

Izrada energetske mape raspoloživih biomasnih sirovina u geografskom informacionom sistemu (GIS)

Srećko Ćurčić*, Aleksandar Peulić**,***

* Fakultet tehničkih nauka, Čačak, Univerzitet u Kragujevcu

** Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu

*** Prirodno matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu

Rezime - Za racionalnu upotrebu raspoloživih biomasnih resursa za energetske korišćenje, potrebno je: prikupljanje, priprema i transport u periodu je energetske potencijal najveći. Dobijanje informacija o vrsti, lokaciji i količini raspoloživih energenata bez razvijene ENERGETSKE MAPE je vrlo sporo i nepouzdan. Zbog toga je značajno kreiranje ENERGETSKE MAPE na definisanoj teritoriji, koja bi služila za potrebe zainteresovanih kompanija i lokalnih samouprava. U ovom radu koristi se besplatan softver QGIS i Geo Python za formiranje tabele koja se stalno ažurira s ciljem kreiranja GIS energetske mape raspoloživih biomasnih sirovina. Primena ove metodologije omogućava efikasnu analizu i upravljanje resursima biomase. Kreirana mapa pruža važne informacije o dostupnosti i lokacijama biomasnih sirovina, omogućavajući bolje planiranje i odlučivanje u vezi s upotrebom ovih resursa u energetske svrhe. U radu je opisana procedura formiranja forme za korisnike raspoloživih biomasnih sirovina u cilju dobijanja zavisnosti energetskeg potencijala od procenta vlažnosti za izvorne resurse i interpretacija rezultata kroz dobijanje ažurnih podataka o vrsti, energetskeg potencijalima otpadnih biomasnih sirovina na izvornim lokacijama.

Ključne reči – Biomasa, energetska masa, GIS

I UVOD

U današnjem svetu, u kojem se suočavamo sa sve većim izazovima u vezi sa energetskeg održivošću i zaštitom životne sredine, pronalaženje efikasnih načina korišćenja obnovljivih izvora energije postaje od suštinskog značaja. Jedan od ključnih resursa koji se ističe svojom potencijalnom ulogom u održivom energetskeg lancu je biomasna energija. Biomasa energija, koja se dobija iz organskih materijala kao što su biljke, šumske biomase i otpadni materijali, predstavlja važan resurs za proizvodnju električne energije, grejanje i druge energetske potrebe. Međutim, optimalno iskorišćenje ovih resursa zahteva detaljno razumevanje njihove dostupnosti, lokacija i potencijala.

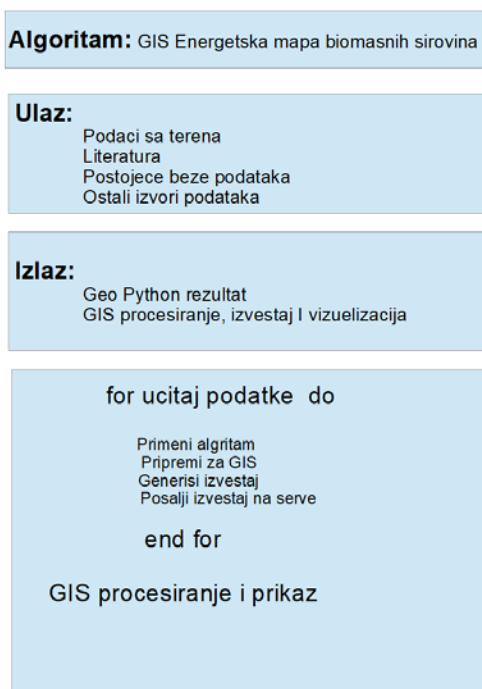
U ovom radu istražuje se metodologija za kreiranje GIS energetske mape raspoloživih biomasnih sirovina kao ključnog alata u optimizaciji korišćenja biomasne energije. Fokusira se na proces prikupljanja, analize i vizualizacije podataka o biomasnim resursima kako bismo omogućili efikasno planiranje i upravljanje ovim ključnim energetskeg izvorima. Kroz primenu besplatnog softvera poput QGIS i Geo Python, pružamo praktičan pristup kreiranju dinamične i ažurirane GIS energetske mape koja će biti od koristi zainteresovanim kompanijama, lokalnim

samoupravama i drugim relevantnim akterima. Ovaj rad takođe istražuje načine interpretacije rezultata, pružajući konkretne smernice za efikasno korišćenje biomasnih resursa u cilju postizanja energetske održivosti i zaštite životne sredine. Kroz integraciju geoprostornih tehnologija i energetske strategije, ovaj rad doprinosi razumevanju i promociji održivih energetskeg rešenja koja su ključna za budućnost našeg društva. Na teritoriji Republike Srbije postoje razni izvori otpadnih biomasnih sirovina. Izvori otpadnih biomasnih sirovina stvaraju se: održavanjem puteva, u primarnoj i sekundarnoj poljoprivrednoj proizvodnji, u rečnim vodotocima, kod privrednih i komunalnih sistema, u redovnoj seči šuma (panjevi i granje), u industriji prerade drveta, u klanici industriji itd [1]. Za racionalnu upotrebu raspoloživih resursa potrebno je obezbediti: prikupljanje, pripremu i transport kada je energetskeg potencijal za korišćenje najveći. Problem u regionu je neupotreba ili neracionalna upotreba otpadnih biomasnih sirovina. Primer: Nakon branja malina i kupina u Srbiji, imamo rezniče koje se vrlo malo ili uopšte ne koriste za energetske svrhe. Dostupne količine rezniča nakon branja maline od voćnjaka na oko 18.000 hektara u Srbiji svake godine su oko $35 \cdot 10^6$ kg [2]. Energetskeg potencijal ovih resursa je blizu energetskeg potencijala bukve i hrasta. Korišćenje otpadnih biomasnih sirovina značajno bi uticalo na podizanje tehnološkog nivoa u energetskeg sektoru, mašinogradnji i prehrambenoj industriji. Takođe, korišćenjem ovih resursa može se uticati na pospešivanje razvoja nedovoljno razvijenih regiona koji se može postići kroz: investicionu realizaciju, zapošljavanje lokalne radne snage, otvaranje novih radnih mesta, poboljšanje lokalne infrastrukture i ostvarivanje prihoda kroz različite proizvodne poslove. Kreiranje GIS energetske mape raspoloživih biomasnih sirovina, treba da omogućući odgovarajućim privrednim subjektima pristup ažurnim podacima o: raspoloživim vrstama, količinama i lokaciji otpadnih biomasnih sirovina. Na osnovu dobijenih podataka kompanije na različitim nivoima, će analizirati mogućnost otkupa po odgovarajućoj ceni i definisanom vremenu isporuke. Takođe, u direktnoj komunikaciji sa vlasnikom raspoloživih resursa definiše se model organizacije pripreme i preuzimanja sirovina. Danas se u Srbiji biomasni ostaci vrlo malo ili uopšte ne koriste, što se direktno odražava na značajno zagađenje životne sredine [2,3]. Navedeni ostaci mogu se prvenstveno koristiti kao izvor energije, ali i za neke druge namene. Korišćenjem ovih ostataka, emisija CO₂ i drugih štetnih gasova bi se značajno smanjila, a imali bi i energente čija bi cena bila znatno niža u odnosu na konkurente. Realizacija projektnih aktivnosti zahtevaće definisanje svih lokacija na kojima se javljaju otpadne drvene i

poljoprivredne sirovine na definisanoj teritoriji, a do njih se može doći, radom na terenu i korišćenjem odgovarajućih literaturnih i softverskih izvora za prikupljanje podataka za odgovarajuće sirovine. Na osnovu prikupljenih podataka i obradom u Geo Python-u kreirae se baza koja je dostupna za analizu korišćenje besplatnog GIS alatu, Qgis. Kreirana baza predstavljaće osnovu za proširenje novim podacima [4,5]. Kada se definišu, lokacije, vrste i količine ulaznih sirovina korišćenjem kreirane Geo Python aplikacije i GIS alata, biće omogućeno definisanje logističke veze za njihovo odgovarajuće racionalno korišćenje. Takođe, za racionalno korišćenje raspoloživih resursa, kreiranjem baze podataka biće omogućeno definisanje pripremnih tehnologija.

II METOD

Na slici 1. prikazan je dijagram toka definisane procedure.



Slika 1. Dijagram toka predloženog algoritma

Definisanu bazu podataka, mogu da korise odgovarajuće kompanije koje će analizirati mogućnost otkupa po odgovarajućoj ceni i definisanom vremenu isporuke raspoloživih energenata. Takođe, u direktnoj komunikaciji sa vlasnikom raspoloživih resursa definiše se model organizacije pripreme i preuzimanja sirovina. Primena razvijenog koncepta smanjiće se troškovi nabavke za odgovarajuću kompaniju koja je zainteresovana za otkup raspoloživih sirovina. Sasvim je realno, da će opravdanost korišćenja odgovarajućih otpadnih biomasnih sirovina na definisanoj teritoriji, za odgovarajuće korišćenje, pokazati opravdanost kroz finansijsko-ekonomsku analizu opravdanosti, Ekološku opravdanost korišćenja (smanjenje emisije ugljen dioksida i drugih štetnih gasova u atmosferu), omogućiće se zapošljavanje radne snage za realizaciju predviđenih aktivnosti za korišćenje raspoloživih resursa. Raspoloživi otpadni biomasni ostaci mogli bi da se koriste za razne namene.

III REZULTATI

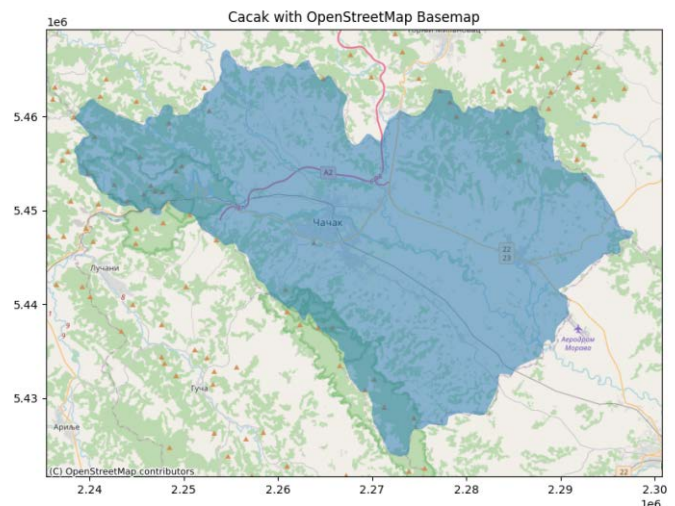
Na teritorijama lokalnih samouprava Moravičkog imamo raspoložive energetske potencijale od otpadne drvene i biljne biomase i to:

- za Čačak oko 10 TJ/god,
- za Ivanjicu oko 15 TJ/god,
- za Lučane oko 10 TJ/god,
- za Gornji Milanovac oko 10 TJ/god.

Do gore navedenih podataka došlo se proučavanjem naučnih radova i studija, bez uvida gde nastaju izvori sirovina sa količinama i vrstama. Za potrebe ovog rada prikazana je obrada podataka na teritoriji opštine Čačak. Za učitavanje i obradu podataka koristi se aplikacija napisana korišćenjem besplatnog softvera, Python i odgovarajućih biblioteka. Biblioteka Geopandas omogućava rad sa geoprestornim podacima i definisanje geografskog područja na kome se analiziraju potencijali bio mase. Slika 2. prikazuje učitavanje definisane geografske lokacije, što je u ovom radu područje opštine Čačak.



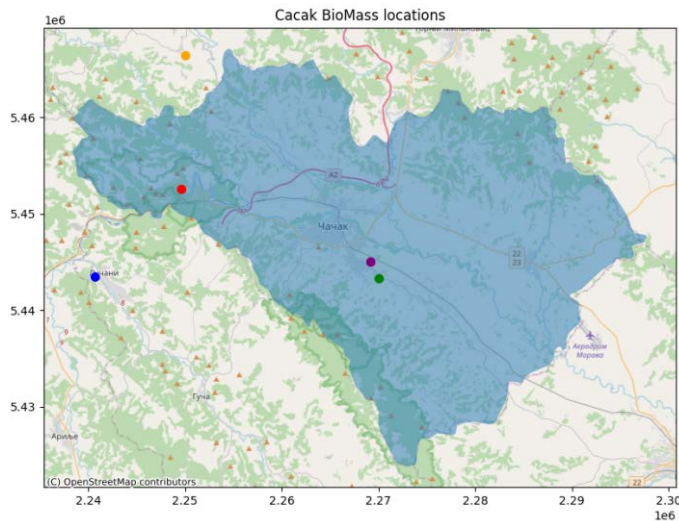
Slika 2. Geografska pozicija regiona istraživanja



Slika 3. Geografska pozicija regiona istraživanja na OpenStreetMap podlozi

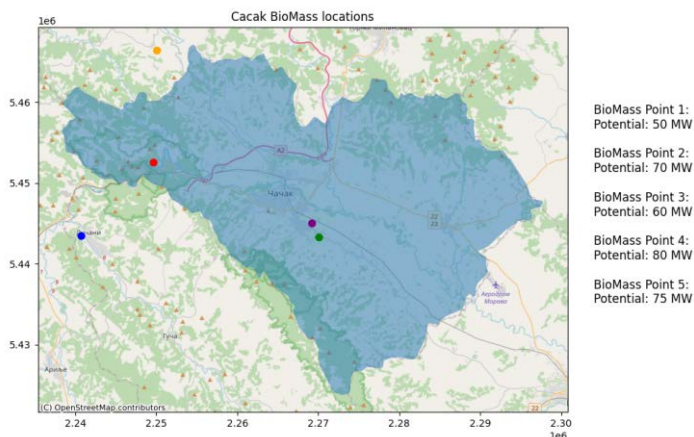
U ovom radu akcenat se stavlja na korišćenje besplatnog

softvera, pa se za podlogu koristi OpenStreetMap podloga, koja se automatski učitava u aplikaciju, nakon definisanja koordinatnog sistema za Republiku Srbiju, samim tim i opštine Čačak. Na slici 3. prikazana je teritorija od interesa na OpenStreetMap podlozi.



Slika 4. Geografska pozicija definisanih lokacija biomase na OpenStreetMap podlozi

Implementacijom definisanih algoritama za procenu i analizu potencijala bio mase u Geo Python aplikaciju, moguće je izračunati energetske potencijal bio mase za svaku definisanu lokaciju, koje predstavljaju test u cilju demonstracije predložene implementacije, kao prvi rezultat na slici 5. prikazan je potencijal bio mase na reprezentativnom uzorku za potrebe ovog rada.

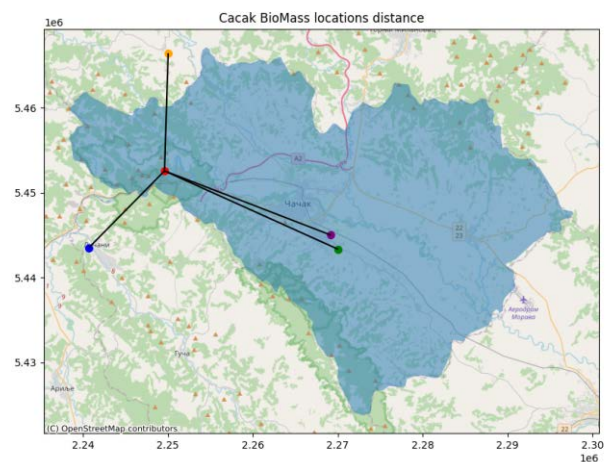


Slika 5. Potencijal resursa bio mase na test lokacijama

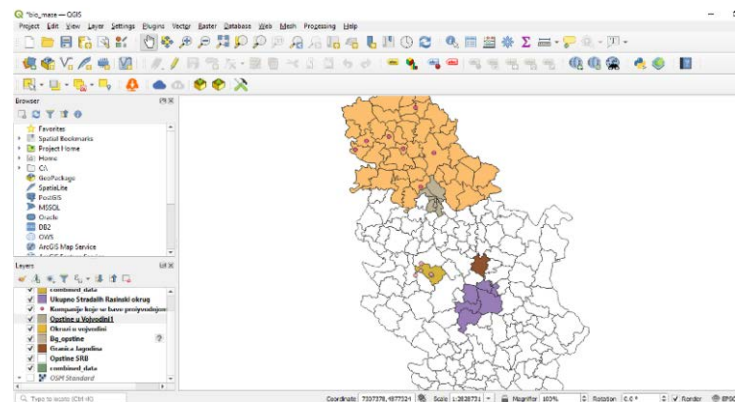
Terenskim istraživanjem, korišćenjem savremenih tehnoloških sistema za definisanje lokacije, čuvanje i prenos podataka za obradu, definisano je nekoliko testnih lokacija. Za prikazivanje lokacija biomase u opštini Čačak na mapi, prvo se učitava geoprostorni podatak koji sadrži geometriju opštine Čačak. Zatim se definišu koordinate tačaka koje predstavljaju lokacije biomase, kao što su na primer, bukva, višnja, malina, vinograd i klanica. Nakon toga, kreiran je GeoDataFrame koji sadrži ove lokacije.

Rayličite boje su definisane za svaku lokaciju što omogućava vizuelnu preglednost. Zatim je kreirana mapa koja prikazuje geometriju opštine Čačak sa podacima transformisanim u odgovarajući koordinatni referentni sistem, sa transparentnošću od 0.5. Nakon toga, dodaju se tačke na mapu za svaku definisanu lokaciju biomase, sa odgovarajućom bojom i veličinom markera, kao i pozadinska mapa sa OpenStreetMap servisa i postavlja se naslov mape, Slika 4.

Vizualizacija udaljenosti između regiona u cilju planiranja transporta na primer predstavlja još jedan rezultat analize. Ova udaljenost je predstavljena linijama koje povezuju tačke na mapi i predstavlja udaljenost u kilometrima u konkretnom slučaju. Ovaj prikaz udaljenosti omogućava bolje razumevanje prostornih odnosa između lokacija biomase u opštini Čačak. Detaljni prikaz ovog aspekta koda možete videti na slici 6.



Slika 6. Prikaz prostornog odnosa i udaljenosti



Slika 7. Prikaz energetske mape na test lokacijama

Za realizaciju kompletne energetske baze koristi se odgovarajući GIS softver, QGIS, koji pristupa bazi podataka realizovanih za svaku potencijalnu lokaciju na teritoriji Republike Srbije korišćenjem opisane aplikacije realizovane pomoću Geo Python resursa. Na slici 7. prikazan je primer učitanih i prikazanih resursa bio mase na teritoriji Republike Srbije, za teritoriju opštine Čačak, Jagodina, Vojvodina i Beograd. Na ovaj način

prikazan je koncept predložen u ovom radu na nekoliko regiona u Republici Srbiji. Krajnji cilj je konstantno popunjavanje podataka i ažuriranje energetske mape.

III ZAKLJUČAK

Za racionalno korišćenje raspoloživih resursa u odgovarajuće energetske svrhe, digitalizacija sektora je nasušna potreba da bi se izgradila pametna energetska infrastruktura u kojoj je decentralizacija proizvodnje jedan od važnih principa, a ona će omogućiti da lokalno proizvedeni zeleni kwh električne energije ne opterećuju prenosne mreže. Održiva strategija rasta ne treba da je vezana s eksploatacijom istrošivih resursa. Posebno je to važno za našu zemlju i za region. Održivost energetskeg sektora ostaje trajni cilj zajedno sa poznatim konceptima sigurnosti isporuke i razvoja konkurentnosti u energetskeg sektoru.

ZAHVALNICA / ACKNOWLEDGEMENT

Istrživanja prezentovana u ovom radu su delimično finansirana sredstvima Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija RS, ugovor br. 451-03-66 / 2024-03 / 200132 čiji je realizator Fakultet tehničkih nauka u Čačku - Univerziteta u Kragujevcu/

LITERATURA/REFERENCES

- [1] Zekić, V., Rodić, V., Jovanović, M. Potentials and economic viability of small grain residue use as a source of energy in Serbia, *Biomass and bioenergy*, Vol. 34, No. 12, pp. 1789-1795, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.07.012>
- [2] Ćurčić, S., Gavrilović, R., Nikolić, D., Trifunović, I. Raspoloživi energetskeg potencijali od drvne i biljne bio-mase sa teritorije Opštine Čačak, *Energija, ekologija, ekonomija*, Vol. 18, No 3-4, pp. 331-339, 2016.
- [3] Ćurčić, S., Blagojević, M. Analiza i predviđanje energetskeg potencijala od drvne i poljoprivredne biomase primenom veštačkih neuronskih mreža, *Energija, ekologija, ekonomija*, Vol. 20, No 1-2, pp. 623-626, 2018.
- [4] Rey, S. J., Anselin, L. PySAL: A Python Library of Spatial Analytical Methods, in Fischer, M, Getis, A. (Eds.). *Handbook of applied spatial analysis*, pp. 175-193, Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.
- [5] McClaim B. P., *Python for geospatial data analysis*, O'Reilly Media, 2023

AUTORI/AUTHORS

dr Srećko Ćurčić, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka Čačak, Univerzitet u Kragujevcu, srecko.curcic@ftn.kg.ac.rs, ORCID [0000-0002-6632-293X](https://orcid.org/0000-0002-6632-293X)

dr Aleksandar Peulić, redovni profesor, Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Prirodno matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu aleksandar.peulic@gef.bg.ac, ORCID [0000-0003-3043-6879](https://orcid.org/0000-0003-3043-6879)

Creation of an Energy Map of Available Biomass Raw Materials in a Geographic Information System (GIS)

Abstract – For the rational utilisation of available biomass resources for energy production, it is crucial to collect, process, and transport them at times when the energy potential is highest. Obtaining information on the type, location and quantity of available energy sources is slow and unreliable without a developed ENERGY MAP. Therefore, the creation of an ENERGY MAP for a given area is of great importance and serves the needs of interested companies and local self-governments. In this paper, the GIS software QGIS and Geo Python are used to create a table that is constantly updated to create a GIS energy map of available biomass resources. The application of this methodology enables efficient analysis and management of biomass resources. The generated map provides important information about the availability and locations of biomass resources, allowing for better planning and decision making regarding their utilisation for energy purposes. The paper describes the process of creating a form for users of available biomass feedstocks to determine the dependence of energy potential on the moisture content of the source resources, and the interpretation of the results by obtaining up-to-date data on the type and energy potential of waste biomass feedstocks at the source sites.

Index Terms – Biomass, Energy map, GIS