

UDK: 004:656.021(497.11)
DOI: 10.5937/LSPUPNXI26231M
Pregledni naučni rad

NOVE TEHNOLOGIJE, STARI IZAZOVI: ANALIZA OPSLUŽENOSTI GRADA BEOGRADA JAVNIM GRADSKIM PREVOZOM

Branko Milošević¹

Apstrakt: Cilj ovog rada jeste da se primenom geografskih informacionih Sistema (GIS), izvrši rekonstrukcija postojeće i sprovede nova prostorna analiza opsluženosti građevinskog područja Beograda javnim gradskim prevozom. Prema planu održive urbane mobilnosti Grada Beograda (POUM), građevinsko područje Beograda je gotovo u potpunosti opsluženo mrežom javnog gradskog prevoza. Međutim, metodologija na osnovu koje je ovaj zaključak izveden nije detaljno predstavljena, što otvara pitanje pouzdanosti prikazanih rezultata. Visok stepen opsluženosti grada javnim gradskim prevozom treba da obezbedi dostupnost postojećim sadržajima i da bude ključan faktor kohezivnog prostornog razvoja urbane sredine. U tom kontekstu, nepotpune ili metodološki neutemeljene procene mogu uticati na neadekvatno formulisanje planskih ciljeva i odluka, što posledično doprinosi produbljivanju jaza u dostupnosti javnim uslugama duž relacije centar-periferija. Metodologija rada se zasniva na primeni GIS alata u svrhu što vernije rekonstrukcije analize sprovedene u okviru POUM-a, kao i izrade nove, alternativne analize opsluženosti. Radi obezbeđivanja kontinuiteta i upredivosti rezultata, obe analize su zasnovane na kriterijumima predefinisanim u POUM-u. Rezultati rekreirane i nove analize biće uporedno predstavljeni i evaluirani, s ciljem sagledavanja metodoloških razlika i njihovog uticaja na prikaz stepena dostupnosti. Ovaj rad nastoji da pruži uvid u mogućnosti primene geografskih informacionih sistema u prostornoj analizi i izradi planskih dokumenata. Precizno mapiranje i analiza nedostataka komponenti kohezivnog prostornog razvoja je od suštinskog značaja.

Ključne reči: javni gradski prevoz, opsluženost, GIS, održiva urbana mobilnost, prostorno planiranje

NEW TECHNOLOGIES, SAME OLD CHALLENGES: CITY OF BELGRADE PUBLIC TRANSPORT COVERAGE ANALYSIS

Abstract: This paper aims to use Geographic Information Systems (GIS) to reconstruct the existing and conduct a new alternative spatial analysis of the coverage of Belgrade's built-up area by public transport. According to the Sustainable Urban Mobility Plan of the City of Belgrade (SUMP), the built-up area of Belgrade is almost entirely covered by the public transport network. However, the methodology on which this conclusion is based is not presented in detail, which raises questions about the reliability of the reported results. A high level of public transport coverage should ensure access to existing facilities and represent a key factor in the cohesive spatial development of the city. In that context, incomplete or

¹ Institut za filozofiju i društvenu teoriju, Kraljice Natalije 45, institut@ifdt.bg.ac.rs,
ORCID 0009-0000-7910-6315

methodologically unfounded assessments may lead to inadequately formulated planning goals and decisions, which in turn contribute to deepening the gap in access to public services along the center-periphery axis. The methodology of the paper is based on the application of GIS in an effort to reconstruct the original analysis conducted within the SUMP, as well as to develop a new, alternative coverage analysis. In order to ensure continuity and comparability of results, both analyses are based on the same criteria predefined in the SUMP. The results of the reconstructed and the new analysis will be presented and evaluated comparatively, with the aim of identifying methodological differences and their impact on the representation of accessibility levels. This paper seeks to provide insight into the possibilities of applying Geographic Information Systems in spatial analysis and spatial and urban planning processes. Precise mapping and analysis of deficiencies in the components of cohesive spatial development are of crucial importance.

Key words: public transport, coverage, GIS, sustainable urban mobility, spatial planning

UVOD

Razumevanje sistema javnog prevoza je ključno u definisanju njegove uloge u oblikovanju urbanog prostora. Kvalitetnom analizom performansi javnog gradskog prevoza, planeri raspolažu podacima koji im pomažu da donesu informisane odluke o njegovom unapređenju, tako zadovoljavajući potrebe stanovnika (Zhang et al., 2023). Cilj ovog rada jeste da se primenom geografskih informacionih sistema (GIS), izvrši rekonstrukcija postojeće i sprovede nova prostorna analiza opsluženosti građevinskog područja Beograda javnim gradskim prevozom. Prostorna opsluženost sadržajima, kao komponenta šireg pojma pristupačnosti u prostoru, omogućuje olakšano kretanje i pristup određenom području ili lokaciji i dobrima (Mavoa et al., 2012). Opsluženost prostora javnim gradskim prevozom predstavlja ključni faktor funkcionalne integracije i daljeg razvoja pojedinih delova grada (Урбанистички завод Београда, 2022). Prema tvrdnjama izrađivača Plana održive urbane mobilnosti Beograda (POUM), građevinsko područje Beograda je gotovo u potpunosti opsluženo mrežom javnog gradskog prevoza (Центар за планирање урбаног развоја [CEP], 2020). Metodološka razrada koja je dovela do ovog zaključka nije detaljno objašnjena. POUM je, prema smernicama Evropske komisije, strateški dokument zasnovan na postojećim praksama planiranja, koji ima za cilj da zadovolji potrebe kretanja stanovnika u njihovoj okolini (Rupprecht et al., 2019). Time, postoji potreba da se navedena tvrdnja proverí. To će se postići kroz novu analizu opsluženosti teritorije Grada Beograda sistemom javnog gradskog prevoza. GIS kao alat prostorne analize podržava obradu velike količine podataka o saobraćaju i na osnovu pouzdanih geografskih informacija, može pomoći u donošenju efikasnih planskih odluka (Miller&Shaw, 2001). Međutim, reprezentativnost rezultata GIS analize takođe zavisi i od načina na koji se geografske informacije koriste. Pogrešni ili nedovoljno precizni rezultati mogu imati velike posledice na dalje korake u izradi planskih ciljeva i politika održive urbane mobilnosti u prostornom planiranju.

METODOLOŠKI OKVIR ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju će detaljnije biti objašnjena metodologija kao i granice područja analize. Metodologija ovog rada se zasniva na rekonstrukciji postojeće i izradi nove prostorne analize opsluženosti Beograda javnim gradskim prevozom primenom geografskih informacionih sistema (GIS). Da bi se ovo postiglo, najpre je neophodno definisati područje analize i njegove osnovne geografske i socio-ekonomske karakteristike. Zatim je potrebno ispitati i dodatno objasniti alate koji će biti primenjeni za potrebe prostorne analize. Na kraju, biće objašnjene metode koje će se koristiti za objedinjavanje podataka u bazu za njihovu dalju analizu.

Područje prostorne analize u ovom radu je predefinisano teritorijom koju autori POUM-a navode kao referentnu površinu za određivanje opsluženosti Beograda sistemom JGP-a. Iako se u POUM-u koristi termin *građevinska površina*, on se najverovatnije odnosi na površinu **PGR-a građevinskog područja**. Površina građevinskog područja Beograda iznosi 57.000 ha, što je 74% procenta ukupne površine GUP-a (77.000 ha) (Урбанистички завод Београда, 2016). Prema tome, broj stanovnika u granicama građevinskog područja grada iznosi 1.537.143 stanovnika (Републички завод за статистику, 2022).

Za potrebe GIS prostorne analize biće formirana geoprostorna baza podataka. Baza će služiti za skladištenje svih relevantnih prostornih informacija koje će se koristiti za potrebe GIS analize. Podaci koji su u bazi sadržani u .SHP formatu biće korišćeni i analizirani kroz GIS softver – QGIS. O prednostima QGIS-a, govore Mojroud i Portet (2018, str. 1): „Danas je QGIS softverski paket za obradu geografskih informacija koji je popularan kod mnogih korisnika. Prijateljski je i ergonomski orijentisan, vrši prikupljanje, skladištenje, obradu, analizu, upravljanje i prikaz svih vrsta prostornih i geografskih podataka slično softveru sa najskupljim cenama.“. Izvor podataka koji su u grafičkom i kvantitativnom obliku predstavljeni u POUM-u i biće ključni za rekonstrukciju stare i određivanje metode i kriterijuma nove analize. Ukoliko podaci nisu dostupni ili nisu predstavljeni sa dovoljnom jasnoćom i preciznošću, biće korišćeni sekundarni izvori.

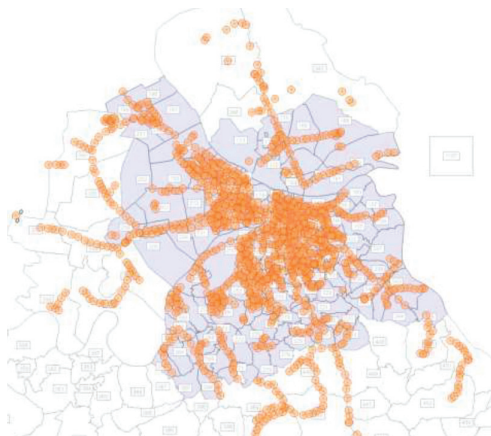
U ovom radu će za svaku od etapa prostorne analize (rekonstrukcija, nova analiza i uporedna analiza) biti detaljno definisan metod. Za rekonstrukciju biće korišćen metod analize dokumentacije. Ovaj metod omogućuje da se na osnovu postojećih informacija, donese zadovoljavajući zaključak o metodologiji razvijenoj za potrebe originalne analize. Najznačajnije informacije za rekonstrukciju su granica građevinskog područja, lokacija stajališta javnog gradskog prevoza i područje uticaja (opsluženosti)² koje se formira na osnovu predefinisanih kriterijuma iz POUM-a. Metod korišćen u novoj analizi je metod mrežne analize. Komber (Comber et al., 2008, str. 105), objašnjava razlog izbora ovog metoda za novu analizu: „Ova tehnika prostorne analize koristi podatke o mreži (obično linijske oblike, kao što su putevi, staze) da bi se izračunale udaljenosti između tačaka ili čvorova na mreži.“. Za mrežnu analizu, sem područja analize, potrebno je definisati parametre o lokaciji stajališta i pešačkoj distanci, kao i obezbediti podatke o putnoj mreži. Kako iz originalnog dokumenta nije moguće sa jasnoćom odrediti broj i lokaciju stajališta, iskorišćen je set podataka koji sadrži sve informacije o linijama JGP-a u Beogradu u GTFS (*General Transit Feed Specification*) formatu (Портал отворених података, 2025). Podaci se tabelarno unose u GIS, a na osnovu vrednosti geografske širine i dužine, komandom *Delimited text layer*, kreira se vektorski sloj sa 3.010 tačaka koje predstavljaju stajališta. Podaci o putnoj mreži dobijeni su putem QGIS ekstenzije - *QuickOSM*. *QuickOSM* nudi mogućnost kreiranja upita na osnovu kojih se podaci povlače sa najobimnijih baze i izvora otvorenih geografskih podataka - OpenStreetMap platforme (Fu, 2025). Mrežna analiza je realizovana kroz QGIS ekstenziju - *QNEAT3*, koja je idealna za servisne oblasti i poligone opsluženosti (Raffler, 2018). Pošto se analizira i poredi površina opsluženosti, korišćen je algoritam *Iso-Area as Polygons (From Layer)*. Za vektorski mrežni sloj (*Vector layer representing network*) bira se putna mreža grada. Za početne čvorove (*Start Points*) biraju se stajališta, a za distancu, vrednost od 400 metara. Algoritam započinje da pretražuje čvorišta koja se nalaze unutar određenog troška (distanca od 400 m). Svi čvorovi koji su pronađeni unutar definisanog troška zajedno čine izohronu, tj. skup tačaka koje se mogu dosegnuti iz početnih tačaka (stajališta) unutar tog troška (Raffler, 2018). Rezultat nove analize je površina omeđena izolinijom na udaljenosti od 400 metara hoda do najbližeg stajališta - **područje uticaja**. Na kraju će biti izvršena komparativna analiza rezultata. Ovaj deo metodologije čini proračun udela područja uticaja u ukupnoj površini građevinskog područja Beograda. Procentualni udeo dalje možemo uporediti sa vrednošću iz originalne analize.

² U POUM-u se za područje opsluženosti koristi fraza *područje uticaja* linija JGP-a (CEP, 2020, str. 103).

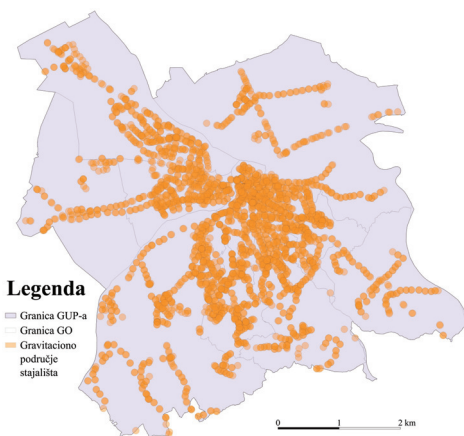
Podaci o granici građevinskog područja su preuzeti iz GUP Beograd 2021. Nakon uspešno izvršenog unosa granice građevinskog područja u QGIS, raster se vektorizuje crtanjem poligona. Proračun površine područja uticaja prema staroj i novoj metodologiji će biti izvršen pomoću QGIS opcije – *Field Calculator*. Nakon dobijanja vrednosti površina starog i novog područja uticaja, kao i građevinskog područja, biće izvršen proračun procentualnog udela područja uticaja (PU) u građevinskom području (GP) grada. Tačnost³ kao osnovni kriterijum vrednovanja će biti proverena poređenjem dobijenog procentualnog udela sa tvrdnjom da je opsluženost linijama JGP-a površina praktično jednaka 100%. (CEP, 2020). Rezultati će biti prikazani tabelarno.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju su prikazani rezultati analiza kao i uporedni pregled istih. Na osnovu pregleda informacija iz POUM-a može se doneti zaključak da je za potrebe definisanja gravitacionog područja stajališta i područja uticaja linija javnog gradskog prevoza korišćen metod bafer (Slika 1). Bafer zona, tj. gravitaciono područje stajališta, u ovom slučaju, predstavlja kružnu površinu oko stajališta JGP-a, definisano zadatim radijusom, gde se udaljenost meri pravolinijski, odnosno euklidskom distancom (Pais et al., 2025). U tekstu Plana autori navode da radijus gravitacionog područja stajališta iznosi 400 metara (CEP, 2020). Iako nije jasno obrazložen razlog zašto je za gravitaciono područje stajališta izabrana vrednost radijusa od 400 metara, pretpostavka je da su autori ovu vrednost dobili na osnovu preporučene prosečne vrednosti brzine hodanja (4,5 km/h), koja se najčešće koristi u raznim metodama analize pristupačnosti i efikasnosti mreže JGP-a u prostornom i urbanističkom planiranju (Giannoulaki&Christoforou, 2024). Na primer, u PTAL metodi koja se najviše koristi u Ujedinjenom Kraljevstvu za proračun efikasnosti mreže javnog gradskog prevoza, pretpostavljena prosečna brzina hodanja je 4,8 km/h (Transport for London, 2015). Ukoliko bi distancu od 400 metara udaljenosti podelili sa prosečnom brzinom kretanja od 4,8 km/h, vreme hodanja do stajališta bi iznosilo približno 5 minuta. U tom pogledu se obe vrednosti mogu koristiti naizmenično po potrebi (Karta 1).



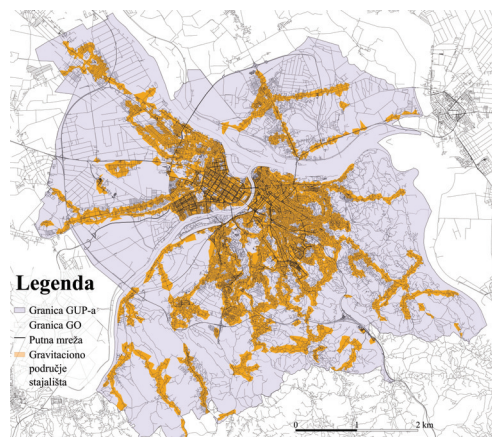
Slika 1. Dostupnost mreže linija JGP-a putnika (CEP, 2020)



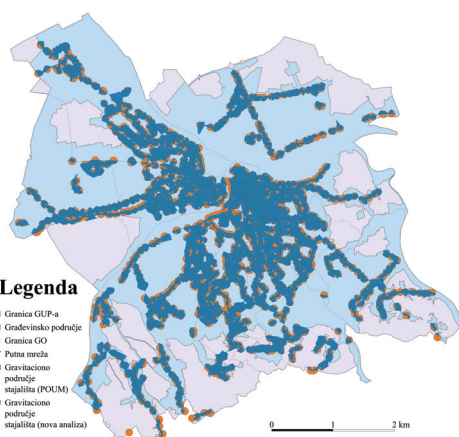
Karta 1. Rekonstrukcija POUM karte

³ „Tačnost rezultata (tačnost) je kvalitativan pojam koji označava nivo bliskosti rezultata merenja i vrednosti merene veličine”(Kostić, 2007, str. 103).

Ipak, čovek se retko može slobodno kretati u urbanoj sredini u bilo kom smeru, već prethodno definisanim rutama ulične mreže (Boeing, 2019). Ova pretpostavka vodi ka uvrščivanju putne mreže kao jednog od kriterijuma za određivanje pešačkog dometa, time i gravitacionog područja stajališta JGP-a. Na osnovu lokacija stajališta - čvorišta koja su pronađena unutar definisane distance od 400 metara, formirana je izolinija. Spojena izolinija od 400 metara oko svakog stajališta definiše granicu poligona koji predstavlja područje uticaja linija JGP-a u Beogradu (Karta 2).



Karta 2. Nova (mrežna) analiza



Karta 3. Uporedni pregled

Nakon izvršenih analiza prema dva metoda (baferi i mrežna analiza), ostvaruju se uslovi za uporedni pregled dobijenih rezultata (Karta 3) i finalnu ocenu tačnosti tvrdnji iz Plana održive urbane mobilnosti. Rezultati su prikazani u Tabeli 1.

Tabela 1. Uporedni pregled i procentualni udeo područja opsluženosti u građevinskom području.

Teritorija	Površina (ha)	Udeo (%)
Građevinsko područje	56.604	100%
Staro područje uticaja	21.395	38%
Novo područje uticaja	19.448	34%

DISKUSIJA

Na osnovu prikazanih vrednosti, može se uočiti razlika u opsluženosti građevinskog područja Beograda mrežom javnog gradskog prevoza, u zavisnosti od primenjene metodologije procene područja uticaja. Ukupno građevinsko područje iznosi 57.000 ha, što predstavlja 100% urbanizovanog prostora analiziranog u ovom kontekstu. Rekonstruisanom POUM analizom područja opsluženog javnim gradskim prevozom, dolazi se do rezultata površine od 21.395 ha. To znači da je samo 38% ukupnog građevinskog područja opsluženo mrežom javnog gradskog prevoza. Nasuprot tome, nova GIS analiza pokazuje nešto nižu vrednost opsluženosti (19.448 ha), odnosno 34% ukupnog prostora. Smanjenje opsluženosti sa 38% na 34% govori da rigorozniji ili detaljniji pristup metoda mrežne analize primenjenog u novoj GIS analizi ukazuje na propuste u POUM analizi. Može se oceniti da su rezultati stare analize

nedovoljno precizni, što za posledicu ima da se, određeni delovi grada, svrstavaju u područje uticaja, iako je u realnosti situacija suprotna. Nezavisno od odstupanja u rezultatima stare i nove analize, činjenica je da je tek trećina građevinskog područja grada opslužena javnim gradskim prevozom. Kada se ti rezultati uporede sa tvrdnjom da se čitavo građevinsko područje Beograda nalazi u granicama područja uticaja, mora se zaključiti da je ova tvrdnja, netačna.

ZAKLJUČAK

Iako se u POUM-u tvrdi da je čitavo građevinsko područje u potpunosti opsluženo mrežom JGP-a, ponovljene analize ukazuju da ova tvrdnja ne odgovara realnom stanju u gradu. Nova rezultati istraživanja, ukazuju na to da su autori POUM-a, visok stepen opsluženosti, najverovatnije zasnivali na prisutnosti minimum jedne linije JGP-a u svakoj od zona građevinskog područja Beograda. Na osnovu prisutnosti linija i dometa gravitacionog područja od 400 metara pešačke udaljenosti, definisano je područje uticaja. Međutim, primenom metode mrežne analize, dobijeni su rezultati koji realnije prikazuju opsluženost linija JGP-a u svakodnevnoj praksi, a ne samo njegovu formalnu prisutnost. Razlika u opsluženosti koja postoji između formalne i stvarne opsluženosti ukazuje na potrebu da se pažljivije pristupi odabiru metoda i kriterijuma prostorne analize.

U originalnom metodološkom pristupu postoje brojne nelogičnosti koje su uticale na tačnost rezultata i dovele do izveštaja koji ne odražava realno stanje. Pre svega, metodološka odluka da se procenat opsluženosti izračunava u odnosu na celo građevinsko područje je sporna. Ukoliko je cilj POUM analize bio prikaz procentualnog udela opsluženosti izgrađenog dela grada linijama JGP-a, odabir područja analize nije adekvatan. Naime, građevinsko područje grada, kako je definisano u GUP-u Beograda, znatno je veće površine od izgrađenog područja grada. Dosta reprezentativniji uvid u opsluženost grada linijama JGP-a, bio bi dobijen procentualnim udelom područja uticaja u izgrađenom području grada. Drugi problem jeste korišćenje metoda bafera analize. Bafer zone često ignorišu fizička ograničenja koja doprinose donošenju prikladnijih planskih ciljeva, odluka i politika budućeg prostornog razvoja. Razlike u rezultatima originalne i nove analize, ukazuje na važnost metodološkog pristupa, pogotovo kada se primenjuju nove tehnologije u prostornoj analizi. Zastareli ili neadekvatni metodi, mogu dovesti do pogrešne slike realnog stanja, što posledično vodi ka manjku akcije u prostori i zanemarivanju potreba stanovnika grada. Da bi se ovakve greške ubuduće izbegle, potrebna su istraživanja, koja uz savremene metode, koriste i kvalitetne i ažurne baze podataka. Time se, između ostalog, može tačnije prikazati realna opsluženost grada javnim gradskim prevozom, a onda i poboljšati usluga, u cilju bolje prostorne integracije i održive urbane mobilnosti.

LITERATURA

- Baghdadi, N., Mallet, C. & Zribi M., (2018). *QGIS and Generic Tools: Volume 1*. London: John Wiley & Sons.
- Boeing, G. (2019). The Morphology and Circuitry of Walkable and Drivable Street Networks. In: D'Acci, L. (eds) *The Mathematics of Urban Morphology. Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology* (p. 271-291). Basel, Birkhäuser.

- Comber, A., Brunsdon, C. & Green, E. (2008). Using a GIS-based network analysis to determine urban greenspace accessibility for different ethnic and religious groups, *Landscape and Urban Planning*, 86, 103–114. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.01.002>
- Центар за планирање урбаног развоја. (2020). *План одрживе урбане мобилности - Београд*. Dostupno na: <https://bgsaobracaj.rs/uploads/files/%D0%9F%D0%9E%D0%A3%D0%9C/POUM-BGusvojen%20Skupstina%2018-12-2020-za%20sajtcompressed.pdf> (Pristupljeno: 15. januara 2026.)
- Rupprecht, S., Brand, L., Böhler-Baedeker, S. & Brunner, L. M. (2019). *Guidelines for developing and implementing sustainable urban mobility plan: Second edition*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Fu, W. (2025). *OpenStreetMap (OSM)*. Dostupno na: <https://www.carleton.edu/spatial-analysis/data-resources/open-street-map/> (Pristupljeno: 17. januar 2026.)
- Giannoulaki, M., & Christoforou, Z. (2024). Pedestrian Walking Speed Analysis: A Systematic Review. *Sustainability*, 16(11), 4813. <https://doi.org/10.3390/su16114813>
- Mavoa, S., Witten, K., McCreanor, T. & O'Sullivan, D. (2012). GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand. *Journal of Transport Geography*, 2(1), 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.10.001>
- Miller, H. J. & Shaw, S. (2001). *Geographic information systems for transportation: principles and applications (Spatial Information Systems)*. Oxford: Oxford University Press.
- Kostić, G. (2007). *Meteorološki priručnik*. Leskovac: Symmetry.
- Pais, F., Sousa, N., Monteiro, J., Coutinho-Rodrigues, J., & Natividade-Jesus, E. (2025). Walking to Public Transport: Rethinking Catchment Areas Considering Topography and Surrogate Buffers. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(5), 205. <https://doi.org/10.3390/ijgi14050205>
- Портал отворених података. (2025). Градски јавни превоз у Београду (GTFS). Dostupno na: <https://data.gov.rs/sl/datasets/gradski-javni-prevoz-u-beogradu-gtfs/> (Pristupljeno: 1. februara 2026.)
- Raffler, C. (2018). *About QNEAT*. Dostupno na: <https://root676.github.io/> (Pristupljeno: 13. februara 2026.)
- Републички завод за статистику. (2022). *Становништво и домаћинства Града Београда*. Dostupno na: <https://publikacije.stat.gov.rs/G2025/Pdf/G20254002.pdf> (Pristupljeno: 5. februara 2026.)
- Transport for London. (2016). *Annual Report and Statement of Accounts 2015/2016*. Dostupno na: <https://content.tfl.gov.uk/tfl-annual-report-2015-16.pdf> (Pristupljeno: 26. februar 2026.)
- Урбанистички завод Београда. (2016). *Генерални урбанистички план Београда 2021*. Dostupno na: https://www.urbel.com/files/Image/biblioteka_planova/GUP-2021/11-2016.pdf (Pristupljeno: 12. januara 2026.)
- Урбанистички завод Београда. (2022). *Генерални урбанистички план Београда 2041: Елаборат за јавни увид*. Dostupno na: <https://www.urbel.com/srp/javni-uvidi/2977/detaljnije/w/0/rani-javni-uvid-u-generalni-urbanisticki-plan-beograda-2041/> (Pristupljeno: 12. januara 2026.)
- QGIS Project. (2024). *QGIS Desktop 3.28 User Guide*. Dostupno na: <https://docs.qgis.org/3.28/pdf/en/QGIS-3.28-DesktopUserGuide-en.pdf> (Pristupljeno: 10. februara 2026.)
- Zhang, L., Liu, Y., Li, S., Chen, H. & Liu, Y. (2023). Evaluating public transport performance to guide public transport planning: A unified prior method. *Travel Behaviour and Society*, 33, 99-123. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2023.100605>