

ENERGETSKA TRANZICIJA SRBIJE I MOGUĆE IMPLIKACIJE NA GEOGRAFSKI PEJZAŽ I ŽIVOTNU SREDINU

Mirko Grčić¹

Apstrakt: Tema ovog rada obuhvata dve važne oblasti prostornog planiranja - energetiku i životnu sredinu u međusobnom uslovljavanju i međuzavisnostima. S tim u vezi, u poslednje vreme sprovode se ključne reforme i fundamentalne promene u strategijama i planovima, sa ciljem postizanja veće energetske bezbednosti sa jedne strane i tranzicije nisko-ugljenične energije sa druge strane. Srpska ekonomija se širi i traži povećanje potrošnje energije. Ova zemlja je oskudna u energetske resursima i orijentisana ka uvozu fosilnih goriva koja nisu obnovljiva (visoko-ugljenična sirova nafta i prirodni gas). Zato je neophodna postepena supstitucija izvora koji nisu obnovljivi sa nisko-ugljeničnim obnovljivim izvorima energije kao što su solarna, eolska, geotermalna, energija biomase i hidroenergija. Jedan od strateških ciljeva i međunarodnih obaveza Srbije je dekarbonizacija energije u cilju smanjenja emisije štetnih gasova koji utiču na globalno klimatsko zagrevanje. Geografske implikacije energetske tranzicije u Srbiji su nedovoljno istraženo, ali veoma važno polje za integrisano planiranje održive proizvodnje energije i razvoja životne sredine na duži rok. Cilj ovog rada je analiza komponenti energetske tranzicije u Srbiji i geografskih implikacija u tom pogledu.

Ključne reči: Energetska tranzicija, energetska trilema, energetske pejzaž, energetske resursi, prostorno planiranje, Srbija.

ENERGY TRANSITION OF SERBIJA AND POSSIBLE IMPLICATIONS ON THE GEOGRAPHICAL LANDSCAPE AND ENVIRONMENT

Abstract: The topic of this paper covers two important areas of spatial planning - energy and environment in mutual conditioning and interdependence. In this regard, key reforms and fundamental changes in strategies and plans have been implemented recently, with the aim of achieving greater energy security on the one hand, and the transition of low-carbon energy on the other. Serbia's economy is expanding and demanding an increase in energy consumption. This country is scarce in energy resources and oriented towards importing non-renewable fossil fuels (high-carbon crude oil and natural gas). Therefore, it is necessary to gradually substitution sources that are not renewable with low-carbon renewable energy sources such as solar, aeolian, geothermal, biomass energy and hydropower. One of the strategic goals and international commitments is to decarbonize energy in order to reduce emissions of harmful gases that affect global climate warming. The geographical implications of the energy transition in Serbia are an insufficiently researched, but very important field

¹ Dr Mirko Grčić, profesor emeritus, Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu, Studentski trg 3/III.
e-mail: mirko@gef.bg.ac.rs

for integrated planning of sustainable energy production and environmental development in the long term. The aim of this paper is to analyze the components of the energy transition in Serbia and the geographical implications in this regard.

Keywords: Energy transition, energy trilemma, energy landscape, energy resources, spatial planning, Serbia.

UVOD

Integralno planiranje prostorne organizacije energetike u sprezi sa zaštitom i uređenjem životne sredine, dospelo je u žižu interesovanja u vezi sa energetsom tranzicijom ka niskougljeničnim izvorima energije. Ova tranzicija nije samo tehnološka, ona ima krupne implikacije koje su u suštini geografske i geopolitičke. Svaka promena ili inovacija u energetsom sistemu zahteva konkretan odgovor na pitanja šta, kada, kako i gde treba da bude raspoređeno. U toj sferi sve više se otkriva da je problematika energetske tranzicije tema par excellence prostorno planerska na lokalnom nivou (pitanja lokacije) i regionalnom nivou (transformacija pejzaža) (Filipovic, Duskov, 2019; Duškov, Filipović, Đurđević, 2020; Mitić Radulović i dr., 2022). Jedino su prostorni planeri kvalifikovani da sistemski integrišu kontekstualne teritorijalne faktore u odgovarajuće prostorne planove i strategije (Đorđević, Dabović, 2004; Ђорђевић, Дабовић, Живак Н. 2008), i da objektivno definišu kako će se ta nova tranzicija razvijati na lokalnom, regionalnom i nacionalnom nivou (Toto et al. 2023). Kada je u pitanju urbano i regionalno planiranje, pokazalo se da fokus istraživanja nisko ugljenične tranzicije treba proširiti izvan lokalnog ili urbanog nivoa kako bi se uključila prigradska i ruralna područja (Filipović, et al., 2020; Nazmiye Balta-Ozkan et al., 2015).

“Socijalni i politički kontekst je u Srbiji još uvek krhak da bi se omogućio razvoj i masovna distribucija tehnologija zelene tranzicije energetike, dok ljudski resursi nisu pripremljeni i/ili su nedovoljni za proizvodnju i implementaciju inovacija. Zelena tranzicija ipak utire put ka novom razvoju“. Planiranje i monitoring toga puta, zahteva i novi tip informacija sa terena, standardizaciju unosa podataka i prilagođene instrumente za pristup informacijama (Djordjevic et al. 2023; Djordjevic, 2023).

Naša analiza se nadovezuje uglavnom na srpske dokumente o energetskej tranziciji, potkrepljene evropskim dokumentima i statističkim podacima gde je to moguće. Implicitno naš pristup je fokusiran na okvir za razumevanje pratećih promena energetske tranzicije, s nadom da će pokrenuti širu diskusiju.

CILJEVI ENERGETSKE POLITIKE SRBIJE U POSTUPKU ENERGETSKE TRANZICIJE

Sušтина energetske politike uopšte sastoji se u tome, da ona treba da obezbedi privredi i stanovništvu mogućnost potrošnje energije u količini, koja odgovara njihovim potrebama, sa visokom ekonomičnošću i bez rizika za zdravlje stanovništva, klimatske parametre i održivost životne sredine. U globalnim razmerama potrošnja energije enormno raste, što je s jedne strane indikator razvoja, a s druge strane pretnja održivom razvoju usled iscrpljivanja energetske resursa i uticaja na klimatske promene (Vračarević, 2019; Rikalović i dr., 2021; Fengyun Li et al., 2023). Rezolucija Generalne skupštine OUN iz 2015. godine, pod naslovom “Transformacija našeg sveta: Agenda za održivi razvoj do 2030. godine”, u okviru cilja 7, predviđa svima pristup dostupnoj, održivoj i modernoj energiji. Svetski savet za energetiku (WEC) u publikaciji “Energetska trilema” definisao je tri osnovne dimenzije značajne za održivost energetike: Energetska bezbednost, energetske kapital (dostupnost energije) i ekološka održivost energetske sistema uključujući klimatske promene. Balansiranje ova tri cilja predstavlja tzv. “energetsku trilemu” kao uravnotežen sistem koji omogućava

prosperitet i konkurentnost pojedinih zemalja. Ova trilema predstavlja okvir za razumevanje uticaja i praćenje napretka energetske tranzicije u pojedinim regionima i zemljama sveta (World Energy Council, 2022). Evropski parlament je 2023. godine usvojio paket izmena važećeg zakonodavstva, pod nazivom "Spremni za 55%", prema kojem treba do 2030., da se smanje emisije ugljenika za 55% u odnosu na 1990. godinu, a do 2050. godine da se postigne klimatska neutralnost. Vlada Srbije sprovela je usaglašavanja zakonodavstva u oblasti klimatskih promena, životne sredine i energetike sa Zelenom agendom i pravnim odredbama EU i donela niz strateških dokumenata, kao što su Prostorni planu Republike Srbije 2021-2030 (2022), Integrisani nacionalni energetske i klimatski plan Srbije do 2030. sa perspektivom do 2050. godine (ИНЕКП, 2023), u kojima je postavila smeje zelene ciljeve:

1) **Dekarbonizacija** - smanjenje ugljeničnog otiska sa posebnim fokusom na dve podoblasti:

a) **Smanjenje emisije štetnih gasova sa efektom staklene bašte**, kao što su sumpor dioksid (SO₂), oksidi azota (NOx), ugljen dioksid (CO₂), suspendovane čestice i slično. Nacionalnim planom za smanjenje emisija iz velikih postrojenja za sagorevanje, koji je usvojen 2020. godine, Republika Srbija je planirala da do 2030. godine smanji emisiju štetnih gasova sa efektom staklene bašte za 40%, u poređenju sa nivoom iz 1990. godine, a do 2050. godine planira dostizanja klimatske neutralnosti, odnosno neto nula emisija gasova sa efektom staklene bašte. U tom okviru su i mere za smanjenje i prestanak korišćenja uglja.

b) **povećanu upotrebu obnovljivih izvora energije (OIE)**. Republika Srbija je 2021. g. prvi put usvojila Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije, koji propisuje dve vrste podsticaja: (1) podsticaji za upotrebu inovativnih tehnologija i novih OIE, poput zelenog vodonika, i (2) podsticaji za proizvodnju biogoriva. Obnovljivi vodonik se može koristiti u sektoru grejanja i saobraćaju, i kao zamena za prirodni gas. Investicione potrebe koje se odnose na dekarbonizaciju, tačnije na emisije gasova sa efektom staklene bašte i obnovljivu energiju u Srbiji iznose oko 3,71 milijardi evra do 2030. godine (ИНЕКП).

Podsticanjem **diversifikacije izvora energije**, uz korišćenje u većem stepenu tzv. "nove energetike" (iz obnovljivih izvora), želi se rešiti pitanje transformacije postojećeg energetskog sistema u smislu održivog razvoja. Prema podacima Eurostata, 2021. godine udeo OIE u bruto finalnoj potrošnji energije (potrošnja krajnjih potrošača, plus gubici na mreži i u samoprorizvodnji elektrana), iznosio je 25,28%. Prema ИНЕКП planu, cilj je da taj udeo 2030. godine dostigne 33,6%.

2) **Energetska efikasnost**. Srbija je usvojila Zakon o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije (ZEERUE) 2021. godine, koji ima za cilj unapređenje energetske efikasnosti, čime se doprinosi održivom korišćenju prirodnih i drugih resursa i smanjenju uticaja energetskog sektora na životnu sredinu i klimatske promene. Prema podacima Eurostata, energetska produktivnost finalne potrošnje po kilogramu ekvivalentne nafte, 2021. godine iznosila je 2,49 eura što je znatno manje od EU27 (Eurostat, 2023).

3) **Energetska sigurnost** Srbije dosta zavisi od uvoza energije (2021. godine oko 34,8%), ali ipak manje od zavisnosti EU27 (55,5%). Prema ИНЕКП (Integrisani nacionalni energetske i klimatski plan, 2023), predviđeno je do 2030. godine zavisnost energetike biti relativno visoka, oko 41%, i da će se energetske siromaštvo smanjiti za 75%. Prema Eurostatu, udeo stanovništva koje nije u stanju da adekvatno greje svoj dom, kao indikator energetskog siromaštva, u Srbiji 2021. godine iznosio je 9,4%, dok je u EU27 taj procenat iznosio 6,9% (2022.g. povećan na 9,3%).

4) **Unutrašnje tržište energije** - Indikator energetskog tržišta u Srbiji, pokazuje visok procentni udeo najvećeg proizvođača na tržištu električne energije, koji je 2021. godine iznosio 95,03 %. Finalna potrošnja energije krajnjih potrošača relativno je visoka,

Energetska tranzicija Srbije i moguće implikacije na geografski pejzaž i životnu sredinu

2021. godine iznosila je 9,3 mil. t ekvivalentne nafte (Eurostat, 2023). Od interesa je stvoriti uslove da Srbija u procesu tranzicije energetike očuva kontrolu nad sopstvenim elektroenergetskim tržištem.

5) **Inovativnost i konkurentnost** - odnosi se na podsticanje istraživanja i inovacija u oblasti životne sredine i energetike, u cilju razvoja nisko ugljeničnih i čistih energetskih tehnologija. Ulaganja Srbije u te svrhe je ispod 1% DBP (u EU 27 iznosio je 2,2% 2019. godine).

POTENCIJALI ENERGETSKIH IZVORA SRBIJE

Ciljevi energetske tranzicije nameću niz pitanja - kakva je startna pozicija, koji su resursi i instrumenti za realizaciju tih ciljeva i potencijalne prostorne i geopolitičke implikacije. Srbija je na putu tranzicije niskokarbonskih izvora energije, planirala da u naredne dve-tri decenije ugasi termoelektrane na lignit. To je već učinjeno na lokacijama Kolubara A (jedinice A1 do A5) i Svilajnac (Morava). Termoelektrane-toplane Novi Sad i Zrenjanin takođe izlaze iz pogona, a preostale će izaći do 2045. godine. Poslednja izgrađena termoelektrana na lignit u Srbiji je TE Kostolac B3. Planirana TE Kolubara B, sa dva bloka po 375 MW, već dugo je "na čekanju", premda je nabavljen veliki deo opreme i urađen prostorni plan. Kada je reč o planovima napuštanja neobnovljivih fosilnih goriva u energetici, postavlja se pitanje, koliko su oni danas značajni i koji su alternativni resursi na koje se može računati u budućnosti.

A) Neobnovljivi izvori

U ukupnom obimu bilansnih rezervi primarnih vrsta energetskih resursa u Srbiji, nafta i zemni gas čine simboličnih 1% dok ostalih 99% otpada na razne vrste uglja, prvenstveno niskokaloričnog lignita, koji čini 92%. U energetsom bilansu Srbije vlastiti resursi obezbeđuju 58% potrošnje energije, ostalih 42% potreba obezbeđuju pre svega nafta i zemni gas pretežno iz uvoza. Ukupna potrošnja sirove nafte u Srbiji iznosi oko 3 mil. t godišnje, prirodnog gasa oko 3 mlrd. m³. Prema podacima 2021. godine, domaći izvori obezbeđivali su oko 811 hilj. t sirove nafte, 401 mil. m³ prirodnog gasa i oko 36,1 mil. t lignita (Статистички годишњак РС, 2022). Nalazišta naftonosnih škriljaca se ne eksploatišu zbog skupe tehnologije ekstrakcije kerogena. Proizvodnja lignita ostvaruje se površinskim kopom u dva basena - Kolubara (83%) i Kostolac (17%), dok je Kosovski basen, na koji je otpadalo oko 80% rezervi lignita Srbije, za sada nedostupan (<https://odborzaenergetiku.rs>). Prema podacima o emisiji ugljen dioksida (CO₂), TE u Obrenovcu godišnje emituju oko 21,2 mil. t, dok TE u Kostolcu emituju 7,04 mil. t. Prosečna emisija CO₂ iz navedenih termoelektrana iznosi 1,1 kgCO₂/kWh. Toplane, kotlarnice, metalurška postrojenja, ložišta u domaćinstvima i slično, takođe su značajni izvori emisija CO₂ (Национални план за смањење емисија, 2020).

Prema podacima Ministarstva rudarstva i energetike Srbija je 2022. godine proizvela oko 65% električne energije u termoelektranama na bazi lignita, oko 3,6% u termoelektranama - toplinama, 26,3% u hidroelektranama i oko 5,1% u ostalim elektranama na bazi obnovljivih izvora (vetroelektrane, solarne elektrane, elektrane na biomasu i biogas, otpad i ostalo). Ukupna instalisana snaga električnih centrala u Srbiji 2022. godine dostigla je 8 355 MW, od toga TEC na lignit 5171 MW, TEC na gas i tečno gorivo 3 555 MW, HEC 2 832 MW. Potrošnja energije će i dalje rasti, s obzirom na ekonomski rast i planirana gašenja termoelektrana na lignit (Одлука о утврђивању енергетског биланса, 2022).

Prirodni gas u Srbiji čini oko 13% primarne potrošnje energije. Potrošnja gasa 2022. godine iznosila je više od 3 mlrd. m³, koje se podmiruju sa 10% iz domaćih izvora i 90% iz uvoza iz Rusije (preko Mađarske i preko Bugarske). Približno polovina finalne potrošnje ide

za proizvodnju toplotne i električne energije a druga polovina za neenergetske potrebe. Prva kombinovana termoelektrana–toplana (TE-TO) na bazi prirodnog gasa puštena je u pogon 2023. godine u Rafineriji nafte Pančevo, snage 200 MW. Zbog emisija CO₂ i rasta cena gasa, očekuje se prestanak rada TE na gas do 2055. godine.

Nuklearna energija pojavljuje se samo kao ideja (Ćorović, Durlević, 2021), ali još nije u planu (Prostorni plan RS, 2021). Srbija ima dva stara skladišta nuklearnog otpada i postrojenje za preradu radioaktivnog otpada iz dva reaktora za nuklearna istraživanja i napušteni rudnik uranijuma, o kojima se stara javno komunalno preduzeće Nuklearni objekti. Postoji i Direkcija za nuklearnu bezbednost SRBATOM.

B) Obnovljivi izvori

Planirano je da do 2030. godine obnovljivi izvori učestvuju sa 40% u energetskom miksu Srbije. Ukupni tehnički upotrebljivi potencijali obnovljivih izvora energije u Srbiji procenjeni su na 5.65 mil. t ekvivalentne nafte (Mtoe) godišnje. Najveći potencijal ima biomasa (3.448 Mtoe), zatim hidroenergija (1.679 Mtoe), solarna energija (0,240 Mtoe), geotermalna (0,180 Mtoe) i energija vetra (0,103 Mtoe) (Dragović et al., 2019).

Najviše električne energije iz obnovljivih izvora Srbija dobija, preračunato u ekvivalentnu naftu, iz **hidroelektrana** - 859.800 t i **vetroelektrana** - 82 900 t. Iz **čvrstih biogoriva** dobija oko 1700 t, a iz solarne energije 1100 tona ekvivalentne nafte. Iz svih **ostalih obnovljivih izvora** (gasna i tečna biogoriva, komunalni otpad, geotermalna energija), dobija oko 14 900 tona ekvivalentne nafte. Intenzivan rast beleže vetroelektrane i utrošak biomase (Одлука о утврђивању енергетског биланса, 2022; ИНЕКП, 2023; Вуко-савић et al. 2023).

Hidroenergetski potencijal Srbije чини око 27,3% ukupnog obima proizvodnje električne energije u Srbiji. Koncentrisan je uglavnom u slivovima reka Morave (2300 GW/h), Drine i Lima (1900 GW/h), i Dunava (1000 GW/h). **Savremene srpske hidroelektrane** imaju ukupno 51 agregat sa oko 3.015 MW instalisane snage. Godišnja proizvodnja varira u zavisnosti od padavina u relevantnim slivovima, dok u proseku iznosi 10,5 TWh (7,18 TWh u Đerdapskoj i 3,32 TWh u Drinsko-Limskoj grupi). Rekonstrukcija HEC "Đerdap 1" 2015. godine povećala je snagu za 10% (<https://odborzaenergetiku.rs/>).

Reverzibilna hidroelektrana (RHE) „Bajina bašta“ snage 620 MW u pumpnom režimu rada preuzima oko 1 TWh, dok se tokom rada u generatorskom režimu u mrežu vrati oko 0,7 TWh godišnje. Planirana RHE Bistrica bi uz korišćenje jezera Uvac, Kokin Brod i bazena Klak, imala 4 jedinice od po 175 MW. Predviđen kapacitet skladištenja je 55 GWh, ca mogućim proširenjem do 310 GWh. Štetni uticaji RHE nastaju usled varijacija nivoa vode u gornjem jezeru na priobalno zemljište i podzemne vode. Prema procenama, vegetacija usled raspadanja dovodi do emisije metana i CO₂, više od 0,2 kgCO₂/kWh (Национални план, 2020; Energetki bilans RS za 2022; ИНЕКП, 2023).

Male hidroelektrane (do 10 MW) donose značajne devastirajuće rizike koji ugrožavaju podzemne vode, stabilnost zemljišta i biodiverzitet u okolini. Zbog toga je dilema za ili protiv njihove izgradnje predmet dnevne politike. Proizvodni kapaciteti malih HE iznosili su 2022. godine skoro 124 MW, što je činilo oko 1,5% ukupnih kapaciteta za proizvodnju električne energije u Srbiji (Статистички годишњак РС, 2022). Moguća izgradnja novih proizvodnih kapaciteta mogla bi da dostigne oko 3 TWh/god. do 2035. godine. Ekološke posledice rada prvih MHE u slivu reke Vlasine su evidentne, a uvođenjem u radni režim svih planiranih 55 MHE mogle bi nastati velike promene u životnoj sredini na ovom slivu (Vukosavić S. et al., 2023). Na rekama Srbije određeno je 856 lokacija, gde je moguća

Energetska tranzicija Srbije i moguće implikacije na geografski pejzaž i životnu sredinu

gradnja malih hidroelektrana nevelike snage (od 0,1 do 10 MW). Njihova potencijalna sumarna proizvodnost procenjena je na 1590 GW/h, što bi odgovaralo 4,3% ukupnog obima proizvodnje elektroenergije u Srbiji (<https://odborzaenergetiku.rs/>).

Solarne elektrane. Tehnički iskoristiv kapacitet solarnih elektrana procenjen je na 450 MW a njihov potencijal na 540 GWh ili 0,046 mil. t. ekvivalentne nafte godišnje (<https://odborzaenergetiku.rs/>). Izbor lokacije solarnih elektrana zahteva ne samo povoljne klimatske parametre, nego i terenske uslove (Valjarević et al., 2021). Za solarnu elektranu snage 1 MW potrebna je parcela površine do 2 hektara. Što se tiče usklađivanja namene površina, problem je manji ako se grade kombinovane vetro-solarne elektrane (VSE) na istoj lokaciji, pod uslovom da je zemljište barem 5. ili 6. kategorije koje nije pogodno za druge namene.

Vetroelektrane su isplative ako je prosečna godišnja brzina iznad 4 m/s. Ne zagađuju vazduh, ali mogu nepovoljno uticati na životnu sredinu (Josimović, 2017). Najpovoljniji lokacioni uslovi za vetroelektrane u Srbiji, sa stanovišta energije vetra, su u oblasti košavskog područja južnog Banata, područja istočne Srbije, istočne strane Kopaonika, područja Zlatibora i Peštera i lokaliteta planinskih prevoja na nadmorskim visinama iznad 800 m (Šabić et al., 2017; Potić et al., 2021). Energija vetra predstavlja svega 5% dok energija sunca predstavlja oko 14% potencijala obnovljivih izvora u Srbiji. Proizvodnja električne energije iz vetroelektrana u Srbiji 2022. godine dostigla je 1,088 TWh. Kapacitet proizvodnje srpskih vetroelektrana 2022. godine izosio je 397,96 MW sa tendencijom da 2030. dostigne snagu od najmanje 2280 MW i proizvodnju od preko 4 TWh, što bi iznosilo oko 10% godišnje bruto proizvodnje električne energije Srbije (<https://odborzaenergetiku.rs/>; Статистички годишњак РС, 2022; Одлука о утврђивању Енергетског биланса, 2022).

Geotermalni izvori u Srbiji mogli bi da se koriste u toplotne svrhe za zagrevanje plastenika, staklenika i stanova u bližoj okolini, ali ni jedan izvor ne premašuje temperaturu od 180° C, što je neophodno za pokretanje parne turbine i generatora za proizvodnju električne energije (Rogan et al. 2018). Prosečne temperature iznose oko 60° C, a najviše su u bušotinama u Bogatiću (130° C) i u Vranjskoj banji (110° C). Ukupna toplotna snaga koja bi se mogla dobiti iskorišćenjem svih postojećih izvora termalne vode iznosi oko 216 MWt, sa proizvodnjom toplotne energije od 180 hilj. t ekvivalentne nafte (Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025). Prema proceni, razvojem geotermalnih resursa mogla bi se ostvariti supstitucija oko pola miliona tona uvoznih tečnih goriva godišnje, što odgovara približno 5,8 TWh. U Srbiji se koristi oko 100 MW, uglavnom za grejanje (Antonijević et al., 2012; Вукосавић С. et al., 2023).

Komunalni otpad je daleko rizičniji po zagađenje životne sredine od samih fosilnih goriva. Spaljivanje otpada ne samo da predstavlja izuzetno veliki ekološki i zdravstveni rizik, nego je protivan konceptu cirkularne ekonomije i ne predstavlja civilizacijski prihvatljiv postupak tretmana otpada. Kapacitet proizvodnje električne energije na otpad u Srbiji 2022. godine iznosio je 31,24 MW.

Biomasa se javlja u raznim oblicima: čvrstom (drvo za ogrev), tečnom (biogoriva) i gasovitom (biogas koji je rezultat fermentacije metana). Sa svega 30% površine pod šumama, Srbija je deficitarna drvetom. Značajan potencijal je u korišćenju poljoprivrednog otpada i lokalne proizvodnje energetske uševa za proizvodnju biogasa. Prema zvaničnim podacima, udeo biomase u strukturi ukupnog energetskog potencijala obnovljivih izvora u Srbiji je 63%, dok se, prema energetskom bilansu EU, oko 60% energije iz obnovljivih izvora dobija korišćenjem biomase. Ukupni kapaciteti za proizvodnju električne energije na biomasu u Srbiji, 2022. godine iznose 2,38 MW, a na biogas 45,109 MW. Bruto proizvodnja električne energije na bazi biomase iznosila je 28 GWh, biogasa 33 GWh (Статистички годишњак РС, 2022).

POTENCIJALNE GEOGRAFSKE IMPLIKACIJE ENERGETSKE TRANZICIJE

Energetska tranzicija uzrokuje brojne ekonomske, geopolitičke i geopratorne implikacije na različitim nivoima, od lokalnog do regionalnog i globalnog (Bridge et al. 2013). Ona menja strukturu čitavog energetskeg sistema Srbije, od eksploatacije domaćih izvora primarne energije, importa primarne energije (pre svega nafte i prirodnog gasa), proizvodnje električne i toplotne energije, proizvodnje i prerade uglja, do prenosne mreže energije i energenata. Odnos između energetskeg i prostornih sistema odavno je uspostavljen, i svaka promena prostorne strukture energetskeg sistema (u sferi proizvodnje, prenosa i potrošnje energije), izaziva promene *energetskeg pejzaža*. Koristimo izraz 'energetski pejzaž' na isti način kao što se podrazumeva 'ekonomski' ili 'urbani' ili "ruralni" pejzaž: to jest, da opiše sazvežđe aktivnosti i društveno-tehničke veze povezane sa proizvodnjom energije, konverzijom, distribucijom i potrošnjom. Istorijski gledano, svaka energetska tranzicija, kao što su bili prelazi od drveta na ugalj u 19. veku, pa od uglja na naftu i električnu energiju u 20. veku, proizvdile su svoj specifični "energetski pejzaž". Nisko-ugljenična tranzicija energetike u smislu prelaza na tzv. zelenu energiju, energetske mikse, dekarbonizaciju i supstituciju neobnovljivih izvora obnovljivim izvorima energije, otvara nove probleme za prostorno planiranje u pogledu izbora lokacije elemenata energetskeg sistema i pratećih delatnosti, uređenja naselja i uklapanja u estetiku i ekologiju pejzaža. "Nova energetska paradigma" ima značajne implikacije za prostorni redizajn infrastrukture, zgrada i drugih građevina i opreme, što se odražava na ruralni i urbani pejzaž, ne samo vizuelno nego i strukturno (Carević et al., 2021). Nestaju površinski kopovi lignita i dimnjaci termoelektrana, a pojavljuju se na drugim lokacijama vetroparkovi, solarni paneli. Na poljoprivrednim površinama pored tradicionalnih zeljastih useva pojavljuju se površine pod brzorastućim energetskeg biljkama za proizvodnju biogoriva (kao paulovnja, miskantus, topola). Pojavljuju se i nove delatnosti kao potrošači energije, i novi tip zgrada i naselja. Zbog toga geografska budućnost energetske tranzicije postaje predmet sistematskih razmatranja prostornih planera o tome šta bi ona mogla da znači za prostornu organizaciju energetskeg sistema Srbije na domaćem i međunarodnom planu.

DIVERSIFIKACIJA IZVORA SNABDEVANJA

Evropska unija je proklamovala plan da se u dogledno vreme pretvori u "najzeleniji region na planeti". Međutim, usled prekida uvoza zemnog gasa i drugih energenata iz Rusije, EU je prinuđena da diversifikuje uvoz neruskog gasa i povećava uvoz neruske nafte i uglja iz drugih regiona sveta. Osim toga, u kontinentalnoj Evropi se vrši rekonfiguracija elektroenergetske, gasovodne i naftovodne infrastrukture u vidu transgraničnih interkonektora i integrisanih mreža, u cilju stvaranja jedinstvenog energetskeg prostora, iza kojeg se nesumnjivo kriju i određene geopolitičke ambicije EU i "kolektivnog Zapada". Srbija kao partner i kandidat za članstvo u Evropskoj uniji, preuzela je određene obaveze i rokove za ispunjavanje standarda EU u pogledu klimatski neutralne "zelene" energije.

Do sada je oko 85% uvoza nafte u Srbiji dolazio iz Rusije, preko Jadranskog naftovoda (JANAF), koji se pokazao više puta kao "kritična infrastruktura". Izgradnja nekoliko cevovoda za uvoz nafte i zemnog gasa iz drugih pravaca, omogućilo bi Srbiji da računa na više dostavljača, da ima bolje pozicije u energetskeg pregovorima, kao i mogućnost za izbor dostavljača u budućnosti. U tom smislu postoje projekti za izgradnju interkontentora sa susednim državama, u cilju diversifikacije snabdevanja. Energetska (geo)politika Srbije teži da izbegne poziciju "periferije" u evropskeg energetskeg rekonfiguracijama, i štaviše da, uz izvesna podešavanja spoljnopolitičke orijentacije, zauzme ključnu ulogu na raskršću između "alternativnih" regionalnih gasovodno-naftovodnih konfiguracija na prostoru "slobodnog i otvorenog Balkana".

Energetska tranzicija Srbije i moguće implikacije na geografski pejzaž i životnu sredinu

U Srbiji su u toku realizacije značajni projekti u cilju diversifikacije snabdevanja i tranzicije niskougljeničnih izvora. U pripremi je izgradnja naftovoda prema Mađarskoj, izgrađen je interkonektor za gasovod prema Bugarskoj, koji će omogućiti vezu sa terminalima tečnog gasa (LNG) u Grčkoj (Petrakiev, 2023). U planu je izgradnja gasnog interkonektora prema Severnoj Makedoniji, u sklopu južnog gasnog koridora EU. Postoje ideje da se Srbija poveže gasovodom i naftovodom preko Makedonije sa nekim od luka u Albaniji (Drač, Valona) ili Grčkoj (Solun), kada se za to steknu uslovi. Osim toga, pušten je u rad blok 3 u TEC Kostolac snage 350 MW. U različitim fazama realizacije su projekti HE Buk Bijela na reci Drini snage 115 MW (u saradnji sa elektroprivredom Republike Srpske), kao i reverzibilne (pumpno-akumulacione) hidrocentrale Bistrica (628 MW) i Đerdap III (600 MW). U izgradnji je vetropark Kostolac a u pripremi su još dva ukupne snage 300 MW. U Boru je u planu vetropark "Snaga istoka" od 300 MW. Najveća solarna elektrana snage 9,9 MW puštena je u rad na teritoriji opštine Lapovo na površini 12,5 ha, a u planu je još veća u Salašu Noćajskom snage 75 MW koja će zauzeti 300 ha. Prvo postrojenje za proizvodnju biogasa izgrađeno je u Vrbasu (u šecerani). Prva termoelektrana-toplana (TE-TO) na komunalni otpad EFW (energy-from waste plant) u Vinči, snage 30,24 MW, počela je sa radom 2023. godine. Vlada Srbije ima plan podsticaja gradnje vetroparkova i solarnih elektrana, ukupne snage oko 3000 MW (Plan sistema podsticaja, 2023).

ZAKLJUČAK

Uz pomoć objektivne i kvalifikovane struke, neophodno je "raspakovati" prostorne komponente energetske tranzicije i sa posebnom pažnjom pratiti njihove zametne i dugoročne uticaje na životnu sredinu i interese srpskog društva. Svako površno sagledavanje i ishitreno donošenje ili preuzimanje odluka u vezi sa supstitucijom fosilnih goriva obnovljivim izvorima kao što su sagorevanje biomase i komunalnog otpada za energetske potrebe, gradnja malih hidroelektrana, površnost u integraciji solarnih i vetroelektrana može izložiti životnu sredinu i zdravlje stanovništva, pa i geopolitičke interese novim i neočekivanim rizicima. Zelena agenda EU ima vremenski horizont 2050. godine, ali to ne znači da će postizanjem zacrtanih ciljeva energetska tranzicija stati. To mora biti stalni proces usaglašavanja sa potrebama održivog razvoja. Zbog vrlo složenih i dugoročnih posledica strateških odluka u energetici, strategije i planovi moraju biti stalno preispitivani ne samo sa stanovišta negativnih implikacija na životnu sredinu, nego i na dostupnost energije i sigurnost snabdevanja, jer najgore je kad energije nema.

LITERATURA

- Antonijević D., Komatina M., Stevanović Z. (2012). Energetic and environmental sustainability of subgeo-thermal heat pump heating in Serbia. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 13(3) 1625 - 1633.
- Bridge G., Bouzarovski S., Bradshaw M., Eyre N. (2013). Geographies of energy transition: Space, place and the low-carbon economy. *Energy Policy*, Vol. 53, 2013, pp. 331-340.
- Carević, I., Batočanin, N., Manojlović, S., Sibinović, M., Srejić, T. (2021). Značaj geoloških resursa i uticaj njihove eksploatacije na životnu sredinu. Zbornik Jedanaestog naučno-stručnog skupa "Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine", Asocijacija prostornih planera Srbije, Beograd, 219-224.
- Ćorović, N., Durlević, U. (2021). Application of GIS in selection of location for construction of nuclear power plants in Serbia. Zbornik radova - Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu, 69, 63-78. <https://doi.org/10.5937/zrgfub2169063C>
- Djordjević, A. (2023). Dissemination, Communication and Exploitation (DCE) Strategy. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7790852>

Djordjevic, A., Živanović, Z., Protić, B., Jeftić, M., Šećerov, V. (2023). Dataset for Green Transition Policies, Stakeholders and Practices in Serbia. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7785693>

Dragović Nj., Vuković M., Riznić D. (2019). Potentials and prospects for implementation of renewable energy sources in Serbia. *Thermal Science*, 23, 5B, pp. 2895-2907. <https://doi.org/10.2298/TSCI170312056D>

Duškov, L., Filipović, D., Đurđević, V. (2020). Assessment of climate change risks to natural resources in the republic of Serbia. in *Fresenius Environmental Bulletin Parlar Scientific Publications.*, 29 (4 A), 2758- 2765. https://hdl.handle.net/21.15107/rcub_gery_1060

Ђорђевић Д., Дабовић Т. (2004). Ка новој улози просторног планирања. Гласник Српског географског друштва, св. LXXXIV - бр. 2, с. 83-98.

Ђорђевић Д., Дабовић Т., Живак Н. (2008). Осврт на просторно планирање на почетку 21. века. Гласник Географског друштва Републике Српске, св. 12, Бањалука.

Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>

Fengyun Li, Junxia Zhang, Xingmei Li (2023). Energy security dilemma and energy transition policy in the context of climate change: A perspective from China. *Energy Policy*, Vol. 181, 2023, Article 113624, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113624>

Filipovic, D., Duskov, L. (2019). An Analysis of Problems Related to Climate Change in Serbian Planning Documents. In: Leal Filho, W., Trbic, G., Filipovic, D. (eds) *Climate Change Adaptation in Eastern Europe. Climate Change Management*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5_5

Filipović, D., Lukić, A., Lukić, M. (2020). Geospatial evaluation of Belgrade for the purposes of determination of suitable locations for the construction of PV plants. in *Archives for Technical Sciences Technical Inst Bijeljina*, (22), 59-66. <https://doi.org/10.7251/afts.2020.1222.059F>
Интегрисани национални енергетски и климатски план Републике Србије за период до 2030. године са пројекцијама до 2050. године. Министарство рударства и енергетике РС, 2023.

Јосимовић Б. (2017). Просторни аспекти утицаја ветроелектрана на животну средину. Институт за архитектуру и урбанизам Србије. Београд.

Milenic D., Stevanovic Z., Dragisic V., Vranjes A., Savic N. (2016) Application of renewable energy sources along motorway infrastructures: West Serbia case study. *Environmental Earth Sciences* 75 (10) 859.

Mitić Radulović, A., Lukić, M., Simić, A. (2022). Ekološki indeks kao instrument adaptacije Beograda na klimatske promene. *Zbornik radova devetog naučno-stručnog skupa "Lokalna samouprava u planiranju i uređenju prostora i naselja"*, Asocijacija prostornih planera Srbije, Београд, 123-130.

Национални план за смањење емисија главних загађујућих материја које потичу из старих великих постројења за сагоревање. "Службени гласник РС", бр. 10 од 6. 02. 2020. Прилог 5.

Nazmiye Balta-Ozkan, Tom Watson, Elisabetta Mocca (2015). Spatially uneven development and low carbon transitions: Insights from urban and regional planning. *Energy Policy*, Volume 85, 2015, pp. 500-510.

Одлука о утврђивању енергетског биланса Републике Србије за 2022. годину. Министарство рударства и енергетике (2022). "Службени гласник РС", бр. 4/2022.

Петракиев, Д. (2023). Србска "енергийна геополитика". *Геополитика*, 2/2023., Софија.

Energetska tranzicija srbije i moguće implikacije na geografski pejzaž i životnu sredinu

План система подстицаја коришћења обновљивих извора енергије за период 2023-2025. Министарство рударства и енергетике (2023).

Potić, I., Joksimović, T., Milinčić, U., Kićović, D., Milinčić, M. (2021). Wind energy potential for the electricity production - Knjazevac Municipality case study (Serbia). in *Energy Strategy Reviews*. Elsevier, 33. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100589>

Просторни план Републике Србије од 2021. до 2035. године – Нацрт. Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, Београд.

Rikalović, G., Vračarević, B., Molnar, D. (2021). Energetska politika kao faktor održivog razvoja. Zbornik konferencije "Energetika 2021 - u susret zelenom oporavku". Savez energetičara, Beograd, 513-520.

Rogan, S., Petrović, V., Carević, I., Sentić, M. (2018). Ekological aspect of the geothermal potentials of ne Serbia. *Surveying Geology and Mining Ecology Manage International Multidisciplinary Scientific Geoconference*, 18(5.1), 297-304. <https://doi.org/10.5593/sgem2018/5.1/S20.039>

Српска енергетика - значај, проблеми и перспективе. <https://odborzaenergetiku.rs/>

Статистички годишњак Републике Србије, 2022. RZS, Београд. <https://publikacije.stat.gov.rs> Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine. „Službeni glasnik RS“, broj 101/15.

Šabić, D., Šećerov, V., Đorđević, D. S., Filipović, D., Vujadinović, S., & Đorđević, A. (2017). A review of the effects of wind farm investments on the energy policy of Serbia. *Energy Sources Part B - Economics Planning and Policy*. Taylor & Francis, 12(6), 576-583. <https://doi.org/10.1080/15567249.2016.1248871>

Toto, R., Imami, F., Poro, E., Garvanlieva, V., Jeftić, M., Gjoka, R., & Bejko, A. (2023). D4.1 - Report on Western Balkans Just Green Transition Conceptualisation. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7790862>

Valjarević, A., Valjarević, D., Filipović, D., Dragojlović, J., Milosavljević, S., Milanović, M. (2021). One Small Municipality and Future of Renewable Energy Strategy. *Polish Journal of Environmental Studies*

HARD Publishing Company, Olsztyn, Poland, 30(1), 1-9. <https://doi.org/10.15244/pjoes/122451>

World Energy Council, (2022). World energy trilema index 2022, London. <https://trilemma.worldenergy.org/>; <https://www.worldenergy.org/>

Vračarević, B. (2019). Ključni izazovi održivog razvoja - iscrpljivanje neobnovljivih energetskih resursa i izmena globalne klime. *Ekonomski vidici*. Društvo ekonomista Beograda, 24(3-4), 193-208.

Вукосавић С. et al. (2023). Развој електроенергетике Републике Србије до 2050. године. Академијски одбор за енергетику САНУ. <https://odborzaenergetiku.rs/>