

VPLIV IZBORA METODE NA IZRAČUN DOSTOPNOSTI POSTAJALIŠČ JAVNEGA POTNIŠKEGA PROMETA

Simon Koblar

Urbanistični inštitut Republike Slovenije

simon.koblar@uir.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4470-4360>

dr. Jernej Tiran, dr. Nika Razpotnik Viskovič, dr. Matej Gabrovec

ZRC SAZU, Geografski inštitut Antona Melika

jerne.j.tiran@zrc-sazu.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9839-720X>

nika.razpotnik@zrc-sazu.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3584-8426>

matej.gabrovec@zrc-sazu.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4018-3070>

DOI: https://doi.org/10.3986/9789610506683_13

UDK: 911.3:656.025.2(497.4)

IZVLEČEK

Vpliv izbora metode na izračun dostopnosti postajališč javnega potniškega prometa

V prispevku primerjamo dostopnost postajališč javnega potniškega prometa, izračunano z metodo zračne razdalje ter z metodo na podlagi prometnega omrežja. Analiza je narejena za poseljene hišne naslove za območje celotne Slovenije z upoštevanjem vseh vrst javnega potniškega prometa. Oddaljenost po omrežju poti smo modelirali s podatki OpenStreetMap, ki so se izkazali za dovolj kakovostne za izdelavo tovrstnih analiz. Izbor metode ima velik vpliv na končne rezultate analize, saj izračun na podlagi zračne oddaljenosti močno preceni dejansko dostopnost postajališč. V prihodnje zato predlagamo uporabo izračuna na podlagi prometnega omrežja.

KLJUČNE BESEDE

prometna geografija, dostopnost, hoja, razdalja, zračna razdalja, razdalja po omrežju, javni potniški promet, OpenStreetMap

ABSTRACT

Influence of method selection on the calculation of public transport stops accessibility

The article compares the accessibility of public transport stops calculated by the Euclidean distance method and the network distance method. The analysis is performed for inhabited house addresses in Slovenia, taking into account all types of public transport. The calculation of network distance was modelled using OpenStreetMap data, which proved to be of sufficient quality to perform such analysis. The choice of method has a significant impact on the final results of the analysis, as the calculation based on Euclidean distance greatly overestimates the actual accessibility of public transport stops. Therefore, we propose the use of a calculation based on network distance.

KEY WORDS

transport geography, accessibility, walking, distance, Euclidean distance, network distance, public transport, OpenStreetMap

1 Uvod

Javni potniški promet (JPP) v primerjavi z osebnimi avtomobili poleg manjših okoljskih vplivov zagotavlja tudi univerzalno dostopnost do različnih ciljev za vse prebivalce, tudi tiste, ki avtomobila iz različnih razlogov ne uporabljajo. Ker se vsako potovanje začne s prihodom na postajališče, je bližina postajališč ena od pomembnejših dejavnikov, ki odloča o uporabi JPP. Oddaljenost postajališč je zaradi enostavnosti tudi pogosto uporabljen kazalnik dostopnosti, nekateri kompleksnejši modeli pa upoštevajo še potovalno hitrost, ceno ter število možnih ciljev, ki jih lahko dosežemo s posameznega postajališča (Malekzadeh in Chung 2020).

V Sloveniji je bilo na področju dostopnosti postajališč JPP izdelanih več raziskav. Te lahko razdelimo na dve skupini glede na to, na kakšen način so merili razdaljo. Raziskave, ki upoštevajo zračno razdaljo (Gabrovec s sodelavci 2019; 2021; Gabrovec in Bole 2006; Gabrovec in Razpotnik Visković 2018) so izdelane za večje regije ali pa za celotno Slovenijo, med tem ko so raziskave, ki upoštevajo razdaljo po omrežju, v večini primerov omejene na modeliranje dostopnosti na manjših območjih (Paliska, Drobne in Fabjan 2004; Kozina 2010; Tiran, Mladenovič in Koblar 2014; 2015; Tiran, Lakner in Drobne 2019). Ključno težavo za izdelavo analiz z upoštevanjem razdalje po omrežju predstavlja razpoložljivost ustreznih prostorskih podatkov. Dobro alternativo uradnim podatkovnim virom ali lastnemu zbiranju podatkov predstavlja sodelovalna platforma OpenStreetMap, kjer prostovoljci vnašajo prostorske podatke, ti pa so nato na voljo kot prosto dostopna podatkovna baza. Popolnost podatkov OpenStreetMap se zelo razlikuje glede na angažiranost prostovoljcev, vendar na svetovni ravni pokriva preko 80 % cestnega omrežja (Barrington-Leigh in Millard-Ball 2017). V Sloveniji je pokritost še boljša, saj baza OpenStreetMap vključuje vse kategorizirane državne ceste (več kot 99 %), pri kategoriziranih občinskih cestah manjka 128 km lokalnih cest (1,1 %) in 1670 km javnih poti (8,9 %). Večje odstopanje je le pri gozdnih in nekategoriziranih cestah (Pajk Koblar 2021).

Ker iz drugih raziskav vemo, da je razdalja po omrežju daljša od zračne (Zhao s sodelavci 2003; Kozina 2010), se poraja vprašanje, za koliko se spremenijo rezultati analize dostopnosti, če namesto zračne uporabimo razdaljo po omrežju poti. Edini kazalnik dostopnosti postajališč JPP, ki je izdelan za celotno Slovenijo za različna časovna obdobja, namreč upošteva zračno razdaljo (Gabrovec in Bole 2006; Gabrovec s sodelavci 2019). Raziskave kažejo, da je dostopnost postajališč pomemben dejavnik uporabe JPP, pripravljenost za hojo do postajališč pa s povečevanjem razdalje ne upada linearno (Tiran, Lakner in Drobne 2019). Preverjanje rezultatov tega kazalnika je še toliko pomembnejše, saj se kazalnik uporablja tudi za vrednotenje regionalnega razvoja (Pečar 2020).

Namen prispevka je analiza razlik med zračno in dejansko razdaljo med postajališči JPP in hišnimi naslovi v Sloveniji. Pri tem smo si zastavili naslednja cilja:

- oceno ustreznosti podatkovne baze OpenStreetMap za merjenje peš dostopnosti do postajališč JPP;
- izračun dostopnosti postajališč JPP na podlagi zračne razdalje in na podlagi prometnega omrežja ter primerjavo rezultatov, pridobljenih z obema metodama.

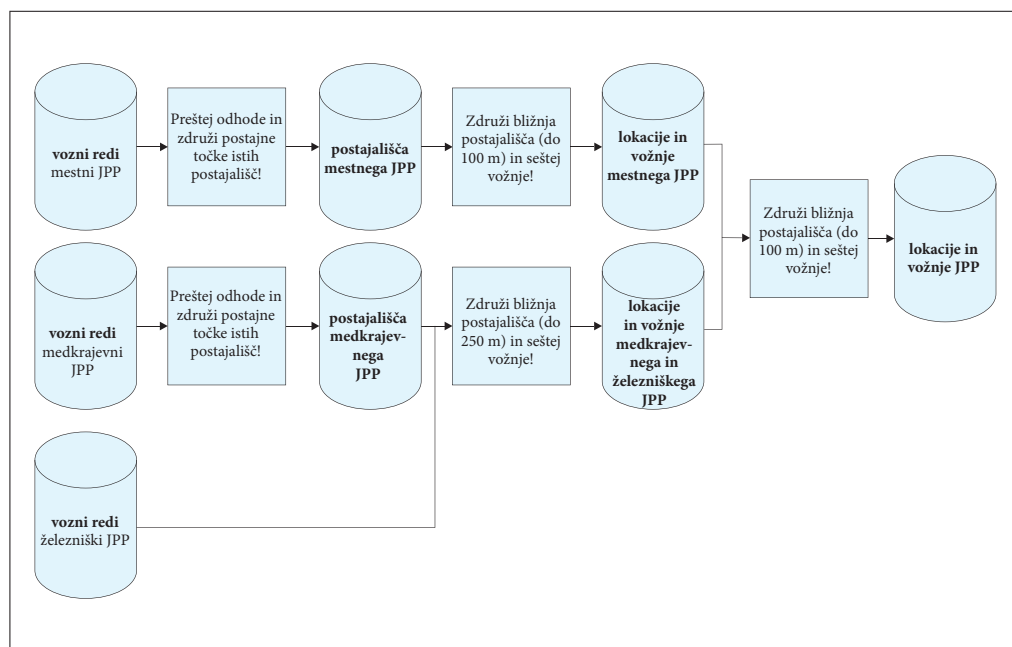
2 Metode dela

V analizi smo uporabili podatke o postajališčih in vozniških redih JPP za leto 2021 ter hišnih naslovih s številom prebivalcev na dan 31. 12. 2020. Lokacije postajališč smo združili iz različnih virov. Podatke o postajališčih in vozniških redih za medkrajevni in železniški promet ter mestni promet v Novem mestu in Murski Soboti smo pridobili na Ministrstvu za infrastrukturo, za ostale mestne promete pa pri prevoznikih. Podatek o številu prebivalcev na hišnih naslovih smo pridobili iz centralnega registra prebivalstva. Kot lokacijo bivališča smo upoštevali običajno prebivališče – v primeru začasnega in stalnega bivališča smo za posamezno osebo upoštevaličasno bivališče (Metodološko pojasnilo ... 2021). Za realnejši podatek o pogostnosti voženj na določenem območju smo bližnja postajališča medkra-

jevnega, mestnega in železniškega prometa združili v eno postajališče, določeno z geometrično središčno vseh združenih postajališč. Za potnika je namreč pomembno skupno število vseh povezav vseh ponudnikov JPP na njegovi lokaciji, ne pa število povezav posameznega ponudnika. V prvem koraku smo združili postajne točke istih postajališč, nato pa medkrajevna in železniška postajališča v oddaljenosti do 250 m ter postajališča mestnega JPP v oddaljenosti do 100 m. V zadnjem koraku smo združili lokacije mestnega JPP s predhodno združenimi lokacijami medkrajevnega in železniškega JPP in sicer v oddaljenosti do 100 m. Uporabljene mejne vrednosti smo določili na podlagi ekspertne ocene. Ob vsaki združitvi smo sešteli voznje vseh postajališč. Postopek združevanja je podrobneje prikazan na sliki 1. Združena postajališča smo po vzoru Gabrovca in Boleta (2006) razdelili v tri razrede glede na skupno število voženj na značilen delovni dan v času šolskega pouka: primerna dostopnost – 46 voženj ali več; zadovoljiva dostopnost – od 16 do 45 voženj ter nezadovoljiva dostopnost – od 1 do 15 voženj.

Z združevanjem postajališč in določanjem novega centroida se seveda nekoliko popači podatek o razdalji med hišnimi naslovi in postajališči. Ker pa je v večini primerov šlo za združevanje postajnih točk istih postajališč, je ta podatek bolj relevanten za preučevanje potovanj v obe smeri, saj odraža povprečno razdaljo, ki jo mora premagati potencialni potnik.

Oddaljenost od bivališč (poseljenih hišnih števil) do postajališč smo računali na dva načina – z računanjem zračne razdalje ter na podlagi dejanskega poteka cest in pešpoti. Zračno razdaljo smo izračunali v programu QGIS z orodjem matrika razdalj (angleško *distance matrix*), kjer smo za vsako hišno številko poiskali najbližjih 20 postajališč. Večje število postajališč je bilo potrebno zato, ker najbližje postajališče nima nujno tudi najboljše frekvence. Za 20 postajališč smo se odločili zato, da smo tudi na območju največje zgoščenosti postajališč JPP lahko zajeli vsa postajališča, ki so v razdalji do 1000 m do hišnih naslovov. Iz pridobljenega seznama razdalj med hišnimi naslovi in postajališči smo nato s programsko opremo PostgreSQL za vsako hišno številko izbrali najbližje postajališče, ločeno za vsak razred pogostnosti voženj (primerna dostopnost – 46 voženj ali več; zadovoljiva dostopnost – od 16 do 45 voženj ter nezadovoljiva dostopnost – od 1 do 15 voženj). V primerjavi z izrisom vplivnega



Slika 1: Postopek združevanja postajališč različnih vrst JPP.

območja, ki se pogosto uporablja za tovrstne analize, smo s to metodo pridobili tudi podatek o dejanski zračni razdalji.

Izračun razdalje do postajališč na podlagi cestnega omrežja smo izvedli s podatki OpenStreetMap z dne 20. 8. 2021, pridobljenimi s spletne strani Geofabrik (medmrežje 1). Izračun razdalje po omrežju poti smo naredili z odprtokodno programsko opremo OpenTripPlanner, različica 1.5 (medmrežje 2). Pri tem smo uporabili skripto (Pereira in Grégoire 2019), ki iz seznama izvorov potovanj (postajališč) za vsak cilj (hišni naslovi) pošlje poizvedbo v OpenTripPlanner, ter zapiše rezultat v preglednico. Pri izračunu razdalje pride sicer do manjše poenostavitve, saj se računanje razdalje začne na prometnem omrežju, ki pa v večini primerov ne sega čisto do hišnih naslovov. Pridobljene razdalje so tako lahko do nekaj deset metrov krajše od dejanskih. Rezultate analize smo analizirali s programsko opremo PostgreSQL.

Pred primerjavo rezultatov analize prometne dostopnosti z različnimi metodami smo še preverili, ali omrežje poti v bazi OpenStreetMap odraža dejansko stanje oziroma so odstopanja dovolj majhna, da na končni izračun nimajo bistvenega vpliva. Zato smo analizirali, do koliko hišnih naslovov ni bilo najdene poti po omrežju poti, do česar pride v primeru, da poti v OpenStreetMap manjkajo, ali pa so prisotne topološke napake v omrežju (nepovezani odseki). Iz števila hiš, do katerih ni bilo najdene povezave, smo ocenili vpliv pomanjkljivosti v omrežju na končne rezultate.

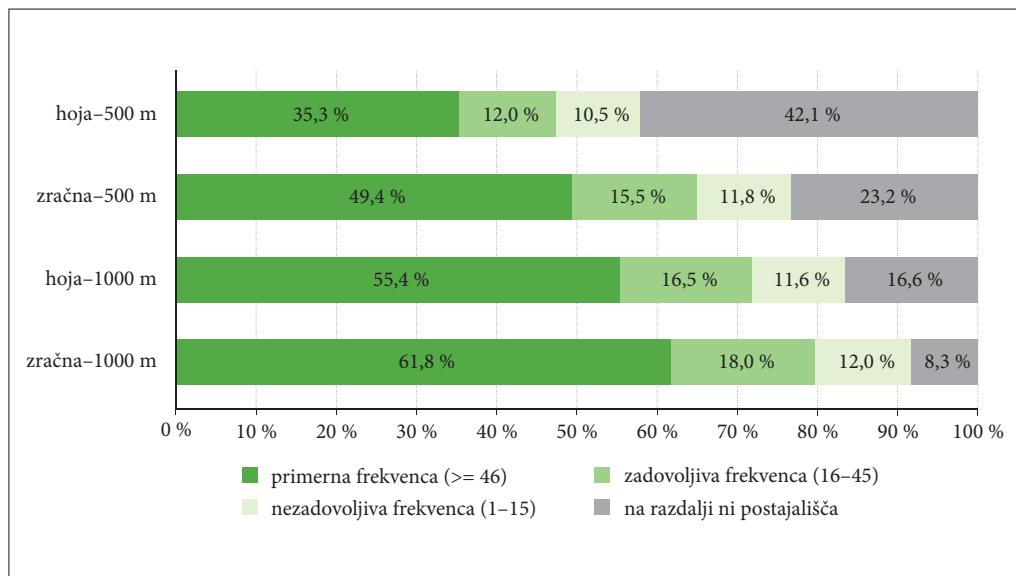
Dobljene rezultate smo primerjali za dva polmera oddaljenosti do postajališč: 500 in 1000 m, ki se pogosto uporabljata za vrednotenje dostopnosti JPP – manjša razdalja ustreza tisti, ki so jo prebivalci pripravljene prehoditi dnevno in se praviloma uporablja za vrednotenje dostopnosti na gosteje poseljenih, urbanih območjih, večja razdalja pa za občasno uporabo, na podežlju ali za dostopnost postajališč hitrejšega tirnega prometa z večjo pogostnostjo voženj (El-Geneidy, Tétreault in Surprenant-Legault 2009; Gabrovec in Razpotnik Visković 2012; Saghapour, Moridpour in Thompson 2016).

Pri izračunu povprečne razdalje do postajališč (preglednica 1) smo glede na razred pogostnosti voženj (trije razredi) poiskali najbližje postajališče po zračni razdalji, nato pa smo za isto relacijo izračunali še razdaljo po omrežju poti. Izračun povprečne razdalje smo naredili za hišne naslove, ki so po zračni razdalji do postajališč oddaljeni do 500 oziroma do 1000 m. Povprečne razdalje smo prikazali z enakovrednim upoštevanjem vseh poseljenih hišnih naslovov ter z obteževanjem s številom prebivalcev na hišnih naslovih.

3 Rezultati in razprava

Analiza kakovosti omrežja OpenStreetMap je pokazala, da napake v njem bistveno ne vplivajo na končni rezultat. Največje napake smo ugotovili pri 1000 m zračni razdalji in postajališčih z vsaj eno dnevno vožnjo – gre za podeželska območja, kjer omrežje OpenStreetMap ni tako dobro izdelano kot drugje. V tem razredu po omrežju pešpoti ni bilo najdene poti za 4964 hišnih števil, kjer prebiva 17.515 prebivalcev oziroma 0,9 % vseh prebivalcev, ki živijo do 1000 m zračne razdalje od postajališč z vsaj eno vožnjo na dan. Pri 500 m razdalji in pogostnostjo voženj 46 ali več je manjkalo le 229 hišnih naslovov, v katerih je prebivalo 0,1 % prebivalcev, ki živijo znotraj 500 m zračne razdalje od teh postajališč. Iz tega sklepamo, da je omrežje OpenStreetMap v Sloveniji ustrezno za izdelavo analiz prometne dostopnosti do postajališč JPP. Druga vrsta napake, ki je sicer nismo sistematično preverili, pa se lahko pojavi zaradi manjkajočih poti, ki bi predstavljale krajšo pot. V tem primeru je izračunana daljša pot. Iz vizualnega pregleda sicer sklepamo, da te napake nimajo bistvenega vpliva na končni izračun, vendar bi bilo za manjša območja preučevanja smiselno omrežje OpenStreetMap pred izdelavo analize preveriti in po potrebi dopolniti.

Na sliki 2 je prikazan delež prebivalstva, ki prebivajo v 500 in 1000 m razdalji od postajališč, glede na pogostnost voženj in način izračuna razdalje. Izbira metode izračuna ima pri 500 m razdalji največji vpliv na območju postajališč s primerno frekvenco – pri zračni razdalji je delež prebivalstva večji



Slika 2: Dostopnost postajališč JPP, prikazana z deležem prebivalcev, ki prebivajo v 500 in 1000 m razdalji do postajališč, glede na pogostnost voženj in način izračuna razdalje.

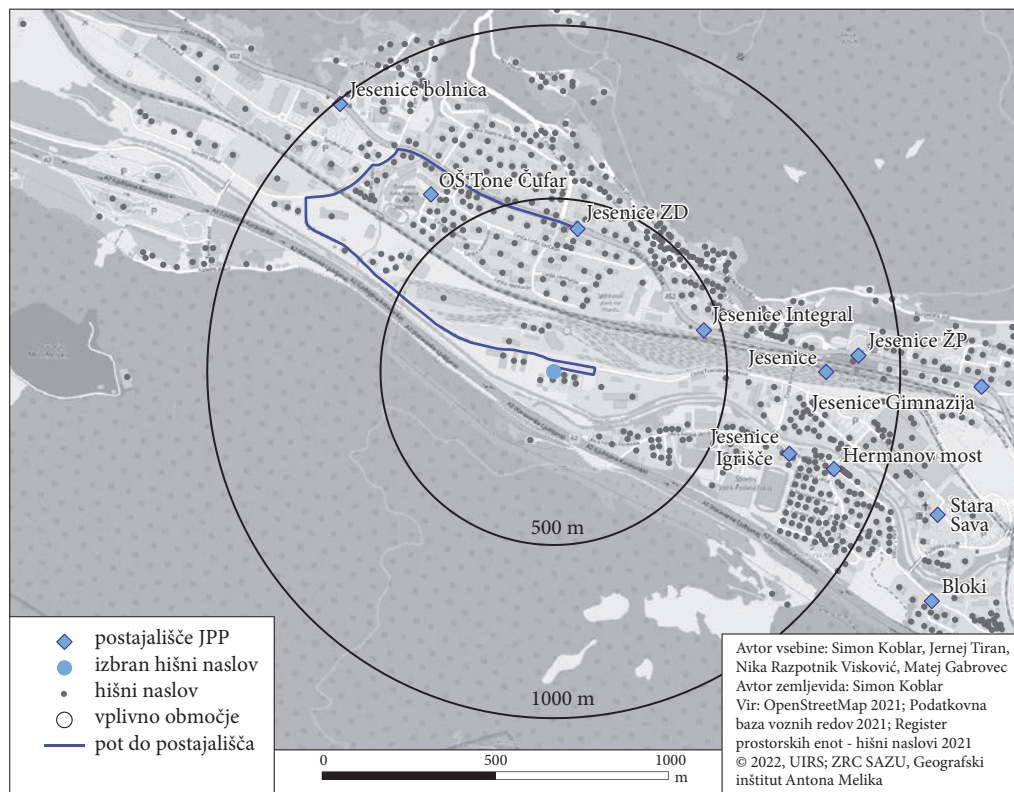
Preglednica 1: Povprečne razdalje do postajališč z uporabo različnih metod.

razred zračne razdalje	število dnevni voženj	povprečna razdalja				omrežje daljše od zračne	omrežje daljše od zračne - obteženo
		zračna	zračna - obteženo	omrežje	omrežje - obteženo		
do 500 m	primerna frekvenca (>= 46)	255	230	418	376	63,9%	63,5%
	vsaj zadovoljiva frekvenca (>= 16)	246	224	403	367	63,8%	63,8%
	vsaj ena vožnja (>= 1)	236	217	385	353	63,1%	62,7%
do 1000 m	primerna frekvenca (>= 46)	387	325	615	514	58,9%	58,2%
	vsaj zadovoljiva frekvenca (>= 16)	366	313	593	504	62,0%	61,0%
	vsaj ena vožnja (>= 1)	338	294	560	480	63,9%	63,5%

za 14,1 odstotno točko. Za 18,9 odstotnih točk pa se zmanjša delež prebivalstva, ki v tej razdalji nima-jo na voljo postajališča z vsaj eno dnevno vožnjo. Pri 1000 m razdalji so razlike manjše, kar lahko pripišemo nižji gostoti poselitve v večji razdalji od postajališč, posledično pa je manjši tudi vpliv na število prebivalcev. Največja razlika je zopet pri dostopnosti do postajališč s primerno frekvenco, kjer ob upoštevanju zračne razdalje zajamemo za 6,4 odstotnih točk več prebivalcev. Delež prebivalstva brez postajališča z vsaj eno vožnjo pa pade za 8,3 odstotnih točk na 8,3 %.

Rezultate na sliki 2 lahko po vzoru Kozine (2010) predstavimo kot deleže prebivalcev, ki po izračunu zračne razdalje prebivajo v 500 ali 1000 m oddaljenosti do postajališč, vendar so po omrežju poti oddaljeni več, kot je zgornja meja razreda. V tej analizi smo upoštevali vsa postajališča, ki imajo vsaj eno dnevno vožnjo – torej postajališč nismo delili glede na pogostnost voženj. Od prebivalcev, ki živijo v 500 m zračni razdalji, jih ima 24,6 % po omrežju poti razdaljo, daljšo od 500 m, Kozina pa je za Ljubljano izračunal 9 % razliko (Kozina 2010). Pri 1000 m razdalji se razlika zmanjša na 9,0 %, kar je posledica nižje gostote poselitve. Na te rezultate vplivajo predvsem prebivalci, ki prebivajo blizu meje razreda – znotraj zračne razdalje, ne pa znotraj razdalje po omrežju poti. Poleg razvejanosti omrežja poti torej na razlike vpliva tudi razporeditev poselitve.

Podatki združeni po razredih nam nič ne povedo o tem, za koliko se dejansko razlikujejo razdalje do postajališč, izmerjene z različnimi metodami. Povprečne razdalje do postajališč z uporabo različnih metod so prikazane v preglednici 1. Povprečna razdalja do postajališč se razlikuje glede na to, katera postajališča upoštevamo glede na frekvenco voženj. Ob upoštevanju postajališč z višjo frekvenco so pov-



Slika 3: Razlike med dostopnostjo postajališč z upoštevanjem zračne razdalje in razdalje po omrežju na primeru Jesenic.

prečne razdalje nekoliko večje, saj v določenih primerih najbližje postajališče nima ustrezne frekvence in je potrebna daljša pot do postajališča z ustrežno frekvenco – če je to še znotraj določene največje razdalje. Z vidika dostopnosti postajališč so bolj relevantni podatki, ki so obteženi s številom prebivalcev. Povprečna obtežena razdalja je krajša, kar je posledica večjega števila večstanovanjskih stavb v bližini postajališč.

Pri hišnih naslovih, ki so do postajališč oddaljeni do 500 m zračne razdalje, je na podlagi omrežja poti povprečna razdalja daljša za 137 do 163 m, pri 1000 m razdalji pa za 186 do 228 m. Torej je dejanska pot do postajališča v povprečju daljša za dve do tri minute. Glede na to, kako hitro upade pripravljenost za hojo do postajališč s povečevanjem razdalje (Tiran, Lakner in Drobne 2019), je razlika med izračunoma pomembna. Po drugi strani pa je povprečna razdalja bistveno krajša od zgornje meje razreda. Pri zračni razdalji do 1000 m in upoštevanju postajališč z vsaj eno vožnjo je povprečna razdalja po omrežju poti, obtežena s številom prebivalcev, le 480 m, kar znaša pet minut hoje.

V posameznih primerih lahko pride do še večjih odstopanj. Ta so večja v primeru naravnih ali grajenih ovir, kot so reke, jezera, železnice, ceste višjih kategorij ter večja območja, čez katera ni mogoč prehod, kot na primer tovarne ali vojašnice. Eden od takih primerov je na Jesenicah na Cesti Franceta Prešerna, kjer stanovanja od postajališč JPP ločuje železniška proga. Zračna razdalja od naslova Cesta Franceta Prešerna 3 do najbližjega postajališča (Jesenice ZD) je 417 m, razdalja po omrežju poti pa 2057 m, kar je več kot 25 minut hoje (slika 3). Pot po omrežju je tako skoraj petkrat daljša od zračne razdalje, obenem pa je takšna dolžina neprimerna že za občasno, kaj šele za vsakodnevno uporabo. Ker gre za najemniška stanovanja Stanovanjskega sklada Republike Slovenije, je dostopnost JPP še toliko pomembnejša za socialno vključenost prebivalcev in bi morala biti upoštevana že v fazi načrtovanja.

Dodatna posebnost tega primera je dejstvo, da postajališče Jesenice ZD, ki je po zračni razdalji najbližje, ob upoštevanju razdalje po omrežju ni najbližje. Blizje so postajališča Jesenice ŽP, Jesenice Bolnica, Jesenice Integral, Hermanov most in Jes. Igrišče, vendar so tudi ta postajališča oddaljena več kot en kilometer.

4 Sklep

Ugotavljamo, da so podatki OpenStreetMap za preučevanje dostopnosti do postajališč JPP ustrezni. Na nekaterih podeželskih območjih je omrežje še vedno pomanjkljivo, vendar na skupen rezultat to nima večjega vpliva. Večjo pozornost bi morali nameniti kakovosti podatkov v primeru, da bi analizo izvajali za manjše območje, kjer bi morebitne napake bistveno bolj vplivale na končne rezultate. Obenem pa bi bilo dopolnjevanje omrežja za manjša območja časovno lažje izvedljivo. Poleg tega bi bilo iz podatkovne baze smiselno izključiti poti, ki niso primerne za prihod na postajališče JPP – neutrjene ali prestrme poti, poti preko zasebnih zemljišč in podobno. Uporabljena metoda izračuna peš dostopnosti s programsko opremo OpenTripPlanner se je izkazala za dovolj hitro in natančno. Pomemben dejavnik je tudi dejstvo, da gre za brezplačno in odprtokodno programsko opremo, kar bistveno razširi krog potencialnih uporabnikov v primerjavi s komercialnimi rešitvami. Na podlagi dobljenih rezultatov ugotavljamo, da uporaba zračne razdalje pomembno preceni dostopnost postajališč, zlasti pri merjenju dostopnosti v manjšem, 500 m polmeru, kjer je večja za 14,1 odstotne točke. Povprečne razdalje do postajališč so med obema metodama daljše med 137 in 228 m oziroma med 58,2 in 63,9 %, kar ustreza dvema do trem minutam hoje.

Slabost merjenja dostopnosti postajališč po omrežju pešpoti pa je dejstvo, da v analizo vnašamo novo spremenljivko, kar otežuje interpretacijo in primerjavo rezultatov iz različnih let. Ob ponovitvi analize se namreč lahko omrežje v podatkovni bazi OpenStreetMap spremeni in s tem vpliva na rezultate. Ob natančnejšem merjenju razdalje do postajališč pa je še toliko pomembnejše, da znamo ustrezno določiti največjo razdaljo, ki so jo potencialni potniki še pripravljeni prehoditi do postajališča JPP. V Ljubljani je, na primer, dokaj majhna (Tiran, Lakner in Drobne 2019), vendar iz nje ne moremo sklepati, kakšna

je pripravljenost za hojo do postajališč v ostalih delih Slovenije, kar bi bilo smiselno podrobneje raziskati. Poleg tega se za dostop do postajališč JPP lahko uporablja tudi druge potovalne načine – kolo, skiro, avtomobil (predpogoj za to so ustrezna parkirišča), kar bistveno poveča območje dostopnosti postajališč.

Razlike v dostopnosti med obema metodama pa niso nujno povsem prenosljive na druge prostorske pojave, kot je na primer dostop do šol, knjižnic in zdravstvenih domov, saj so povprečne razdalje poleg razvejanosti omrežja odvisne tudi od razporejenosti prostorskih pojavov. Pri umeščanju postajališč JPP in poselitve prihaja do določenega usklajevanja, saj je poselitev bolj zgoščena v bližini postajališč. Za druge prostorske pojave bi tako bila potrebna posebna raziskava. Glede na zanesljivost in dostopnost uporabljene metode ter razmeroma velike napake, ki jo naredimo z merjenjem zračne razdalje, menimo, da je smiselno v prihodnjih raziskavah dostopnosti postajališč JPP upoštevati razdaljo po omrežju.

ZAHVALA: Prispevek temelji na raziskovalnem programu Geografija Slovenije (P6-0101), ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in projektu LIFE IP CARE4CLIMATE (LIFE17 IPC/SI/000007), ki je sofinanciran s sredstvi evropskega programa LIFE in sredstvi Sklada za podnebne spremembe.

5 Viri in literatura

- Barrington-Leigh, C., Millard-Ball, A. 2017: The world's user-generated road map is more than 80% complete. PLoS ONE 12. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180698>
- El-Geneidy, A., Tétreault, P., Surprenant-Legault, J., 2009: Pedestrian Access to Transit: Identifying Redundancies and Gaps Using a Variable Service Area Analysis.
- Gabrovec, M., Bole, D. 2006: Dostopnost do avtobusnih postajališč. Geografski vestnik 78.
- Gabrovec, M., Bole, D., Hrvatina, M., Razpotnik Visković, N., Tiran, J. 2021: Smernice za organizacijo javnega potniškega prometa na podeželju: LIFE IP CARE4CLIMATE (LIFE17 IPC/SI/000007). Medmrežje: <https://www.care4climate.si/sl/knjiznica?pidPagerArticles=1> (12. 9. 2021)
- Gabrovec, M., Razpotnik Visković, N. 2012: Ustreznost omrežja javnega potniškega prometa v Ljubljanski urbani regiji z vidika razpršenosti poselitve. Geografski vestnik 84.
- Gabrovec, M., Razpotnik Visković, N. 2018: Dostopnost do javnega potniškega prometa kot pogoj za socialno vključenost dijakov. Geografski vestnik 90-2. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV90206>
- Gabrovec, M., Razpotnik Visković, N., Bole, D., Hrvatina, M., Repolusk, P., Tiran, J., Volk Bahun, M. 2019: Analiza dostopnosti javnega potniškega prometa s prepoznavanjem glavnih vrzeli v njegovi ponudbi. Ljubljana. Medmrežje: https://www.care4climate.si/_files/196/Izrocek-ZRC-SAZU.pdf
- Kozina, J. 2010: Modeliranje prostorske dostopnosti do postajališč javnega potniškega prometa v Ljubljani. Geografski vestnik 82-1.
- Malekzadeh, A., Chung, E., 2020: A review of transit accessibility models: Challenges in developing transit accessibility models. International Journal of Sustainable Transportation 14. DOI: <https://doi.org/10.1080/15568318.2019.1625087>
- Medmrežje 1: <http://download.geofabrik.de/europe/slovenia-latest.osm.pbf>
- Medmrežje 2: <https://www.opentripplanner.org/> (5. 8. 2019).
- Metodološko pojasnilo – prebivalstvo, 2021. Statistični urad Republike Slovenije. Medmrežje: <https://www.stat.si/statweb/File/DocSysFile/7808> (10. 12. 2021).
- OpenStreetMap, spletna karta. Medmrežje: <https://www.openstreetmap.org/copyright> (10. 5. 2022).
- Pajk Koblar, V. 2021: Uporaba podatkovne baze OpenStreetMap za proučevanje dostopnosti. Magistrsko delo, Filozofska fakulteta univerze v Ljubljani. Ljubljana. Medmrežje: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&cid=132334> (1. 2. 2021)

- Paliska, D., Drobne, S., Fabjan, D. 2004: Uporaba GIS-a za proučevanje prostorske dostopnosti v analizi povpraševanja po storitvi JPP. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004, GIS v Sloveniji 7. Ljubljana.
- Pečar, J. 2020: Cilji regionalne politike Slovenije v obdobju 2021-2027. Urad RS za makroekonomske analize in razvoj. Ljubljana. Medmrežje: https://www.umar.gov.si/fileadmin/user_upload/publikacije/dz/2020/DZ3_2020.pdf (28. 5. 2021)
- Pereira, R.H.M., Grégoire, L. 2019: Tutorial with reproducible example to estimate a travel time matrix using OpenTripPlanner and Python. DOI: <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3242134>
- Podatkovna baza vozniških redov. Ministrstvo za infrastrukturo. Ljubljana, 2021.
- Register prostorskih enot - hišni naslovi, 2021. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana, 2021.
- Saghapour, T., Moridpour, S., Thompson, R.G. 2016: Public transport accessibility in metropolitan areas: A new approach incorporating population density. *Journal of Transport Geography* 54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.06.019>
- Tiran, J., Lakner, M., Drobne, S., 2019: Modelling walking accessibility: A case study of Ljubljana, Slovenia. *Moravian Geographical Reports* 27. DOI: <https://doi.org/10.2478/mgr-2019-0015>
- Tiran, J., Mladenovič, L., Koblar, S. 2014: Računanje dostopnosti do javnega potniškega prometa v Ljubljani z metodo PTAL. *Digitalni prostor, GIS v Sloveniji* 12. Ljubljana.
- Tiran, J., Mladenovič, L., Koblar, S. 2015: Dostopnost do javnega potniškega prometa v Ljubljani po metodi PTAL. *Geodetski vestnik* 59-4. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.04.723-735>
- Zhao, F., Chow, L.-F., Li, M.-T., Ubaka, I., Gan, A. 2003: Forecasting transit walk accessibility: regression model alternative to buffer method. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1835-1. DOI: <https://doi.org/10.3141%2F1835-05>