako bi stigli do svojih konačnih odredišta. Osim toga, povezivanje metro sustava s regionalnim željezničkim linijama pruža putnicima mogućnost putovanja između gradskih središta i prigradskih područja, povećavajući dostupnost javnog prijevoza na širem području. To može imati pozitivne učinke na smanjenje prometnih gužvi, jer više ljudi može koristiti javni prijevoz umjesto vlastitih automobila. Dakle, povezanost i pristupačnost koju pružaju metro sustavi donose značajne prednosti gradovima, olakšavajući putnicima kretanje i pristup ključnim lokacijama, istovremeno potičući integraciju i učinkovitost cijelog javnog prijevoznog sustava. Ova povezanost također ima potencijal pozitivno utjecati na ekonomsku aktivnost i kvalitetu života stanovnika grada. [17]

7. Smanjenje buke i vibracija

Metro sustavi stvaraju manje buke i vibracija jer se vlakovi kreću kroz podzemne tunelske mreže, izolirane od površinskog prometa. Ovaj podzemni položaj omogućuje tiše putovanje, pružajući ugodnije iskustvo putnicima tijekom vožnje. Manje buke također smanjuje ometanje stanovnika u okolini stanica i tunela, što može biti posebno važno u gusto naseljenim gradskim područjima. Ovaj aspekt metro sustava poboljšava kvalitetu života ljudi koji žive u blizini linija i stanica, jer smanjuje zvučne smetnje povezane s prometom. Također, niže razine vibracija smanjuju štetne utjecaje na zgrade i infrastrukturu, produljujući njihov vijek trajanja. Smanjenje buke i vibracija od metroa također može imati pozitivan učinak na zaštitu okoliša. [17]

8. Urbani razvoj i korištenje zemljišta

Prisutnost metro stanica može imati značajan utjecaj na urbani razvoj i korištenje zemljišta u njihovoj blizini. Kada se stanice smjeste u određenom području, one postaju centri aktivnosti jer privlače ljude zbog lakoće pristupa javnom prijevozu. Ova privlačnost dovodi do povećanja potražnje za nekretninama u okolici, što često rezultira povećanjem vrijednosti imovine. Povećanje vrijednosti imovine potiče investitore da ulažu u građevinske projekte u blizini stanica, kao što su stambene zgrade, poslovni prostori i trgovački centri. Ove investicije mogu potaknuti urbani razvoj i transformirati područje oko stanica u živahne urbane centre. Stanice metroa često privlače nove stanare i poslovne subjekte zbog njihove povezanosti i pristupačnosti ključnim dijelovima grada. Blizina stanica omogućuje jednostavan pristup obrazovnim ustanovama, bolnicama, trgovačkim područjima i radnim mjestima. To čini život u blizini stanica metroa privlačnim za ljude svih dobnih skupina. Osim toga, prisutnost metro stanica može potaknuti revitalizaciju starijih ili zapuštenih područja. Kada se investitori usmjere prema tim područjima zbog potencijalne vrijednosti imovine, to može dovesti do obnove i modernizacije lokalnih zgrada i infrastrukture. Urbani razvoj oko stanica metroa također doprinosi stvaranju mjesta za okupljanje zajednice. Trgovačke četvrti, kafići, restorani i kulturne institucije često se razvijaju u blizini stanica, stvarajući dinamična područja koja postaju srca gradskih četvrti. U konačnici, prisutnost metro stanica može imati pozitivan učinak na urbani razvoj i korištenje zemljišta u njihovoj blizini. Stvarajući živahne i povezane urbane centre, metro sustavi pridonose raznolikijem i održivijem gradskom okruženju koje koristi cijeloj zajednici. [17]

9.2. Nedostaci

1. Visoki troškovi izgradnje

Izgradnja podzemnih željeznica poznata je po visokim početnim troškovima koji su posljedica složenosti projekta. Proces izgradnje uključuje probijanje tunela ispod površine, što zahtijeva naprednu tehnologiju i specijalizirane strojeve. Postavljanje tračnica, izgradnja stanica, tunela i osiguravanje sigurnosnih sustava također su važni dijelovi projekta koji pridonose visokim troškovima. Uz to, potrebno je nabaviti specijaliziranu opremu za održavanje i upravljanje sustavom, uključujući vozila, signalizaciju i komunikacijske sustave. Osim samih građevinskih radova, troškovi otkupa zemljišta, posebno u gusto naseljenim područjima, mogu biti značajni. Također, suočavanje s arheološkim i geološkim izazovima tijekom izgradnje može dodatno povećati troškove, jer gradovi moraju pridržavati se propisa o zaštiti kulturne i prirodne baštine. S obzirom na sve ove čimbenike, visoki početni troškovi izgradnje podzemnih željeznica mogu predstavljati financijski teret za mnoge gradove, osobito one s ograničenim proračunima.

2. Dugo trajanje izgradnje

Izgradnja podzemnih željeznica obično je dugotrajan proces koji može potrajati godinama, pa čak i desetljećima, ovisno o složenosti i opsegu projekta. Ova faza izgradnje može dovesti do značajnih poremećaja u prometu, ograničenja pješackog pristupa i utjecaja na urbanu infrastrukturu. Građevinski radovi u tijeku često uzrokuju promjene u rutama prometa i pješackom kretanju, stvarajući poteškoće za stanovnike i posjetitelje. Duga izgradnja također može rezultirati prekoračenjem proračuna zbog nepredviđenih izazova na terenu, poput arheoloških nalaza ili složenih geoloških uvjeta.

Osim toga, dugotrajna gradnja može dovesti do problema s koordinacijom između različitih odjela i dionika uključenih u projekt, što može otežati praćenje rokova i budžeta. Tijekom izgradnje, gradovi moraju pažljivo upravljati radovima kako bi smanjili ometanja i osigurali sigurnost građana. Važno je da gradske vlasti održavaju otvorenu komunikaciju s javnošću tijekom ovog razdoblja, pružajući ažurirane informacije o napretku i vremenskim okvirima izgradnje. Također, pravovremena koordinacija s tvrtkama javnog prijevoza može pomoći u planiranju alternativnih ruta i prilagodbi usluga kako bi se smanjile neugodnosti za putnike. Unatoč izazovima, uspješan dovršetak sustava podzemne željeznice može donijeti dugoročne koristi gradu i njegovim stanovnicima.

3. Održavanje i popravci

Podzemne željeznice zahtijevaju redovito održavanje kako bi osigurale sigurnost i učinkovitost rada sustava. Ove aktivnosti uključuju pregled tračnica, kontrolu i održavanje sustava signalizacije, redovito čišćenje i provjere ventilacijskih sustava, te servisiranje pokretnih stepenica i dizala. Ove zadatke obavljaju specijalizirani stručnjaci, a to može rezultirati visokim troškovima održavanja. Osim toga, zbog složenosti i važnosti ovih aktivnosti, potrebna su pažljiva planiranja i koordinacija kako bi se radovi izvodili uz minimalne prekinde usluga. Ponekad su privremena zatvaranja linija ili stanica neizbježna kako bi se omogućilo održavanje i popravci. To može uzrokovati neugodnosti putnicima, posebice onima koji se oslanjaju na metro kao svakodnevno sredstvo prijevoza. Stoga je ključno da metro sustavi provode održavanje na način koji minimizira smetnje putnicima i osigurava dugoročnu sigurnost i funkcionalnost sustava.

4. Ograničena pokrivenost

Podzemne željeznice su najkorisnije u gusto naseljenim urbanim središtima gdje mogu efikasno prevesti velike skupine putnika.

Međutim, njihova mreža često ne pokriva prigradska ili ruralna područja zbog izazova povezanih s troškovima i složenostima planiranja i izgradnje na udaljenim lokacijama. Ova ograničenja mogu rezultirati time da stanovnici vanjskih područja nemaju izravan pristup uslugama metroa i moraju se osloniti na alternativne načine prijevoza, poput autobusa ili prigradskih vlakova. Proširenje mreže metroa na ove udaljenije regije često zahtijeva velika ulaganja koja možda ne odgovaraju razini potražnje. Iako metro sustavi obično imaju ograničenu pokrivenost, oni mogu potaknuti razvoj kombiniranih transportnih rješenja s drugim oblicima javnog prijevoza kako bi se olakšao pristup udaljenijim područjima. Pravilna koordinacija i integracija različitih transportnih mreža može osigurati učinkovitiji i pristupačniji prijevoz za sve stanovnike.

5. Ovisnost o električnoj energiji

Podzemne željeznice uvelike ovise o stalnoj opskrbi električnom energijom kako bi osigurale rad vlakova, rasvjete, ventilacijskih sustava i drugih ključnih komponenti. Bilo kakav prekid u opskrbi električnom energijom može dovesti do poremećaja u uslugama i izazvati neugodnosti putnicima. Kako bi se smanjio rizik od takvih poremećaja, metro sustavi obično koriste sustave pričuvnog napajanja, poput generatora, koji mogu privremeno održavati operacije u slučaju nestanka struje. Međutim, ovi sustavi mogu imati ograničene kapacitete i možda neće biti u mogućnosti dugotrajno održavati normalan rad sustava. Ovisnost o električnoj energiji također znači da metro sustavi moraju pažljivo upravljati energetske resursima, uključujući osiguranje stabilne opskrbe iz više izvora kako bi se izbjegli potencijalni prekidi. Također, sustavi mogu provoditi redovite provjere i testiranja pričuvnih generatora kako bi osigurali njihovu pouzdanost u slučaju hitnih situacija. Unatoč ovim izazovima, pravilno planiranje i održavanje energetske sustava mogu pomoći ublažiti rizike povezane s ovisnošću o električnoj energiji, osiguravajući neprekidnost usluga i sigurnost putnika.

6. Zagušenja u satima špice

Tijekom vršnih sati, podzemne željeznice često se suočavaju s prenatrpanošću, što rezultira velikim brojem putnika naguranih u krcate vagonne. Ova situacija može dovesti do neugodnosti za putnike, uključujući smanjenu udobnost tijekom putovanja, te potencijalno povećan rizik od sigurnosnih problema zbog pretrpanih prostora. Zagušenja tijekom špica također mogu uzrokovati kašnjenja u voznom redu jer putnicima treba više vremena za ulazak i izlazak iz vagona na postajama. Sporije vrijeme okretanja vlakova na postajama može dovesti do efekta domino koji usporava cijeli prometni sustav. Kako bi se ublažila prenatrpanost, metro sustavi mogu primijeniti mjere poput povećanja frekvencije vlakova u vršnim satima ili osiguravanja većeg broja vagona kako bi povećali kapacitet. Također, informiranje putnika o alternativnim rutama ili razdobljima putovanja može pomoći u ravnomjernijem rasporedu putnika tijekom dana. Unatoč izazovima, podzemne željeznice ostaju učinkovit način prijevoza velikog broja ljudi, a sustavi mogu raditi na poboljšanju kapaciteta i organizacije kako bi smanjili zagušenja i povećali udobnost i sigurnost putnika.

7. Nefleksibilnost u promjenama rute

Kada se jednom izgradi sustav podzemne željeznice, uvoditi značajne promjene u rute ili dodavati nove linije postaje izuzetno teško i skupo. Ova ograničenja fleksibilnosti mogu postati problematična kako se obrasci urbanog razvoja mijenjaju i novi populacijski centri postaju važni. Promjene u zahtjevima za prijevozom mogu izazvati potrebu za proširenjem ili prilagodbom postojećih linija (što zahtijeva složena inženjerska rješenja) i često poremetiti postojeći rad tijekom faze izgradnje. Naknadno opremanje postojeće infrastrukture može uključivati modificiranje tunela, postavljanje dodatnih tračnica ili izgradnju novih stanica, što sve može biti dugotrajan i skup proces. Iako se metro sustavi suočavaju s tim izazovima, oni i dalje ostaju vitalna komponenta sustava gradskog prijevoza.

Napori se ulažu u rješavanje ovih problema kroz pažljivo planiranje, tehnološke inovacije i stalna poboljšanja u praksi projektiranja, izgradnje i održavanja. Cilj je osigurati da metro sustavi nastave pružati učinkovite, pouzdane i održive usluge masovnog prijevoza u mnogim gradovima diljem svijeta. [17]

Unatoč nedostacima, metro sustavi mogu pružiti značajne koristi urbanim sredinama, pod uvjetom da se adekvatno suočavaju s izazovima. Kontinuirani napori u optimizaciji dizajna, izgradnje i održavanja metro sustava ključni su za osiguravanje dugoročne učinkovitosti i pouzdanosti. Kroz pažljivo upravljanje, metro sustavi mogu smanjiti negativne učinke tijekom faze izgradnje, osiguravajući da radovi budu izvedeni na način koji minimizira poremećaje u gradu. Osim toga, integracija s drugim oblicima javnog prijevoza, poput autobusa i tramvaja, može poboljšati cjelokupnu povezanost grada i pružiti putnicima više opcija za svoje putovanje. Također, ulaganje u napredne tehnologije i inovacije može pomoći u poboljšanju učinkovitosti sustava, smanjenju energetske troškova i održavanja te u pružanju kvalitetnijih usluga putnicima. Ova moderna rješenja mogu uključivati automatizirane vlakove, sustave upravljanja prometom i poboljšane sigurnosne mjere.

Dugoročno, metro sustavi mogu doprinijeti smanjenju emisija štetnih plinova, očuvanju okoliša i smanjenju zagušenja na cestama, što je ključno za održivi razvoj gradova. Uz pažljivo upravljanje i odgovarajuća ulaganja, metro sustavi mogu postati neizostavan dio modernih urbanih središta, poboljšavajući kvalitetu života stanovnika i promičući održivost u razvoju gradova.

10. Prednosti implementacije metro sustava u Zagrebu

U Zagrebu se posljednjih godina bilježi stalni rast broja osobnih automobila, što predstavlja izazov za gradsku prometnu mrežu i infrastrukturu. Broj registriranih osobnih automobila kontinuirano raste, što je jasno vidljivo iz podataka Statističkog ljetopisa Grada Zagreba. (Tablica 1.)

Tablica 1. Broj registriranih osobnih automobila u gradu Zagrebu

godina	osobni automobili
2018.	321 967
2019.	335 358
2020.	341 825
2021.	353 142
2022.	364 924

Izvor: [22], obrada autora

U 2022. godini u Zagrebu je registrirano ukupno 442.049 motornih vozila, što predstavlja porast od 3,4% u odnosu na 2021. godinu. Od ukupnog broja registriranih motornih vozila, osobni automobili čine 82,6% (364.924 vozila). Trend rasta broja osobnih automobila u Zagrebu vidljiv je kroz posljednjih nekoliko godina. U 2018. godini registrirano je 321.967 osobnih automobila, a taj se broj postupno povećavao svake godine. Do 2022. godine broj registriranih osobnih automobila porastao je na 364.924, što predstavlja značajan porast u odnosu na prethodne godine. [22] Ovakav porast doprinosi sve većem opterećenju na cestama, posebice u vršnim satima kada se veliki broj ljudi kreće prema svojim radnim mjestima ili obrazovnim ustanovama, kao i kada se vraćaju kući.

Ograničena prometna infrastruktura u Zagrebu nije u stanju učinkovito podnijeti ovaj porast broja automobila, što rezultira većom zagušenošću prometa na glavnim prometnicama i u središtu grada. To dovodi do dužih vremena putovanja i veće razine stresa za vozače, a istovremeno povećava i emisije štetnih plinova zbog sporijeg kretanja vozila. Rast broja osobnih automobila također dovodi do veće potražnje za parkirnim mjestima, što može izazvati probleme s pronalaženjem slobodnih mjesta, osobito u središtu grada. Ova situacija dodatno pogoršava zagušenja, jer vozači često kruže u potrazi za parkirnim prostorom. U kombinaciji s postojećim izazovima vezanim uz starije cestovne mreže i ograničene kapacitete, povećani broj automobila otežava protok prometa i dovodi do sve većeg broja prometnih nesreća. Rješavanje ovog problema zahtijeva poboljšanje javnog prijevoza.

Javni prijevoz u Zagrebu, iako postoji, suočava se s brojnim izazovima koji ga čine neadekvatnim za potrebe stanovnika. Tramvaji i autobusi često su preopterećeni, posebno tijekom vršnih sati, što dovodi do pretrpanosti vozila, kašnjenja i nelagode za putnike. Neusklađenost između kapaciteta javnog prijevoza i broja putnika uzrokuje dugotrajna čekanja i česta kašnjenja, što smanjuje pouzdanost usluge. Nedostatak integriranih linija i frekventnih vozila također otežava putnicima prelazak između različitih dijelova grada, što rezultira manje učinkovitim javnim prijevozom. Problemi poput nedostatka modernih tehnologija i zastarjele infrastrukture također pridonose ukupnom smanjenju kvalitete usluga javnog prijevoza. Kao posljedica svih tih problema, mnogi stanovnici Zagreba osjećaju se prisiljenima oslanjati se na osobne automobile kao primarni način prijevoza. Uvođenje podzemne željeznice moglo bi pružiti rješenje ovih problema, pružajući putnicima brži, učinkovitiji i pouzdaniji oblik javnog prijevoza. To bi smanjilo oslanjanje na osobne automobile i omogućilo bolje korištenje postojećih resursa u prometnom sustavu Zagreba.

Uvođenje metro sustava u Zagrebu donijelo bi mnoge prednosti za stanovnike, turiste i promet u gradu. Metro sa svojom brzinom i redovitosti, omogućujući brže putovanje u usporedbi s drugim oblicima javnog prijevoza.

To bi bilo posebno korisno za stanovnike koji svakodnevno putuju na posao ili školu, pružajući im brži pristup odredištima i smanjujući vrijeme putovanja. Implementacija metroa mogla bi značajno smanjiti prometne gužve u Zagrebu, osobito u središtu grada. Metro bi smanjio broj osobnih automobila na cestama jer bi više ljudi prešlo na ovaj brzi, učinkovit i pouzdan oblik javnog prijevoza. Kao rezultat, bolja protočnost prometa olakšala bi svakodnevno kretanje građana, smanjila vrijeme putovanja i povećala kvalitetu života. Uvođenjem metroa, moguće je da bi se neke tramvajske linije mogle i izbaciti, oslobađajući prostor i prorjeđujući gustoću prometa. Tako bi se smanjili kolapsi u gradu jer bi dio prometa bio premješten ispod razine zemlje, gdje bi putovanje metroem bilo znatno brže i pružalo sve prednosti koje metro nudi. Povezanost i dostupnost koju bi metro sustav pružio povećala bi vezu između različitih dijelova grada, omogućujući stanovnicima brzi i jednostavan pristup centru grada i drugim ključnim lokacijama. Metro bi također olakšao putovanje turistima, potičući turizam i ekonomski razvoj u područjima koja su integrirana u mrežu metroa. S ekološkog aspekta, metro je ekološki prihvatljiviji oblik prijevoza u usporedbi s vozilima koja koriste fosilna goriva. Budući da metro sustavi koriste električnu energiju, ne proizvode izravne emisije štetnih plinova. To bi pomoglo smanjenju emisija stakleničkih plinova i poboljšanju kvalitete zraka, što bi imalo pozitivan utjecaj na okoliš i zdravlje stanovnika. Uvođenjem metroa smanjila bi se i ovisnost građana o osobnim automobilima. Dobro povezana mreža i česti polasci omogućili bi putnicima lakšu i učinkovitiju alternativu osobnom prijevozu. To bi smanjilo gužve na cestama, potražnju za parkirnim mjestima i pritisak na cestovnu infrastrukturu, što bi dugoročno pridonijelo održivosti grada.

Sve navedene prednosti ukazuju na to da bi metro sustav predstavljao ključan doprinos rješavanju mnogih izazova s kojima se Zagreb suočava u prometu. Implementacijom metroa, grad bi dobio učinkovit, održiv i ekološki prihvatljiv oblik javnog prijevoza, čime bi poboljšao kvalitetu života stanovnika i pridonio sveukupnom razvoju grada.

Iako ne možemo sa sigurnošću tvrditi da bi implementacija metroa u Zagrebu imala iste rezultate kao što je to u sličnim europskim gradovima, no postoji potencijal da metro sustav značajno smanjuje gužve i olakšava promet osobnim automobilima. Uvođenjem metroa mogao bi se ubrzati i optimizirati ostatak javnog prijevoza, stvarajući brže, učinkovitije i održivije prometne mreže u gradu.

11. Zaključak

S obzirom na demografske projekcije koje predviđaju da će više od 60% svjetskog stanovništva do 2030. godine živjeti u urbanim sredinama, postaje jasno da trenutni modeli urbanog života postaju neodrživi. Gradovi se suočavaju s izazovima poput prekomjerne uporabe osobnih vozila, što rezultira manjkom prostora, zagađenjem zraka, bukom i prometnim gužvama. Stoga je ključno razviti održive i učinkovite prometne sustave kako bi se zadovoljile rastuće potrebe za mobilnošću u urbanim područjima.

Grad Zagreb, kao i mnogi drugi gradovi diljem svijeta, suočava se s problemima vezanim uz prometnu infrastrukturu i javni prijevoz. Trenutni sustavi javnog prijevoza, uključujući tramvajski i autobusni prijevoz te gradsko-prigradsku željeznicu, suočavaju se s brojnim izazovima i ograničenjima. Nedostatak tramvajskih pruga na ključnim područjima grada, kao i neadekvatna željeznička mreža koja se koristi isključivo za teretni promet u južnom dijelu grada, dodatno otežavaju situaciju. Podaci Eurostata iz 2021. godine ukazuju na visoki stupanj motorizacije među stanovnicima Zagreba, što je posljedica nedovoljno razvijenog javnog prijevoza i manjka upotrebe alternativnih oblika prijevoza poput bicikala. Prema Eurostatu, stupanj motorizacije u Zagrebu je značajno viši u usporedbi s nekim europskim gradovima, ali niži od drugih.

U 2022. godini u Zagrebu je registrirano ukupno 442.049 motornih vozila, što predstavlja porast od 3,4% u odnosu na 2021. godinu. Od ukupnog broja registriranih motornih vozila, osobni automobili čine 82,6% (364.924 vozila). Nedovoljno razvijen javni prijevoz u Hrvatskoj rezultirao je prekomjernom upotrebom automobila, što dodatno pogoršava prometne gužve i smanjuje učinkovitost postojećih prometnih sustava. Također, tramvajska pruga nedostaje na većem dijelu područja sjeverno od Horvaćanske ceste, zapadno od Savske ceste, južno od Avenije Dubrovnik i u dijelu istočnog dijela grada. Ova situacija rezultira povećanjem upotrebe osobnih automobila i gužvama na prometnicama, što dalje dovodi do smanjenja broja korisnika tramvaja i komercijalne brzine tramvajskih vozila.

Primjeri iz europskih gradova poput Londona, Beča i Berlina pokazuju da podzemne željeznice mogu igrati ključnu ulogu u rješavanju prometnih problema. Beč, primjerice, ima manji stupanj motorizacije od Zagreba jer, za razliku od glavnog grada Hrvatske, ima znatno bolji javni gradski prijevoz koji uključuje podzemnu željeznicu. Uvođenje metro sustava u Zagreb moglo bi pružiti trajno rješenje ovih problema. Metro sustavi omogućuju brže, pouzdanije i ugodnije putovanje, smanjujući prometne gužve na površinskim cestama i pružajući bolju povezanost između različitih dijelova grada.

Povijesna analiza ideja o uvođenju podzemne željeznice u Zagrebu pokazuje da su postojali različiti planovi i studije koje nisu realizirane. Razlozi za njihov neuspjeh uključuju visoke troškove izgradnje i potrebu za složenom infrastrukturom. Ipak, prednosti metro sustava, kao što su smanjenje prometnih gužvi i zagađenja, nadmašuju ove izazove. Osim smanjenja prometnih gužvi, uvođenje metroa moglo bi smanjiti oslanjanje na osobne automobile, što bi dovelo do bolje iskoristivosti postojećih resursa u prometnom sustavu Zagreba. Uvođenjem metroa moguće je da bi se neke tramvajske linije mogle i izbaciti, oslobađajući prostor i smanjujući gustoću prometa. Tako bi se smanjili kolapsi u gradu jer bi dio prometa bio premješten ispod razine zemlje, gdje bi putovanje metroem bilo znatno brže i pružalo sve prednosti koje metro nudi. Povezanost i dostupnost koju bi metro sustav pružio povećala bi vezu između različitih dijelova grada, omogućujući stanovnicima brzi i jednostavan pristup centru grada i drugim ključnim lokacijama. Integracija različitih oblika javnog prijevoza i proširenje željezničke mreže ključni su elementi za stvaranje učinkovitijeg i održivijeg sustava javnog prijevoza u Zagrebu.

Iako ne možemo sa sigurnošću tvrditi da bi implementacija metroa u Zagrebu imala iste rezultate kao u drugim europskim gradovima, potencijal metro sustava za značajno smanjenje gužvi i olakšanje prometa osobnim automobilima ne može se zanemariti. Osim toga, uvođenjem metroa moglo bi se ubrzati i optimizirati ostatak javnog prijevoza, stvarajući brže, učinkovitije i održivije prometne mreže u gradu.

U konačnici, ključna uloga prometne infrastrukture za održivi razvoj urbanih sredina ne može se precijeniti. Grad Zagreb treba pristupiti prometnom planiranju s integriranim pristupom koji uzima u obzir sve aspekte mobilnosti i potrebe svojih stanovnika. Podzemna željeznica predstavlja jedno od perspektivnih rješenja koje može značajno doprinijeti poboljšanju kvalitete života u gradu, omogućujući održivi razvoj i bolje prometne uvjete za sve njegove građane.

Implementacija metro sustava zahtijeva ozbiljna ulaganja i detaljno planiranje, no dugoročne koristi, uključujući smanjenje prometnih gužvi, zagađenja zraka i poboljšanje kvalitete javnog prijevoza, čine ga vrijednom investicijom za budućnost Zagreba. Uspješna realizacija ovog projekta mogla bi postaviti temelje za budući razvoj grada i poboljšanje urbanog života za generacije koje dolaze. S obzirom na sve ove aspekte, može se zaključiti da je uvođenje metro sustava u Zagrebu ne samo poželjno, već i nužno za osiguravanje održivog razvoja grada te poboljšanje mobilnosti i kvalitete života njegovih stanovnika.

HELEON
ALTSERAINO

Sveučilište
Sjever



SVEUČILIŠTE
SIEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, TIVA ČIČKO (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica ~~završnog~~/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ~~PLINJIVU IZJAVU U VEZI SA IZJAVOM: PERSPEKTIVA ŽALJE ZA I~~ PLINJIVU IZJAVU U VEZI SA IZJAVOM: PERSPEKTIVA ŽALJE ZA I (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Tina Čičko
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, TIVA ČIČKO (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom ~~završnog~~/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ~~PLINJIVU IZJAVU U VEZI SA IZJAVOM: PERSPEKTIVA ŽALJE ZA I~~ PLINJIVU IZJAVU U VEZI SA IZJAVOM: PERSPEKTIVA ŽALJE ZA I (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Tina Čičko
(vlastoručni potpis)

12. Literatura

Završni i diplomski radovi:

[3] Z. Plivelić: Mogućnosti poboljšanja prometnog sustava grada Zagreba, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti , Zagreb, 2017.

[7] L. Blažević: Prijedlozi rješenja za tramvajski prometni sustav Grada Zagreba, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

[10] M. Uravić: Analiza prometno-prostornog planiranja u Gradu Zagrebu, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti , Zagreb, 2017.

[12] D. Hanžek: Analiza pokazatelja javnog gradskog prijevoza u Zagrebu, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti , Zagreb, 2015.

[13] S. Kamenščak: Analiza kvalitete usluge u željezničkom gradsko-prigradskom putničkom prijevozu, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.

[14] B. Jurčić: Usporedba javnog prijevoza u Varaždinskoj županiji te Zagrebu i Zagrebačkoj županiji, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Pravni fakultet, Zagreb, 2022.

[15] D. Lesi: Podzemne željeznice u podzemnim sustavima gradova, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti , Zagreb, 2017.

[16] A. Laković: Javni prijevoz putnika, Diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka, 2023.

[17] V. Vuk: Europske podzemne željeznice iz perspektive održivog razvoja, Završni rad, Međimursko veleučilište u Čakovcu, Čakovec, 2023.

Stručni rad:

[5] Razvojna agencija Zagreb za koordinaciju i poticanje regionalnog razvoja: Plan razvoja grada Zagreba za razdoblje 2021.-2027., Zagreb, 2023.

[9] L. Novačko, K. Babojelić, L. Dedić, T. Rožić: Simulation-Based Public Transport Priority, 2021.

Internet izvori:

[1] <https://hrcak.srce.hr/>, dostupno 06.03.2024.

[2] <https://npscp.hr/vijesti/item/1192-prometna-statistika-poginuli-u-eu-u-cestovnom-prometu-infogafrika>, dostupno 07.03.2024.

[4] <https://euractiv.hr/gospodarstvo/a2272/Hrvatska-ima-previsse-automobila-u-odnosu-na-standard-ali-i-los-javni-prijevoz.html>, dostupno 08.03.2024.

[6] <https://www.poslovnifm.com/gia/zagreb/quo-vadis-hr-promet-2027/>, dostupno 11.03.2024.

[8] <https://www.zet.hr/tramvajski-prijevoz/dnevne-linije/249>, dostupno 09.04.2024.

[11] <https://zagreb.hr/en/statisticki-ljetopisi-grada-zagreba-2010-2019/183505>, dostupno 10.04.2024.

[18] <https://www.londontubemap.org/maps/London-tube-map-2024.png>, dostupno 16.04.2024.

[19] <https://mapa-metro.com/mapas/Viena/vienna-metro-map-2023.jpg>, dostupno 16.04.2024.

[20] <https://stadtplanberlin360.de/ubahn-plan-berlin>, dostupno 16.04.2024.

- [21] <https://www.railway-technology.com/>, dostupno 16.04.2024.
- [22] <https://zagreb.hr/en/statisticki-ljetopis-grada-zagreba/1044>, dostupno 17.04. 2024.
- [23] <https://lanovic.webnode.hr/1/kaj-su-jeli-i-planirali-nasi-stari/>, dostupno 18.04.2024.
- [24] <https://lanovic.webnode.hr/1/tri-price-o-zagrebackom-metrou>, dostupno 19.04.2024.
- [25] <https://www.zagreb.hr/podzemno-nadzemna-zeljeznica-program/960>, dostupno 19.04.2024.
- [26] file:///F:/METRO/Prostorno-prometna_studija_cestovno-zeljeznickog_prometnog_sustava_sireg_podrucja_grada_Zagreba.pdf, dostupno 21.04.2024.

13. Popis slika

Slika 1. Broj poginulih u cestovnom prometu u Europskoj uniji, izvor: [2].....	20
Slika 2. Zagrebačka mreža tramvajskih linija, izvor: [8]	29
Slika 3. Brzina tramvaja u razdoblju 2004.-2020., izvor: [9]	30
Slika 4. Pokazatelji autobusnog sustava u razdoblju 2004.-2013., izvor: [12]	34
Slika 5. Prijevoz gradskim autobusom u razdoblju 2018.-2022., izvor: [22]	34
Slika 6. Karta londonske podzemne željeznice, izvor: [18].....	42
Slika 7. Karta bečkog metroa, izvor: [19].....	43
Slika 8. Karta berlinskog metroa, izvor: [20].....	45
Slika 9. Europski gradovi s podzemnom željeznicom, izvor: [21], obrada autora .	49
Slika 10. Broj stanovnika i površina prema Statističkom ljetopisu grada Zagreba, izvor: [22].....	50
Slika 11. Prikaz mreže javnog prijevoza u gradu Zagrebu sa MŽ-om, izvor: [23].	55
Slika 12. Prometna studija grada Zagreba - Mogući plan, izvor: [24]	57
Slika 13. Projekt podzemno-nadzemnog tračničkog sustava, izvor: [25]	60
Slika 14. Lokacije metro linija u tkivu grada prema studiji, izvor:[26]	62

14. Popis tablica

Tablica 1. Broj registriranih osobnih automobila u gradu Zagrebu	77
--	----

15. Popis grafikona

Grafikon 1. Prikaz prijeđenih kilometara gradskog tramvaja, izvor: [11], obrada autora	31
Grafikon 2. Godišnji prikaz broja prevezenih putnika tramvajem, izvor: [11], obrada autora.....	32