

UDK: 502/504:711.4(497.11)
DOI: 10.5937/LSPUPNXI26355B
Pregledni naučni rad

SMANJENJE ZELENIH POVRŠINA KAO POSLEDICA URBANIZACIJE NA TERITORIJI OPŠTINE ZVEZDARA

Irena Blagajac¹, Ivan Samardžić², Tijana Jakovljević³

Apstrakt: Predmet istraživanja je analiza smanjenja procenta zelenih površina na opštini Zvezdara kao posledica urbanizacije i razvoja infrastrukture. Zadatak istraživanja je identifikacija glavnih uzročnika koji dovode do gubitka zelenih površina, kao što je nekontrolisana i nelegalna gradnja. Zadatak je kvantifikovati promene u prostoru kroz analizu satelitskih snimaka uz upotrebu Geografskih informacionih sistema (GIS) i utvrditi koje su posledice po životnu sredinu i kvalitet života stanovnika. Cilj istraživanja je ukazati na značaj očuvanja postojećih zelenih površina i predložiti mere za održivo upravljanje i očuvanje njihovog prostornog razmeštaja. Metodologija istraživanja bazira se na analizi satelitskih snimaka primenom GIS-a i poređenju podataka iz različitih vremenskih perioda kako bi se utvrdilo smanjenje zelenih površina. Izvor podataka su satelitski snimci, urbanistički planovi i referentna literatura. Uz kabinetsko istraživanje, rezultati su potvrđeni i terenskim obilaskom. Rezultati ukazuju na gubitak zelenih površina što utiče na životnu sredinu i kvalitet života stanovnika.

Ključne reči: Zelene površine, GIS, kvalitet života, opština Zvezdara, održivi grad

REDUCTION OF GREEN AREAS AS A CONSEQUENCE OF URBANIZATION IN THE TERRITORY OF THE MUNICIPALITY OF ZVEZDARA

Abstract: This study analyzes the reduction in the proportion of green areas in the Municipality of Zvezdara as a consequence of urbanization and infrastructure development. The research task is to identify the main drivers of green space loss, such as uncontrolled and illegal construction. Spatial changes are quantified through satellite image analysis using Geographic Information Systems (GIS), with the aim of determining the environmental impacts and implications for residents' quality of life. The objective of the study is to emphasize the importance of preserving existing green areas and to propose measures for sustainable management and conservation of their spatial distribution. The methodology is based on the analysis of satellite imagery through GIS and the comparison of data across different time periods to assess the reduction of green areas. Data sources include satellite images, urban planning documents, and relevant literature. In addition to desk research, findings were validated through field surveys. The results indicate a significant loss of green areas, which adversely affects both the environment and the quality of life of the local population.

Key words: Green areas, GIS, quality of life, Municipality of Zvezdara, sustainable city

¹ Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Studentski trg 3/III, irena.blagajac@gef.bg.ac.rs
ORCID 0009-0001-6173-605X

² Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Studentski trg 3/III, ivan.samardzic@gef.bg.ac.rs
ORCID 0000-0003-1283-8444

³ Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Studentski trg 3/III, tijana.jakovljevic@gef.bg.ac.rs
ORCID 0000-0001-8902-5519

UVOD

Rad prikazuje procese intenzivne urbanizacije poslednjih decenija i širenje stambenih i infrastrukturnih objekata, ali bez adekvatne primene planskih rešenja, komunalne i infrastrukturne opremljenosti. Takav proces uticao je negativno na životnu sredinu gubitkom zelenih površina i intenziviranjem klizišta. Kontinuirana izgradnja i smanjenje zelenih površina pojačava efekat „urbanog ostrva toplote“. Očuvanje zelene infrastrukture, zajedno sa merama adaptacije, ključno je za ublažavanje uticaja klimatskih promena i očuvanje kvaliteta života. Jedan od benefita zelenih površina je mogućnost spontane rekreacije građana kroz aktivnosti poput šetnje, igre i odmora u prirodi, koje ne zahtevaju posebnu infrastrukturu. Ove aktivnosti odvijaju se u okviru javnih zelenih površina i šuma unutar gradskog područja, pri čemu nije potrebna izgradnja objekata ili veća intervencija u prirodi (Generalni urbanistički plan Beograda [GUP], 2016; Macarof i Florian, 2017). Najznačajnija zelena površina je Zvezdarska šuma, gradska šuma sa primarnom rekreativnom namenom i značajnim pozitivnim uticajem na poboljšanje uslova gradske životne sredine. U periodu posle Drugog svetskog rata izvršeno je pošumljavanje brda Zvezdara kako bi se ublažila brzina košave. Skupština grada Beograda je Odlukom o zaštiti 2013. godine proglasila ovaj prostor spomenikom prirode (SP) „Zvezdarska šuma“ na površini 80 ha, dok je ukupna površina Zvezdarske šume 137 ha (Rešenje o proglašenju zaštićenog područja „Zvezdarska šuma“, 2013; Samardžić, 2015). Usvojen je i Plan upravljanja SP „Zvezdarska šuma“ od 2023. do 2032. godine kojim se reguliše zaštita i održivo upravljanje ovim prostorom (Strategija pošumljavanja područja Beograda, 2009).

METODOLOGIJA

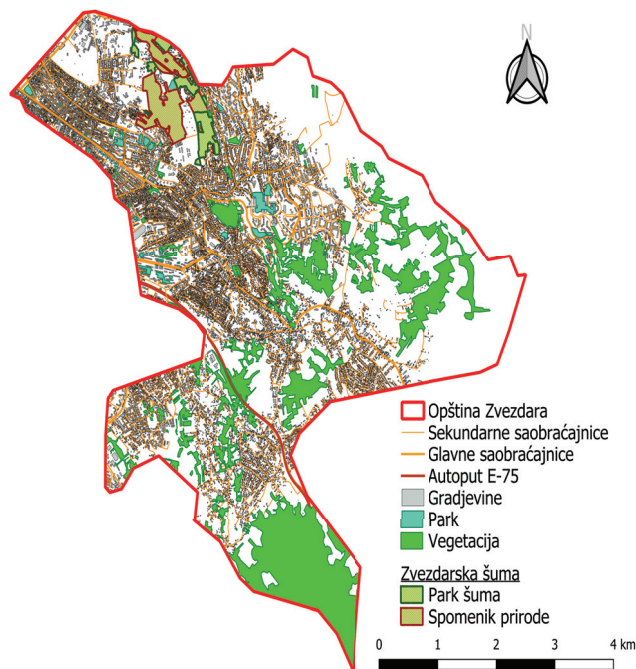
Rad analizira uticaj urbanizacije i promenu strukture zelenih površina upotrebom geografskih informacionih sistema (GIS) u desetogodišnjem vremenskom periodu 2016-2025. godine. U istraživanju su korišćeni satelitski snimci servisa Sentinel-2 (CLMS - Copernicus Land Monitoring Service), odabrana su dva reprezentativna snimka na osnovu kvaliteta, smanjene oblačnosti, prostornog obuhvata i dostupnosti. Snimci su izabrani tako da mogu da budu uporedivi i da njihova analiza može da dokaže promene koje su se desile u odnosu vegetacije i izgrađenih površina. Kako bi snimci bili uporedivi, odabrani su u istom vegetacionom periodu, septembar 2016. i avgust 2025. godine. Za obradu satelitskih snimaka i izračunavanje indeksa korišćen je program QGIS 3.40. Indeks koji je bio osnov za detektovanje promena i kvaliteta vegetacije je Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) i Indeks izračunat za identifikovanje izgrađenih površina je Normalized Difference Built-up Index (NDBI). Kombinacija ova dva indeksa obezbeđuje jasno izdvajanje zelenih površina od izgrađenih površina. Za izračunavanje NDVI koristi se bliski infracrveni (NIR) i crveni deo spektra (RED), a nakon primene formule, dobijene vrednosti su od -1 do 1 (niže vrednosti su površine bez vegetacije, a više su gusta vegetacija). Za izračunavanje NDBI korišćeni su isti satelitski snimci, ali u formulu ulaze infracrveni (NIR) i kratkotalasni infracrveni deo spektra (SWIR). Biljke apsorbuju spektar vidljive svetlosti i reflektuju blisku infracrvenu svetlost, dok betonirana područja (trotoari i krovovi) imaju veću spektralnu refleksiju u kratkotalasnom infracrvenom opsegu u odnosu na bliski infracrveni (Milanović, 2009; He et al., 2010; de la Berrera and Henríquez, 2017; Keerthi Naidu i Chundeli, 2023; Ahmad et al, 2024; Altner i Bingöl, 2025).

Formula: **NDVI**=(NIR-RED)/(NIR+RED)

Formula: **NDBI**=(SWIR- NIR)/(SWIR+NIR)

PROSTOR ISTRAŽIVANJA

Opština Zvezdara, ukupne površine 31,65 km² sastavljena je od katastarskih opština: Zvezdara, Veliki mokri lug, Mali mokri lug i Mirijevo. Dominiraju brdski tereni, a visoke površi su formirane sa kvartarnim nanosom u vidu lesnih i deluvijalnih naslaga. Brdski tereni u neogenim i kvartarnim sedimentima deformisani su klizištima na severnim i jugozapadnim padinama Zvezdare (Strategija pošumljavanja područja Beograda, 2009). Na slici 1 prikazani su izgrađeni objekti, glavne saobraćajnice, dominantna vegetacija, parkovske površine i granica SP „Zvezdarska šuma“ prema Planu upravljanja SP „Zvezdarska šuma“ od 2023. do 2032.



Slika 1: Karta urbanih elemenata

Izvor: Open street map; Plan upravljanja SP „Zvezdarska šuma“ od 2023. do 2032, 2023.

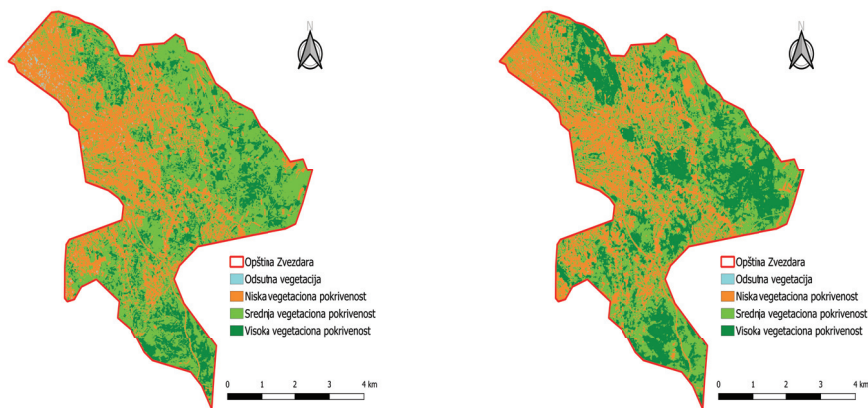
Na teritoriji Opštine podizane su veštačke sastojine belog i američkog jasena, mleča, gorskog javora, jasenolisnog javora, crne topole, divljeg kestena, lipe, crnog oraha, crnog bora, kedra i plantaže bagrema. Na brdskom području Opštine nalazi se prirodno stanište cera, sladuna i kitnjaka. Prema zelenoj regulativi Beograda iz 2004. godine bilo je ukupno 439,12 ha zelenih površina (Strategija pošumljavanja područja Beograda, 2009).

REZULTATI

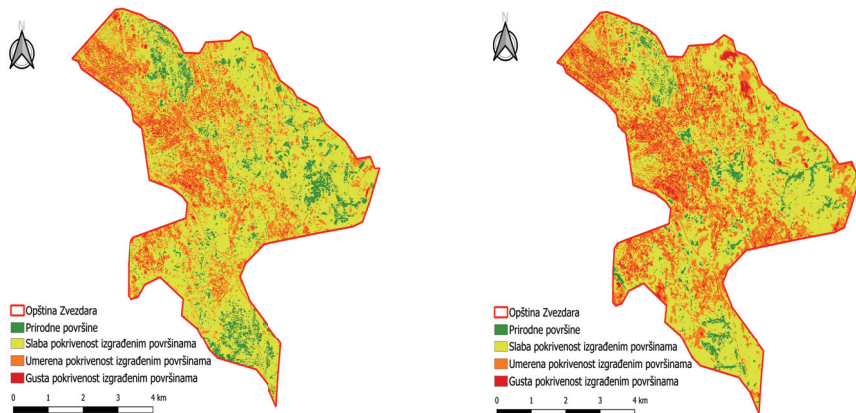
Analizom NDVI indeksa (karta 2 i 3) iz 2016. i 2025. godine zaključuje se da je karakteristična preraspodela namene površina, iako se ukupni procenat visoke vegetacione pokrivenosti povećao. Razlog tome je zapuštanje privremenih poljoprivrednih površina na građevinskom zemljištu koje su obrasle u gustu vegetaciju. To nisu funkcionalne zelene površine koje su javno dostupne i planski sađene i održavane. Te površine su fragmentisane i ranjive i daljim širenjem građevinskih objekata će biti posećene. Rezultati NDVI analize

Smanjenje zelenih površina kao posledica urbanizacije na teritoriji opštine Zvezdara

ukazuju na smanjenje površina sa umerenom vegetacionom pokrivenošću ($-2,63 \text{ km}^2$; $-8,32\%$) i blagi pad površina sa niskom pokrivenošću ($-0,46 \text{ km}^2$; $-1,44\%$), dok je zabeležen porast površina sa visokom vegetacionom pokrivenošću ($+3,25 \text{ km}^2$; $+10,25\%$), što se povezuje sa zarastanjem nekorišćenih privremenih poljoprivrednih površina. NDBI pokazuje značajan porast gusto izgrađenih urbanih površina ($+6,17 \text{ km}^2$; $+19,48\%$) i umereno izgrađenih zona ($+4,03 \text{ km}^2$; $+12,74\%$), uz smanjenje prirodnih površina ($-1,72 \text{ km}^2$; $-5,43\%$) i zona slabe izgrađenosti ($-8,48 \text{ km}^2$; $-26,78\%$). Ovi rezultati potvrđuju intenzivnu urbanizaciju i prelazak dela prirodnih prostora u izgrađene zone. Posledica toga je fragmentacija prirodnih površina što povećava njihovu ranjivost.

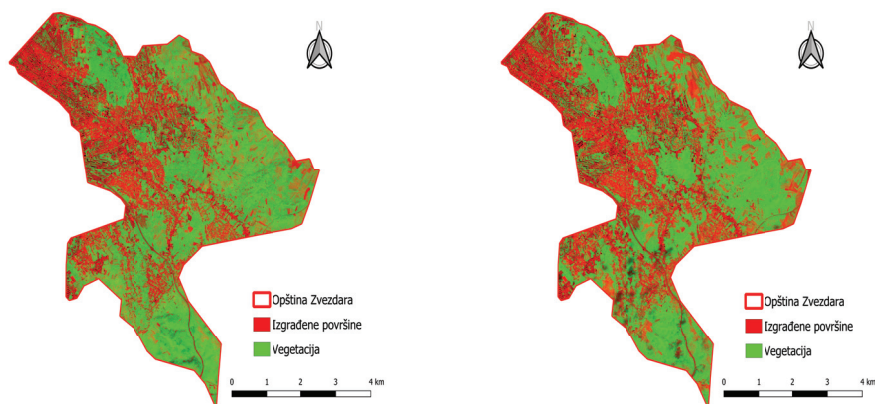


Slika 2 i 3: NDVI karta za 2016. i 2025. godinu



Slika 4 i 5: NDBI karta za 2016. i 2025. godinu

Odnos između urbanog širenja i gustine i rasporeda vegetacije utvrđen je komparativnom analizom NDVI i NDBI (Dangulla et al., 2023). Ukupne zelene površine su se smanjile, a izgrađene povećale što dokazuje proces urbanizacije bez planske sadnje i očuvanja postojećih zelenih površina. Slika 6 i 7 predstavljaju karte uporedne analize vegetacije i izgrađenih površina, gde se vidi širenje izgrađenih površina na račun smanjenja vegetacije. Rezultati izračunatih indeksa su provereni terenskim istraživanjem i dodatnom analizom u programu QGIS.

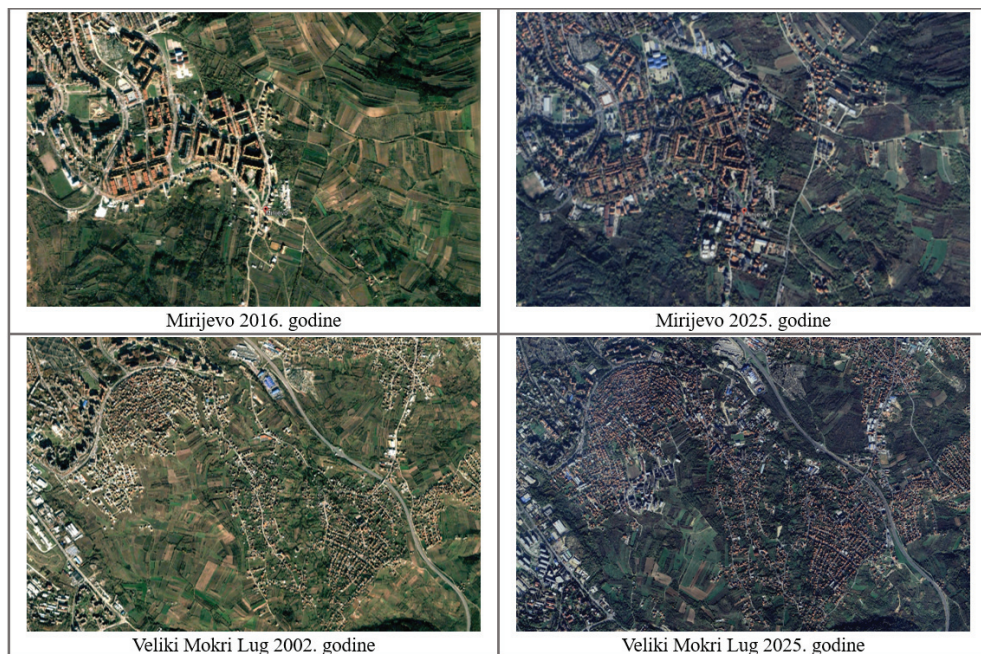


Slika 6 i 7: Karta vegetacije i izgrađenih površina za 2016. i 2025. godinu

DISKUSIJA

U tabeli 1 prikazane su promene u prostornom obuhvatu naselja. Sa leve strane su snimci Mirijevo iz 2016. godine i Velikog mokrog luga iz 2002. godine, a sa desne strane su isti prostori za 2025. godinu. Slike dokazuju proces intenzivne urbanizacije i prostorne transformacije. Objekti se šire neplanski, bez adekvatne saobraćajne, komunalne i zelene infrastrukture. U narednom periodu predviđeno je dalje širenje građevinskih objekata na Opštini.

Tabela 1. Promena prostornog obuhvata naselja



Smanjenje zelenih površina kao posledica urbanizacije na teritoriji opštine Zvezdara

Opština ima kontinuiran rast broja stanovnika što utiče na intenzivnu urbanizaciju. U većini beogradskih opština projekcije pokazuju depopulacione trendove i očekivano smanjenje broja stanovnika do 2052. godine, dok Zvezdara spada među retke opštine koje će beležiti porast (Uporedni pregled broja stanovnika i domaćinstava po popisima 1948-2022.; Strategija zelene infrastrukture grada Beograda, 2024). Na teritoriji GUP-a do 2019. godine bilo je 645.000 stanova, a u periodu od 2003. do 2019. godine izgrađeno je 86.500 novih. Zvezdara je jedna od opština sa izraženijom izgradnjom stanova (Elaborat za rani javni uvid - GUP do 2041. godine). Širenje izgrađenih objekata vrši se bez planske regulacije i poštovanja propisanih normi, izgradnju ne prati adekvatna saobraćajna i komunalna infrastruktura što potvrđuje stanje Mirijevskog i Mokrolušskog potoka koji su kolektori otpadnih voda.

U okviru Strategije zelene infrastrukture grada Beograda (2024) vršeno je merenje temperature, a rezultati istraživanja su pokazali da su maksimalne temperature na Zvezdari procentualno porasle za 0,58% u periodu od 2001. do 2019. godine. Zaključak je da intenzivna izgradnja i redukcija zelenih površina direktno doprinose rastu temperature čime se povećava ranjivost na klimatske promene. Pad vegetacione pokrivenosti smanjuje sposobnost prostora da ublaži posledice toplotnih talasa, poplava i oluja, dok povećana izgrađenost dodatno opterećuje komunalne sisteme. Akcioni plan adaptacije na klimatske promene za administrativnu teritoriju Beograda (2023) prepoznaje da je u Zvezdari problem nedovoljne pokrivenosti kanalizacionom mrežom posebno izražen (skoro četvrtina domaćinstava nije priključena), što povećava rizik po zdravlje stanovništva i stabilnost infrastrukture. Kao naročito ugroženi objekti izdvajaju se zdravstvene ustanove, među kojima je Kliničko-bolnički centar „Zvezdara“, dok se socijalna infrastruktura (škole, predškolske ustanove) procenjuje kao otpornije na ekstremne padavine i poplave. Gubitak zelenih površina pojačava intenzitet klizišnih i erozivnih procesa. Primer su klizišta na Mirijevu (Strategija pošumljavanja područja Beograda, 2009). Prioritetna mera adaptacije i umanjenja posledica urbanizacije je očuvanje zelenih površina.

Očuvanje, zaštita, planiranje i korišćenje šuma sa raspoloživim šumskim zemljištem, uređeno je Zakonom o šumama („Službeni glasnik RS“, br. 30/10 i 93/12). Održivi urbani razvoj se zasniva na povezivanju urbanog tkiva sa prirodnim okruženjem i obnovljivim resursima, uz planiranje zaštite i razvoja postojećih šuma. Na području Opštine, šume čine deo „spoljašnjeg prstena“ sistema zelenih površina Beograda, pa njihovo očuvanje ima poseban značaj u kontekstu održivog razvoja i ublažavanja posledica klimatskih promena. Prioritetni ciljevi razvoja šuma i šumskog zemljišta u okviru GUP-a Beograda usmereni su na očuvanje postojećih resursa, njihovo unapređenje radi poboljšanja korisnih funkcija i podizanje novih zasada zbog formiranja jedinstvenog sistema zelenila. Akcenat je stavljen na razvoj šuma u funkciji rekreacije stanovnika. Na području Zvezdare, planirana rešenja imaju ključnu ulogu u ublažavanju posledica urbanizacije i smanjenja zelenih površina (GUP, 2016). Međutim, iako GUP prepoznaje širenje i očuvanje šuma kao prioritet, analiza pokazuje da je u praksi došlo do umanjenja zelenih površina što dodatno povećava negativan uticaj na životnu sredinu.

Strategija zelene infrastrukture grada Beograda (2024) definiše ciljeve za stvaranje povezane i pristupačne zelene infrastrukture, sa akcentom na podizanju novih šuma. Kao ključna mera predviđena je izrada digitalnog kataloga optimalnih lokacija za pošumljavanje, zasnovanog na postojećoj dokumentaciji i specifičnim uslovima sredine. Cilj je formiranje multifunkcionalnih i stabilnih šumskih ekosistema koji doprinose zaštiti životne sredine, očuvanju biodiverziteta i poboljšanju mikroklimatskih uslova. Strategija je prepoznala širenje i očuvanje zelenih površina na Zvezdari kao prioritet, iako analiza pokazuje da je dosadašnja praksa urbanizacije dovela do fragmentisanja zelenih površina. Uspješnost će se meriti kroz broj izrađenih projekata pošumljavanja i površinu koja se godišnje pošumi.

ZAKLJUČAK

Urbanizacija i neplanska gradnja imaju negativne efekte na vegetaciju što smanjuje otpornost grada na klimatske promene i negativno utiče na kvalitet života. Preduzimanjem mera adekvatnog upravljanja, planiranja i implementacije planova moguće je usmeriti urbani razvoj ka stvaranju otpornog grada sa formiranim sistemom zelene infrastrukture. NDVI i NDBI su korišćeni za vizuelizaciju odnosa između urbanizacije i smanjenja procenta zelenih površina tokom perioda od 10 godina (2016-2025). Rezultati istraživanja ukazuju da je u posmatranom periodu utvrđeno kontinuirano povećanje površina pod objektima. Zastarela i aktuelna planska dokumentacija propisuju mere pošumljavanja, očuvanja i povećanja zelenih površina i definišu plansku gradnju, ali rezultati istraživanja ukazuju na neadekvatnu implementaciju planskih dokumenata.

ZAHVALNICA

Rad je rezultat istraživanja podržanog od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, po Ugovoru o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada broj 451-03-33/2026-03/200091.

LITERATURA

- Ahmad, B.; Najar, M.B. & Ahmad, S. (2024). Analysis of LST, NDVI, and UHI patterns for urban climate using Landsat-9 satellite data in Delhi. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Volume 265, DOI: 10.1016/j.jastp.2024.106359.
- Altiner, F. & Bingöl, F. (2025). Spatio-Temporal Assessment of Land Surface Temperature, Vegetation Cover, and Built-Up Areas Using LST, NDVI, and NDBI in Balıkesir, Türkiye (1985–2025). *Sustainability*, 17 (20), 9245. DOI: 10.3390/su17209245
- Dangulla, M., Abd Manaf, L. & Ramli, M. F. (2023). Determining the response of vegetation to urbanization and land use/land cover changes using NDVI and NDBI differencing techniques. *In: Research Square (preprint version 1)*. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3050037/v1
- de la Barrera, F. & Henríquez, C. (2017). Vegetation cover change in growing urban agglomerations in Chile. *Ecol. Indic.* 81, 265–273. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.05.067
- Grad Beograd, Sekretarijat za zaštitu životne sredine i Institut za šumarstvo Republike Srbije (2009). Strategija pošumljavanja područja Beograda. Grad Beograd.
- Grad Beograd, Urbanistički zavod Beograda (2022). Elaborat za rani javni uvid – Generalni urbanistički plan do 2041. godine. Beograd.
- He, C., Shi, P., Xie, D., Zhao, Y. (2010). Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. *Remote Sens. Lett.* 1, 213–221. DOI: 10.1080/01431161.2010.481681
- JKP „Zelenilo Beograd“ (2023). Plan upravljanja spomenikom prirode „Zvezdarska šuma“ od 2023. do 2032. godine. Beograd: JKP „Zelenilo Beograd“.
- Keerthi Naidu, B. i Chundeli, F.A. (2023). Assessing LULC changes and LST through NDVI and NDBI spatial indicators: A case of Bengaluru, India. *GeoJournal* 2023, 88, 4335–4350. DOI: 10.1007/s10708-023-10862-1
- Macarof, P. & Florian, S. (2017). Comparasion of NDBI and NDVI as Indicators of Surface Urban Heat Island Effect in Landsat 8 Imagery: A Case Study of Iasi. *Present Environment and Sustainable Development*. 11. 141-150. DOI: 10.1515/pesd-2017-0032.
- Milanović, M. i Lješević, M. (2009). Teledetekcione metode istraživanja životne sredine. Beograd: Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet.

Smanjenje zelenih površina kao posledica urbanizacije na teritoriji opštine Zvezdara

Republički zavod za statistiku (2022). Uporedni pregled broja stanovnika i domaćinstava po popisima 1948-2022. Beograd: Republički zavod za statistiku.

Samardžić, I. (2015). Community hygiene problems and environmental protection measures in the area of natural monument "Zvezdara forest". *Bulletin of the Serbian Geographical Society. Volume 95, Issue 4*, Pages: 159-172 DOI: 10.2298/GSGD1504159S

Službeni glasnik Republike Srbije (2012). Zakonom o šumama („Službeni glasnik RS“, br. 30/10 i 93/12). Beograd.

Službeni list Grad Beograd (2024). Strategija zelene infrastrukture grada Beograda („Službeni list grada Beograda 179/2024). Beograd.

Službeni list grada Beograda (2016). Generalni urbanistički plan Beograda do 2021. godine. („Službeni list grada Beograda“, br. 11/2016).

Službeni list Grada Beograda (2023). Izmene i dopune akcionog plana adaptacije na klimatske promene sa procenom ranjivosti („Službeni list grada Beograda“, br. 39/08, 6/10, 23/13 i 60/19). Beograd.

INTERNET IZVORI:

Copernicus Land Monitoring Service (CLMS): <https://land.copernicus.eu/en> poslednji pregled (2.3.2026).

Open street map: <https://www.openstreetmap.org/> poslednji pregled (5.3.2026).