

ODRŽIVO KORIŠĆENJE NEOBNOVLJIVIH PRIRODNIH RESURSA: PLANIRANJE ZA BUDUĆNOST

Ivana Carević¹, Natalija Batočanin¹

Apstrakt: Održivo korišćenje neobnovljivih prirodnih resursa je ključno za obezbeđivanje ekonomskog razvoja i očuvanje životne sredine za buduće generacije. Neobnovljivi prirodni resursi, kao što su metalne, nemetalne i energetske mineralne sirovine, predstavljaju osnovu moderne industrije i ekonomije. Međutim, njihova ograničena dostupnost i ekološki uticaji eksploatacije postavljaju ozbiljna pitanja o održivosti. U radu su istraženi pristupi i strategije koji se mogu primeniti kako bi se osiguralo efikasno i odgovorno korišćenje ove resursne kategorije. Integracija ekoloških standarda u planiranje urbanog razvoja i industrijske proizvodnje naglašava važnost smanjenja negativnog uticaja na životnu sredinu. Analizirani su koncepti zelene agende u planiranju, održivom upravljanju resursima i tehnoloških inovacija kao ključnih faktora za postizanje održivosti. Takođe, rad ukazuje na ulogu obrazovanja i svesti zajednice u promovisanju održivih praksi kroz multidisciplinarni pristup koji balansira ekonomske, socijalne i ekološke aspekte, čime se doprinosi dugoročnoj održivosti. Kroz efikasno zoniranje, procenu uticaja na životnu sredinu, upravljanje resursima i rehabilitaciju zemljišta, mineralne sirovine mogu da se koriste bez ugrožavanja dugoročne ekološke ravnoteže i društvene stabilnosti. Takođe, kroz integraciju zakonodavnih okvira i politike, planiranje za budućnost može doprineti zaštiti interesa lokalnih zajednica i postizanju ekonomskog razvoja zasnovanog na odgovornom korišćenju prirodnih resursa.

Ključne reči: održivo korišćenje, neobnovljivi prirodni resursi, prostorno planiranje

SUSTAINABLE USE OF NON-RENEWABLE NATURAL RESOURCES: PLANNING FOR THE FUTURE

Abstract: The sustainable use of non-renewable natural resources is essential for ensuring economic development and preserving the environment for future generations. Non-renewable resources, such as metallic, non-metallic, and energy minerals, are the foundation of modern industry and the economy. However, their limited availability and the environmental impacts of their exploitation raise significant concerns about sustainability. This paper explores approaches and strategies that can be applied to ensure the efficient and responsible use of these resources. The integration of environmental standards into urban development planning and industrial production highlights the importance of minimizing negative environmental impacts. The concepts of the green agenda in planning, sustainable resource management, and technological innovation are analyzed as key factors for achieving sustainability. The paper also emphasizes the role of education and community awareness in promoting sustainable practices through a multidisciplinary approach that balances economic, social, and environmental aspects, thereby contributing to long-term

¹ Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, Studentski trg 3/III, Beograd, Srbija. E-mail adrese: ivana.carevic@gef.bg.ac.rs; ORCID: 0000-0002-7754-4941; natalija.batocanin@gef.bg.ac.rs; ORCID:0000-0002-9879-5547

Održivo korišćenje neobnovljivih prirodnih resursa: planiranje za budućnost

sustainability. By implementing effective zoning, environmental impact assessments, resource management, and land rehabilitation, mineral resources can be utilized without compromising long-term ecological balance and social stability. Additionally, integrating legislative frameworks and policies into future planning can help protect the interests of local communities while supporting economic development based on the responsible use of natural resources.

Keywords: sustainable use, non-renewable resources, spatial planning

UVOD

Održivo korišćenje neobnovljivih prirodnih resursa predstavlja jedan od najvažnijih izazova savremenog društva. Neobnovljivi resursi, kao što su metalične, nemetalne i energetske mineralne sirovine, imaju ograničenu dostupnost i njihova eksploatacija može imati značajan uticaj na životnu sredinu i društvo. Ovaj rad istražuje načine na koje se može postići održivo korišćenje ove resursne kategorije, kao i važnost planiranja za budućnost kako bi se obezbedila dostupnost resursa za buduće generacije (National Research Council, 1996, 1999; World Bank, 2017).

Prostorno planiranje je bitno za održiv razvoj, jer omogućava optimizaciju korišćenja resursa i upravljanje prostorom na način koji balansira ekonomske, društvene i ekološke potrebe. U kontekstu neobnovljivih resursa (kao što su fosilna goriva, minerali i druge sirovine koje se ne obnavljaju u kratkom vremenskom periodu), planiranje igra vitalnu ulogu u obezbeđivanju dugoročne održivosti. Upravljanje ovim resursima mora uzeti u obzir ne samo trenutne potrebe za eksploatacijom, već i potencijalne posledice na životnu sredinu, ekonomiju i društvo (Marfungah et al., 2024; Carević i dr., 2024).

ODRŽIVO KORIŠĆENJE NEOBNOVLJIVIH RESURSA

Održivo korišćenje neobnovljivih prirodnih resursa podrazumeva njihovu efikasnu upotrebu uz smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu. Ovo uključuje optimizaciju eksploatacije, odnosno efikasno korišćenje resursa koje se može postići modernizacijom tehnologija koje smanjuju gubitke i poboljšavaju efikasnost. Jedan od glavnih aspekata održivog korišćenja neobnovljivih resursa jeste njihovo očuvanje. Odluke o korišćenju zemljišta moraju biti zasnovane na proceni dostupnosti resursa i njihove dugoročnosti. Implementacija zelene agende u planiranju urbanog razvoja i industrijskoj proizvodnji uzima u obzir zaštitu životne sredine. Razvijanje ekoloških standarda i smernica može pomoći u smanjenju negativnog uticaja eksploatacije resursa. S druge strane koncept zelenog dizajna podrazumeva razvijanje proizvoda koji koriste manje resursa i mogu se lakše reciklirati. Ovaj pristup smanjuje pritisak na neobnovljive resurse i doprinosi održivijem razvoju (Pearce & Turner, 1990; Kahn, 2009; United Nations, 2015). U praksi, upravljanje neobnovljivim resursima kroz prostorno planiranje obuhvata širok spektar aktivnosti, od izrade planova do implementacije zakonskih i regulatornih okvira koji smanjuju negativne uticaje na životnu sredinu.

Upravljanje neobnovljivim resursima u prostornim planovima postavlja temelje za odgovornu eksploataciju ovih resursa, dok u isto vreme omogućava očuvanje ekološke ravnoteže, ekonomskog razvoja i socijalnih interesa. U praksi, to znači da se mora pažljivo odrediti gde je eksploatacija resursa dozvoljena i pod kojim uslovima, kako bi se smanjio negativni uticaj na okolna područja (npr. zaštićene zone, poljoprivredna zemljišta, urbana područja). Zona za eksploataciju često uključuje regulaciju eksploatacije resursa i metodologiju za smanjenje negativnih uticaja na okolinu. U nekim državama, prostorni

planovi razmatraju rudarska područja i definišu ekološke barijere i zaštitu vodnih resursa, pri čemu se odvajaju prostor za eksploataciju mineralnih sirovina i prostor za zaštićene ekosisteme i poljoprivredu. Takođe, planiranje mora obuhvatiti obavezne procene uticaja na životnu sredinu (EIA) koje omogućavaju da se preduzmu preventivne mere. S druge strane, upravljanje resursima kroz ekonomske instrumente podrazumeva korišćenje ekonomskih alata kao što su takse na eksploataciju resursa, naknade za zagađenje i podsticaji za korišćenje obnovljivih izvora energije. Ovi instrumenti služe kao podsticaj za efikasnije korišćenje neobnovljivih resursa i smanjenje njihove potrošnje.

Nakon što se neobnovljivi resursi iskoriste, treba predvideti strategije za rehabilitaciju i obnovu zemljišta. To uključuje post-eksploatacijske aktivnosti kao što su obnavljanje ekosistema, obnova zemljišta za poljoprivrednu upotrebu, ili razvoj novih ekološki prihvatljivih funkcija. Danas se sve više prepoznaje važnost prelaska sa fosilnih goriva na obnovljive izvore energije, kao što su solarna i vetroenergija. Razvijanje prostora za ove energetske izvore predstavlja ključnu praksu u smanjenju zavisnosti od neobnovljivih resursa (Agudelo-Vera et al., 2011; Leduc & Van Kann, 2013; Carretero-Gómez & Piedra-Muñoz, 2021; Kalfas et al., 2023; Marfungah et al., 2024).

PLANIRANJE ZA BUDUĆNOST

U svetu u kojem su prirodni resursi, a naročito neobnovljivi, u opasnosti od iscrpljivanja, ključno je razviti efikasne strategije za njihovo održivo korišćenje. U narednim decenijama moraju da se prepoznaju izazovi koji proizilaze iz rasta potrošnje i klimatskih promena, te omogućiti integracija održivih praksi koje smanjuju negativne ekološke posledice i čuvaju resurse za buduće generacije. Budućnost održivog korišćenja neobnovljivih resursa zahteva integrisano planiranje koje balansira ekonomske, ekološke i društvene aspekte. Razvoj novih tehnologija, smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva i promovisanje obnovljivih izvora energije biće ključni faktori u oblikovanju održivih strategija za upotrebu ovih resursa u budućnosti. Planiranje održivog korišćenja neobnovljivih resursa u budućnosti ne može se zasnivati samo na tehničkim i ekonomskim rešenjima, ono mora obuhvatiti i društvene i političke aspekte, uzimajući u obzir razvoj novih tehnologija, prelazak na obnovljive izvore energije, kao i potrebu za očuvanjem ekosistema.

U budućnosti, ključni element održivog korišćenja neobnovljivih resursa je smanjenje njihove upotrebe. Jedan od glavnih ciljeva biće smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva i drugih neobnovljivih resursa kroz prelazak na obnovljive izvore energije i povećanje energetske efikasnosti. Razvoj pametnih mreža, tehnologija za energetska skladištenje i energetska efikasna zgrada postepeno će smanjivati potrebu za fosilnim gorivima. Buduće strategije moraju biti usmerene ka podršci inovacijama u tehnologijama koje mogu smanjiti negativne efekte na životnu sredinu. Ulaganje u istraživanje i razvoj je ključno za pronalaženje alternativnih rešenja i može značajno unaprediti efikasnost korišćenja resursa. Standardi koji se odnose na zelenu gradnju, poput LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), pomažu u promovisanju održivih građevinskih praksi. Ovi standardi uzimaju u obzir različite aspekte, uključujući efikasnost energije, korišćenje materijala i upravljanje otpadom. Korišćenje resursa ne sme narušiti zdravlje lokalnih zajednica i ekosistema, te je važno uključiti sve aktere (lokalne zajednice, organizacije za zaštitu životne sredine, industrijske sektore) u procese planiranja i donošenja odluka. Neobnovljivi resursi nisu raspoređeni ravnomerno širom planete i u tom kontekstu, međunarodna saradnja i dogovori o pravilima za eksploataciju, trgovinu i distribuciju ovih resursa postaju ključni za budućnost održivog korišćenja (Basu & Pegg, 2020; Carretero-Gómez & Piedra-Muñoz, 2021; Marfungah et al., 2024).

PRIMERI ODRŽIVOG KORIŠĆENJA NEOBNOVLJIVIH RESURSA I NJIHOVO BUDUĆE PLANIRANJE

Održivo korišćenje neobnovljivih resursa odnosi se na praksu njihove upotrebe na način koji smanjuje negativne ekološke, socijalne i ekonomske posledice, dok obezbeđuje dugoročne koristi za društvo. S obzirom na to da se neobnovljivi resursi ne mogu obnavljati u ljudskom vremenskom okviru, važno je implementirati strategije koje omogućavaju efikasnu upotrebu, reciklažu i alternativne izvore, dok planiranje za budućnost treba biti usmereno na smanjenje zavisnosti od ovih resursa.

Reciklaža metaličnih sirovina: Jedan od ključnih primera održivog korišćenja neobnovljivih resursa je reciklaža sirovina poput aluminijuma, čelika, bakra i zlata. Reciklaža ovih metaličnih resursa ne samo da štedi energiju, već smanjuje potrebu za rudarenjem i doprinosi smanjenju emisije CO₂. Reciklirani metali se mogu ponovo koristiti u industriji bez gubitka kvaliteta, što je posebno važno za dugoročno održivo upravljanje resursima. U Evropskoj uniji, reciklaža **aluminijuma** je postala standardna praksa, pri čemu reciklirani aluminijum čini oko 30% ukupne proizvodnje i time se štedi energija u poređenju s proizvodnjom aluminijuma iz boksita. Aluminijum se reciklira iz proizvoda poput limenki za piće, automobila, avionskih delova i građevinskih materijala. U mnogim zemljama širom sveta, aluminijumske limenke za piće podložne su efikasnoj reciklaži, koja ne samo da smanjuje uticaj na životnu sredinu, već i doprinosi ponovnoj upotrebi resursa. **Čelik** je jedan od najčešće recikliranih sirovina u industriji. Većina čelika koji se koristi u građevinskoj industriji i proizvodnji automobila može se reciklirati bez gubitka kvaliteta. Recikliranje čelika smanjuje potrebu za eksploatacijom ruda gvožđa i značajno smanjuje emisiju CO₂, jer proizvodnja čelika iz recikliranih materijala zahteva mnogo manje energije nego proizvodnja iz rude. Prema podacima, više od 80% čelika u svetu je reciklirano, a reciklirani čelik koristi se za proizvodnju novih čeličnih proizvoda, uključujući automobilsku industriju, građevinske materijale i industrijsku opremu. **Bakar** je veoma tražen metal u industriji elektronike, kablova, građevinske industrije i drugih sektora. Recikliranje bakra je uobičajena praksa i smatra se vrlo efikasnim jer bakar može da se reciklira beskonačno bez gubitka svojih svojstava. Reciklirani bakar koristi se za proizvodnju električnih kablova, elektronike, i kao materijal u građevinskoj industriji. Više od 40% bakra koji se koristi u industriji dolazi iz recikliranih materijala, a proces reciklaže bakra zahteva mnogo manje energije u poređenju s proizvodnjom novog bakra iz rude. **Zlato**, kao plemeniti metal, često se reciklira iz elektronike, starog nakita, zlatnih poluga, i drugih proizvoda. Iako proces reciklaže zlata može biti tehnički složeniji zbog potrebe za odvajanjem malih količina zlata iz elektronskih uređaja, zlato se reciklira u velikim količinama. Elektronski uređaji, kao što su mobilni telefoni, računari i televizori, često sadrže male količine zlata. Reciklaža ovih uređaja omogućava ponovnu upotrebu zlata, smanjujući potrebu za vađenjem novog zlata iz rudnih ležišta. Planiranje za budućnost uključuje povećanje stope reciklaže metala i razvoj efikasnijih tehnologija za reciklažu, kako bi se smanjila potrošnja prirodnih resursa.

Održiva eksploatacija fosilnih goriva: Održiva eksploatacija fosilnih goriva podrazumeva minimiziranje negativnih ekoloških uticaja vađenja i sagorevanja na životnu sredinu, kao i smanjenje emisije ugljen-dioksida (CO₂). Ovo uključuje korišćenje naprednih tehnologija za smanjenje emisije gasova iz industrije, kao i prelazak na alternativne izvore energije. U nekim zemljama fosilna goriva se koriste uz primenu tehnologija za hvatanje i skladištenje ugljen-dioksida (CCS - Carbon Capture and Storage), koje omogućavaju smanjenje emisija iz industrijskih postrojenja. Prirodni gas se često koristi kao „prelazno gorivo“ jer njegovo korišćenje smanjuje emisiju CO₂ u poređenju sa ugljem, ali i dalje spada u kategoriju neobnovljivih resursa. U Sjedinjenim Američkim Državama, prirodni gas se koristi u velikim količinama, ali u okviru planova za budućnost postoji jasna strategija smanjenja zavisnosti od njega kroz povećanje udela obnovljivih izvora energije, kao što su solarne i vetroelektrane.

Održiva eksploatacija kritičnih minerala: Eksploatacija mnogih minerala, kao što su npr. litijum, kobalt i bakar, neophodna je za proizvodnju baterija, elektronike i električnih vozila. Međutim, prekomerna eksploatacija ovih sirovina može izazvati ozbiljne ekološke i društvene probleme, pa je stoga važno implementirati održive prakse rudarenja, uključujući smanjenje uticaja na ekosisteme i socijalne zajednice.

Zeleni urbanizam i smanjenje potrošnje neobnovljivih resursa: Planiranje održivih gradova postavlja temelje za smanjenje potrošnje neobnovljivih resursa. Uključivanje energetski efikasnih zgrada, održivih transportnih sistema i upravljanja otpadom pomaže u smanjenju upotrebe fosilnih goriva, smanjenju emisije CO₂ i produžavanju životnog veka neobnovljivih resursa (Cui & Zhang, 2008; Sovacool & Dworkin, 2015; Pokhrel et al., 2020; Lux et al., 2021; Han et al., 2023; Zulkernain et al., 2023; Xu et al., 2024).

ZAKLJUČAK

Održivo korišćenje neobnovljivih prirodnih resursa zahteva sveobuhvatan pristup koji uključuje efikasnu upotrebu, reciklažu, tehnološke inovacije i odgovorno planiranje, odnosno predstavlja izazov koji zahteva multidisciplinarni pristup. Kako bi se obezbedila dostupnost resursa za buduće generacije, potrebno je razviti strategije koje će smanjiti negativan uticaj na životnu sredinu. Samo kroz zajedničke napore pojedinaca, zajednica i zakonskih regulativa možemo osigurati održivo korišćenje dragocenih resursa. Aktivna participacija zajednice u planiranju i donošenju odluka pomaže u razvoju rešenja koja su u skladu sa potrebama lokalnog stanovništva i ekološkim zahtevima. Održivo korišćenje neobnovljivih prirodnih resursa je ključno i za očuvanje životne sredine, smanjenje negativnih uticaja eksploatacije i obezbeđivanje resursa za buduće generacije. Kroz integrisani pristup koji uključuje analizu uticaja na životnu sredinu, uključivanje zajednice i promovisanje obnovljivih izvora, prostorno planiranje može postati alat za postizanje održivog razvoja. Teorije prostornog planiranja pomažu u oblikovanju politika i strategija koje smanjuju negativne uticaje na životnu sredinu, dok prakse planiranja omogućavaju da se resursi koriste na način koji osigurava dugoročnu održivost. Međutim, da bi se postigao pravi balans između razvoja i zaštite resursa, potrebno je stalno usklađivanje teorije i prakse, uz jasnu regulatornu osnovu i odgovorno učešće svih aktera u procesu planiranja (Kalfas et al., 2023; Marfungah et al., 2024; Yang & Long, 2024).

LITERATURA

- Agudelo-Vera, C.M., Mels, A.R., Keesman, K.J., Rijnaarts, H.H.M. (2011). Resource management as a key factor for sustainable urban planning. *Journal of Environmental Management*, 92 (10), 2295-2303.
- Basu, R. & Pegg, S. (2020). Minerals are a shared inheritance: Accounting for the resource curse. *The Extractive Industries and Society*, 7 (4), 1369-1376.
- Carević, I., Batočanin, N., Petrović, S.A., Srejić, T., Sibinović, M., Manojlović, S. (2024). Kritične mineralne sirovine i savremeni tehnološki razvoj: Izazov za zelenu energetska tranziciju. U: B. Lukić, V. Šećerov, D.S. Đorđević, Z. Radosavljević (ured.): *Deseti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem: Lokalna samouprava u planiranju i uređenju prostora i naselja* (str. 47-52). Asocijacija prostornih planera Srbije, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet.
- Carretero-Gómez & Piedra-Muñoz, L. (2021). Sustainability of non-renewable resources: The case of marble in Macael (Spain). *The Extractive Industries and Society*, 8(2), 100876.
- Cui, J. & Zhang, L. (2008). Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 158(2-3), 228-256.

Održivo korišćenje neobnovljivih prirodnih resursa: planiranje za budućnost

Han, Z., Zakari, A., Youn, I.J., Tawiah, V. (2023). The impact of natural resources on renewable energy consumption. *Resources Policy*, 83, 103692.

Kahn, M.E. (2009). *Green Cities: Urban Growth and the Environment*. Brookings Institution Press.

Kalfas, D., Kalogiannidis, S., Chatzitheodoridis, F., & Toska, E. (2023). Urbanization and Land Use Planning for Achieving the Sustainable Development Goals (SDGs): A Case Study of Greece. *Urban Science*, 7(2), 43.

Leduc, W.R.W.A. & Van Kann, F.M.G. (2013). Spatial planning based on urban energy harvesting toward productive urban regions. *Journal of Cleaner Production*, 39, 180-190.

Lux, T., Degel, R., Reuter, M.A. (2021). Recycling of Non-ferrous Metals - A Key Enabler for the Circular Economy. *World of Metallurgy – ERZMETALL*, 74(3), 148.

Mankiw, N. G. (2016). *Principles of Economics*. Cengage Learning.

Marfungah, L., Safa'at, R., Istislam, Qurbani, I.D. (2024). Implementing Spatial Planning Based on Environmental Sustainability in the Mining Area. *International Journal of Humanities and Social Sciences*, 3(4), 2118-2135.

National Research Council. (1996). Mineral Resources and Sustainability: Challenges for Earth Scientists. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9077>.

National Research Council. (1999). Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9690>.

Pearce, D.W., & Turner, R.K. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Johns Hopkins University Press.

Pokhrel, P., Lin, S.L., Tsai, C.T. (2020). Environmental and economic performance analysis of recycling waste printed circuit boards using life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, 276, 111276.

Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). *Global energy justice: Problems, principles, and practices*. Cambridge University Press.

United Nations (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

World Bank (2017). World Development Report 2017: Governance and the Law. World Bank Publications. <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2017>

Xu, T., Zheng, X., Ji, B., Xu, Z., Bao, S., Zhang, X., Li, G., Mei, J., Li, Z. (2024). Green recovery of rare earth elements under sustainability and low carbon: A review of current challenges and opportunities. *Separation and Purification Technology*, 330(C), 125501.

Yang, X. & Long, L. (2024). Renewable energy transition and its implication on natural resource management for green and sustainable economic recovery. *Resources Policy*, 89, 104624.

Zulkernain, N.H., Basant, N., Ng, C.C. et al. (2023). Recovery of precious metals from e-wastes through conventional and phytoremediation treatment methods: a review and prediction. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 25, 2726-2752.