

Izazovi održivog razvoja u energetsom sektoru

Gordana Kokeza*, Sonja Josipović*

* Univerzitet u Beogradu – Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, Beograd

Rezime - Primena principa održivog razvoja predstavlja jedan od osnovnih zahteva savremenog privređivanja. Ispunjavanje datih principa posebno je važno u privrednim granama koje predstavljaju najveće zagađivače životne sredine, kakva je i energetika. U ovom radu razmatraju se izazovi koji postoje u održivom razvoju energetskega sektora, s obzirom na njegovu specifičnost i značaj za celokupni privredni i društveni razvoj. U proučavanju predmetne problematike polazi se od razmatranja uloge i značaja održivog razvoja u savremenom privređivanju, zatim se pažnja usmerava na problematiku primene održivog razvoja u energetsom sektoru, dok se u završnom delu rada vrši komparativna analiza određenih pokazatelja poslovanja energetskega sektora u zemljama Evropske unije i Srbije, a koji se tiču njegove održivosti, kao što su energetska efikasnost, energetska sigurnost, korišćenje obnovljivih izvora i drugi. U radu se zaključuje da je preduslov održivog razvoja ovog sektora donošenje adekvatne energetske politike, budući da primena principa i različitih elemenata održivog razvoja podrazumeva odgovarajuća ulaganja, adekvatna tehnološka rešenja, ali i vreme da se ostvare željeni efekti. Zato zelena i održiva ekonomija podrazumevaju sprovođenje reformi koje bi omogućile energetskega tranziciju, a koja bi mogla da doprinese kako povećanju energetske efikasnosti, tako i većem korišćenju obnovljivih izvora energije i čistih energetskega tehnologija.

Ključne reči - energetika, održivi razvoj, zelena ekonomija, energetskega tranzicija, energetska efikasnost.

I UVOD

Energetika, kao jedna od ključnih privrednih grana, sa ekonomijom je povezana mnogobrojnim, složenim i uzajamno uslovljenim vezama. Tokom čitave istorije društveno-ekonomskog razvoja energija je predstavljala ključni input za dati razvoj, a načini proizvodnje i korišćenja energije imali su izuzetno veliki uticaj i na privredne i na društvene tokove. Najznačajniji uticaji energetike u privrednim aktivnostima ispoljeni su posebno u sferi inputa u procesu proizvodnje, transporta, obavljanja poljoprivrednih delatnosti i vršenja različitih usluga. U industrijskom sektoru dostupnost i cena energije mogu bitno uticati kako na visinu troškova proizvodnje, tako i na konkurentsku prednost pojedinih industrijskih grana. Ovo se posebno odnosi na energetskega intenzivne sektore, kao što je pre svega proizvodni sektor. Pored mnogobrojnih podstičućih uticaja, funkcionisanje energetskega sektora često dovodi i do negativnih posledica, posebno u sferi zagađenja i narušavanja životne sredine. Naime, intenzivno korišćenje neobnovljivih fosilnih goriva (kao što su nafta, uglj i prirodni gas) dovodi do znatnog zagađenja vazduha i predstavlja

jednu od najvećih prepreka zaustavljanju globalnog zagrevanja. Iako proizvodnja energije iz fosilnih goriva može znatno da doprinese ostvarenju ekonomskog rasta, na ovaj način dobijena energija često dovodi do bespovratnog zagađenja životne sredine.

Sa stanovišta veze koja postoji između energetike i ostvarenja globalnih ciljeva održivog razvoja može se reći da energetika ima jednu od najvažnijih uloga. To je posledica činjenice da sektor energetike oduvek ima značajan uticaj na ekonomski rast, na razvoj tehnoloških inovacija, kao i na ostvarivanje socijalne jednakosti i očuvanje životne sredine. Zato je neophodno da se u daljem toku razvoj energetike fokusira na proizvodnju i potrošnju energije u skladu s principima održivosti. Takođe je nužno naglasiti da obezbeđenje troškovno-efikasne i stabilne ponude energije predstavlja preduslov budućeg društveno-ekonomskog razvoja, kako razvijenih ekonomija, tako i ekonomija u razvoju, kao što je naša. Podsticanje primene održivih praksi u oblasti energetike naročito je značajno za realizaciju dva od ukupno sedamnaest ciljeva održivog razvoja, definisanih Agendom 2030, koju su usvojile zemlje Ujedinjenih nacija 2015. godine. Sedmi cilj održivog razvoja upravo je usmeren na povećanje energetske efikasnosti i učešće obnovljivih izvora energije. Ostvarenjem ovog cilja obezbedila bi se pristupačna, pouzdana i obnovljiva energija. S druge strane, trinaesti cilj odnosi se na borbu protiv klimatskih promena i na zaštitu vazduha. Postizanjem navedenih ciljeva energetskega sektor bi mogao pozitivno da utiče na sve tri ključne dimenzije održivog razvoja - ekonomiju, društvo i životnu sredinu.

U skladu s iznetim, posle uvoda, u drugom delu rada, biće ukazano na izazove koji prate održivi razvoj energetskega sektora, kao i na ulogu i značaj zelene energetskega tranzicije. U trećem delu rada biće prikazani najznačajniji pokazatelji održivog razvoja energetike. Rezultati analize uspešnosti primene koncepta održivog razvoja energetike u zemljama Evropske unije i Srbiji tokom perioda 2013-2023. godina biće predstavljeni u četvrtom delu rada, dok će u završnom delu rada biti izneta zaključna razmatranja.

II ZELENA ENERGETSKA TRANZICIJA

Ubrzan ekonomski rast u prošlosti za posledicu je imao veoma izraženo narušavanje životne sredine. Ovo se posebno odnosi na privredne grane koje su poznate kao veliki zagađivači, kakva je i energetika. Kao posledica toga, u razvojnim teorijama definisan je koncept održivog razvoja, s ciljem da njegova primena u praksi omogući pomirenje ekonomskih, ekoloških i socijalnih ciljeva. Primena datog koncepta znatno je uslovljena i održivošću funkcionisanja i poslovanja energetskega sektora, koji bi trebalo da obezbedi da se postigne ravnoteža između energetskega

sigurnosti, ekonomskog rasta i zaštite životne sredine. Negativni uticaj energetike na životnu sredinu svakako je posledica činjenice da su rezerve fosilnih goriva ograničene, kao i da je njihova ekstrakcija sve teža i sve skuplja, čime je i proces zagađenja životne sredine sve intenzivniji. Jedno od rešenja ovakve situacije je okretanje ka zelenim izvorima energije, koji, budući da su obnovljivi i čistiji, mogu smanjiti zagađenje i emisiju štetnih gasova u okruženje. Međutim, prelazak na održiviji energetske sistem predstavlja veliki izazov, kako sa stanovišta finansijskih, materijalnih, kadrovskih i drugih ulaganja, tako i sa stanovišta neophodnosti kreiranja odgovarajućih novih tehničko-tehnoloških rešenja za realizaciju datog procesa. Usled toga, nužno je izvršiti promenu energetskog miksa putem diversifikacije energetskih izvora, koja bi značila povećanje korišćenja obnovljivih izvora energije i smanjenje korišćenja fosilnih goriva. Sve to uticalo bi na jačanje energetske sigurnosti i smanjenje rizika od prekida u snabdevanju električnom energijom.

U literaturi koncept održivog razvoja posmatra se kao sistem koji se sastoji od četiri međusobno tesno povezana podsistema održivosti, a to su: *održivost energije i resursa, ekonomska održivost, ekološka održivost i društvena održivost* [1], [2]. Pri tome, poslovanje po principu dugoročne održivosti posebno je značajno za privredne subjekte energetskog sektora. Ovo stoga što proizvodnja i potrošnja energije može da prouzrokuje značajne ekološke probleme na globalnom, nacionalnom i na lokalnom nivou. Da bi razvoj energetike bio zaista održiv neophodno je da se više oslanja na alternativne izvore energije, koji se mogu pribaviti po prihvatljivoj ceni, a koji ili nemaju nikakav, ili ostvaruju minimalan negativan uticaj na društvo kao celinu. Termin održiva energija odnosi se na korišćenje energetskih resursa koji mogu da zadovolje sadašnje energetske potrebe bez ugrožavanja mogućnosti da buduće generacije zadovolje svoje potrebe za energijom [3]. Zato održivi razvoj energetskog sektora treba da doprinese povećanju energetske sigurnosti preko smanjenja oslanjanja na fosilna goriva i preko jačanja energetske nezavisnosti. Primena savremenih tehnologija u proizvodnji i primeni održivih energija može znatno da doprinese smanjenju troškova otklanjanja negativnih uticaja energetike na životnu sredinu (kao što su uništavanje zemljišta i emisije gasova staklene bašte), a koji su povezani sa korišćenjem konvencionalnih izvora energije. Sve to može da omogući izgradnju održivijeg i otpornijeg sektora energetike. Razvoj energetike na održiv način podrazumeva i veći doprinos ekonomskom rastu, uz istovremeno smanjenje siromaštva, očuvanje životne sredine i uz širenje primene zelene i cirkularne ekonomije u oblasti energetike [4], [5].

Zelena ekonomija je jedan od osnovnih elemenata koncepta održivog razvoja. Pojam zelena ekonomija, kao i njegovi različiti aspekti, predstavljen je 1989. godine u izveštaju „Nacrt plana za zelenu ekonomiju“. Od tada do danas navođene su različite definicije koncepta „ozelenjavanja“ modernih ekonomija na putu ka održivom razvoju, a koje u prvi plan ističu tehnološke inovacije, efikasnost upotrebe resursa, značaj očuvanja prirodnog kapitala, ekološke rizike razvoja, kao i razvoj društva [6].

U konceptu održivog razvoja široka primena zelene energije u procesu privrednog razvoja zauzima veoma značajno mesto.

Koncept ekonomije zelene energije (*green energy economy - GEE*) zalaže se za postizanje ravnoteže između ekonomije, društva i životne sredine, preko istovremenog [3]:

- povećanja ulaganja u čistu energiju;
- stimulisanja inovacija u sektoru energetike i razvoju tržišta za tehnologije sa niskim sadržajem ugljenika;
- kreiranja novih „zelenih radnih mesta“;
- povećanja energetske sigurnosti i konkurentnosti nacionalne privrede;
- smanjenja emisije CO₂;
- smanjenja ekonomskih nejednakosti i siromaštva;
- promovisanja međugeneracijske jednakosti i
- stvaranja novih mogućnosti za ljudski razvoj.

Zeleni energetske resursi i tehnologije smatraju se ključnim komponentama održivog razvoja. Za to se navode tri razloga [1]:

- 1) ostvarivanje manjeg negativnog uticaja na životnu sredinu u odnosu na druge izvore energije;
- 2) nemogućnost iscrpljivanja ako se pažljivo koriste, pri čemu se obezbeđuje pouzdano i održivo snabdevanje energijom i
- 3) podrazumevanje decentralizacije sistema, čime se značajno povećava njegova fleksibilnost i pruža mogućnost za lokalna rešenja koja su nezavisna od nacionalne mreže i koja mogu da pruže ekonomsku korist maloj izolovanoj populaciji.

Različiti oblici energije, kao što su energija dobijena od sunca, vode, vetra, biomase i geotermalna energija, predstavljaju izvore energije koji su ekološki prihvatljiviji i održiviji. Sa stanovišta održivog razvoja korišćenje datih oblika energije smatra se zelenim jer može znatno da smanji negativan uticaj na kvalitet vazduha, vodnih resursa i zemljišta, a koji nastaje korišćenjem energije dobijene iz fosilnih goriva. Osim toga, proizvodnja zelene energije u skladu je s rastućom tražnjom za čistom energijom u industriji i domaćinstvima.

Da bi se uspešno izgradio sigurniji, održiviji i pristupačniji energetske sistem neophodno je konstantno smanjivanje ekoloških pretnji kao što su: klimatske promene, gubitak biodiverziteta, zagađenje i gomilanje otpada i slično. Navedenim procesima znatno može da doprinese primena principa cirkularne ekonomije u procesu proizvodnje i korišćenja energije. U literaturi cirkularna ekonomija smatra se stubom održivosti, sigurnosti i efikasnosti energetskog sektora, kao i efikasnim sredstvom za ubrzanje dekarbonizacije. Osnovu koncepta cirkularne ekonomije čini unapređenje ekonomskog rasta uz smanjenje i eliminisanje otpada, uz očuvanje prirodnog kapitala, sa racionalnim upravljanjem oskudnim resursima, uz maksimalnu energetske efikasnosti, recikliranje materijala i njihovu ponovnu upotrebu. Unapređenje i očuvanje prirodnih resursa pomoću efikasnog upravljanja prirodnim kapitalom, racionalno korišćenje materijala i resursa kako bi se maksimizirala njihova vrednost, kao i eliminisanje negativnih eksternalija, predstavljaju osnovne principi cirkularne ekonomije. U cilju povećanja energetske efikasnosti veoma je bitan prelazak preduzeća na poslovne modele u okviru cirkularne ekonomije [7]. Stvaranje resursa iz otpada i razvijanje tehnologija za proizvodnju energije iz otpada (*waste-to-energy, WtE*) u skladu s principima cirkularnosti jedan je od najefikasnijih načina da se

ostvari cilj održive proizvodnje energije, tj. proizvodnje energije sa niskom emisijom ugljenika, uz smanjenje rizika po zdravlje i životnu sredinu koje prouzrokuje otpad. Cirkularna ekonomija predstavlja adekvatnu zamenu za linearnu ekonomiju zato što se njenom primenom eliminiše otpad, maksimizira efikasnost resursa, optimizuje potrošnja materijala, koriste prednosti obnovljivih resursa i kontinuirano dopunjuju prirodni resursi [8].

Jedan od velikih problema proizvodnje energije iz konvencionalnih izvora jeste emisija gasova staklene bašte. Dati problem moguće je rešiti primenom novih tehnologija, kao i efikasnijim korišćenjem otpadnih materijala, kao što su biogas i biomasa. Najveći proizvođači električne energije iz biogasa, bioenergije, obnovljivog komunalnog otpada i čvrstih biogoriva jesu Evropa, Azija i Severna Amerika. Iako se u svetu količina električne energije proizvedene iz otpada povećala od 2012. do 2021. godine, njeno učešće u ukupno proizvedenoj električnoj energiji 2021. godine iznosilo je samo 3 procenta. Trebalo bi istaći da proces primene koncepta cirkularne ekonomije nije nimalo lak ni jednostavan, što se posebno odnosi na energetske sektor. Naime, na putu ka većoj primeni ovog koncepta u energetske sektor postoje mnogobrojne prepreke, kao što su postojeće politike i propisi koji su zasnovani na linearnim ekonomskim modelima, nedovoljna informisanost šire javnosti o prednostima reciklaže i cirkularnih sistema, postojanje rizika po životnu sredinu i pored smanjene emisije štetnih materija (npr. proizvodnja biogoriva je povezana sa problemima sigurnog snabdevanja hranom, iscrpljivanja vode, kontaminacije zemljišta, krčenja šuma, zagađivača povezanih sa đubrivom itd.).

Iako je korišćenje obnovljivih izvora energije sve veće, kao i uprkos činjenici da se prilikom proizvodnje električne energije primenjuju određeni oblici cirkularne ekonomije, primarni izvor energije i dalje je fosilno gorivo. U prilog tome govore i podaci da se oko 60% svetske električne energije proizvodi iz fosilnih goriva (ugalj, nafta, prirodni gas i dr.), oko 19% dobija se iz nuklearne energije, dok se samo oko 21% svetske električne energije dobija iz obnovljivih izvora [9].

III POKAZATELJI ODRŽIVOG RAZVOJA ENERGETIKE

Koncept održivog razvoja energetike je složen i višedimenzionalan. Može se definisati kao razvoj koji je kontinuiran i koji je podržan od strane ekonomski profitabilnog, društveno i ekološki odgovornog sektora energetike sa globalnom i dugoročnom vizijom [10]. Aktivnosti povezane sa ovim konceptom primarno su usmerene na veću upotrebu obnovljivih izvora energije (diversifikaciju energetske miksa), poboljšanje energetske efikasnosti, smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte i unapređenje kvaliteta života i smanjenje energetske siromaštva stanovništva [11].

Tranzicija ka održivom razvoju sektora energetike donosi mnogobrojne ekonomske, ekološke i društvene koristi za nacionalne privrede. Jedna od datih prednosti jeste i činjenica da se diversifikacijom energetskih izvora smanjuje zavisnost ekonomija od raspoloživih rezervi fosilnih goriva, zatim povećava se energetska sigurnost i nezavisnost zemalja, a samim tim smanjuje se i rizik od pojave poremećaja u snabdevanju energijom. Tranzicija ka održivosti donosi povećanje energetske efikasnosti, a u dugom roku omogućava znatne uštede u

troškovima, koje se ne odnose samo na snižavanje troškova proizvodnje energije, već i na snižavanje troškova saniranja zagađenja vazduha i klimatskih promena. Prednosti tranzicije ka održivom razvoju energetike ogledaju se i u mogućnosti otvaranja novih radnih mesta u sektoru obnovljive energije, u rastu investicija za projekte održive energije, kao i u otvaranju novih ekonomskih mogućnosti za razvoj ruralnih područja (kao što su obezbeđenje novih izvora prihoda za poljoprivrednike i zemljoposjednike), što sve utiče na jačanje konkurentnosti i ubrzanje ekonomskog rasta jedne privrede.

Tabela 1. Pregled pokazatelja održivog razvoja energetike [11], [12], [13], [14]

Dimenzija	Pokazatelj	Utica
Energija	Ukupna ponuda primarne energije po stanovniku	pozitivan
	Potrošnja primarne energije po stanovniku	negativan
	Potrošnja finalne energije po stanovniku	negativan
	Učešće energije iz obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji energije	pozitivan
	Zavisnost od uvoza energije (neto-uvoz/ukupno raspoloživa energija)	negativan
	Gubici električne energije (proizvodnja - potrošnja + neto uvoz električne energije)	negativan
Životna sredina	Ukupne emisije fosilnog CO ₂	negativan
	Intenzitet ugljenika (CO ₂ /BDP)	negativan
	Emisije gasova sa efektom staklene bašte po stanovniku u oblasti energetike	negativan
Ekonomija	BDP po stanovniku	pozitivan
	Energetska produktivnost (BDP/ukupno raspoloživa energija)	pozitivan
	Ukupna izdvajanja za istraživanje i razvoj	pozitivan
	Primarna energetska intenzivnost (ukupna primarna potrošnja energije/BDP)	negativan
	Finalna energetska intenzivnost (ukupna finalna potrošnja energije/BDP)	negativan
	Neto trgovinska razmena energenata sa inostranstvom ((izvoz-uvoz)/BDP)	pozitivan
Društvo	Cena električne energije za domaćinstva	negativan
	Stanovništvo koje nije u mogućnosti da adekvatno zagreje stambeni prostor	negativan

U zemljama Evropske unije energetska tranzicija ima za cilj stvaranje konkurentnog, sigurnog i održivog energetskeg sektora putem razvoja obnovljivih izvora energije, odnosno većeg korišćenja zelene (obnovljive) energije. Agencija za statistiku Evropske unije (Eurostat) definisala je set pokazatelja za praćenje napretka u ostvarenju globalnih ciljeva održivog razvoja. Ostvarenje ciljeva održivog razvoja u oblasti energetike, obezbeđenje dostupne i obnovljive energije, prati se na osnovu sledećih sedam pokazatelja [12]: 1) potrošnja primarne energije; 2) potrošnja finalne energije; 3) potrošnja finalne energije u

domaćinstvima po stanovniku; 4) energetska produktivnost; 5) učešće energije iz obnovljivih izvora u bruto finalnoj potrošnji energije; 6) zavisnost od uvoza energije i 7) stanovništvo koje nije u mogućnosti da adekvatno zagreje stambeni prostor. Rast energetske produktivnosti i povećanje električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora ubrzava, dok povećanje potrošnja primarne i električne energije po stanovniku i veća zavisnost od uvoza energije usporava tranziciju energetskog sektora ka dostupnoj i obnovljivoj energiji.

U literaturi se za potrebe istraživanja o ostvarenim rezultatima u oblasti održivog razvoja energetike, pored navedenih, koriste i drugi pokazatelji energetskog sektora. U Tabeli 1. prikazani su najznačajniji pokazatelji održivog razvoja energetike u oblasti energetske sigurnosti, ekološke bezbednosti, ekonomske i socijalne sigurnosti, kao i njihov uticaj na energetska tranziciju.

Analiza uspešnosti implementacije koncepta održivog razvoja energetike u jedanaest zemalja EU na području centralne i istočne Evrope ukazala je na postojanje značajnih razlika u razvoju energetskog sektora, čije postojanje zahteva primenu različitih pristupa u kreiranju energetske politike koja će podržati energetska tranziciju u ovim zemljama. Za ovu analizu korišćen je 21 pokazatelj održivog razvoja energetike u oblasti energetske sigurnosti, ekološke bezbednosti, ekonomske i socijalne sigurnosti za 2008. i 2018. godinu. Najuspešnije u pogledu sprovođenja energetske tranzicije su Letonija i Hrvatska, dok su najlošije rangirane Poljska i Bugarska [11].

Prema rezultatima komparativne analize energetske efikasnosti zemalja Evropske unije i Zapadnog Balkana, dobijenih primenom DEA pristupa, osam zemalja Evropske unije (Irska, Luksemburg, Belgija, Holandija, Češka, Francuska, Kipar i Austrija) bile su relativno energetske efikasne u odnosu na ostale posmatrane zemlje u 2021. godini [7].

Preduslov za ostvarivanje koristi koje donosi energetska tranzicija jeste otklanjanje velikog broja prepreka. Visoki investicioni troškovi za izgradnju infrastrukture koja je potrebna za proizvodnju obnovljive energije i dalje predstavljaju jednu od ključnih barijera njihovog šireg korišćenja i pored toga što je tokom poslednje decenije došlo do značajnog napretka u razvoju tehnologije za proizvodnju obnovljive energije (što je uticalo na veću efikasnost i na snižavanje troškova proizvodnje energije). Jedan od problema energetske tranzicije jeste i postojeća energetska struktura koja se oslanja na tradicionalne izvore energije, kao i sumnja koliko će projekti obnovljive energije potencijalno uticati na povećanje zagađenja, buke i na promenu pejzaža. Funkcionisanje tržišnog mehanizma uglavnom ne dovodi do optimalnog nivoa/obima korišćenja energije iz obnovljivih izvora, što je posledica različitih vidova nesavršenosti tržišta (nizak nivo i/ili prisustvo nelojalne konkurencije u odnosu na ostale vrste energenata, nepotpuna internalizacija eksternih troškova i rigidno projektovani elektroenergetski sistemi koji otežavaju/ograničavaju povećanje udela energije iz obnovljivih izvora) [15].

Da bi se izazovi adekvatno procenili i prepreke lakše prevazišle, važno je razmotriti izazove i mogućnosti prelaska na održive izvore energije i pažljivo proceniti troškove i koristi (finansijske koristi i pozitivne eksterne efekte) svakog izvora energije.

Energetska tranzicija je povezana i sa promenama na tržištu rada. Za razvoj održive energetike neophodni su odgovarajući stručnjaci za pojedina polja, koji poseduju odgovarajuće, specifično, tehničko znanje i veštine. Većina radnika ne poseduje odgovarajuće veštine za obavljanje novih, zelenih poslova, s obzirom na to da ih nisu ni mogli steći jer se radi o novim poslovima. Zato se stvara raskorak u veštinama, koji se može prevazići samo odgovarajućom obukom kadra. Za kompanije dodatna obuka i priprema zaposlenih predstavlja dodatni trošak i zahteva dodatno vreme, što takođe može biti jedan od problema prilikom tranzicije energetike na održive uslove poslovanja. Zato su za podsticanje proizvodnje i korišćenja obnovljive energije neophodne i odgovarajuće reforme, pre svega u sferi promene energetske politike. Novim, adekvatnim energetske politikama trebalo bi kreirati stimulatívno okruženje za unapređenje tehnologija za proizvodnju i korišćenje obnovljivih izvora energije, kako bi se oni učinili više dostupnim i pristupačnim za potrošače. Takođe je neophodna kontinuirana saradnja između sektora obnovljivih izvora energije i obrazovnog sistema koja treba da bude usmerena ka usklađivanju tražnje za specifičnim veštinama sektora obnovljivih izvora energije i veštinama koje nude studijski programi na fakultetima [16].

IV ENERGETSKA TRANZICIJA U ZEMLJAMA EU I SRBIJI

Predmet istraživanja u ovom delu rada jeste analiza uspešnosti implementacije koncepta održivog razvoja energetike u zemljama Evropske unije i Srbiji. Analiza ima za cilj da se sagledaju razlike između posmatranih zemalja, da se sagledaju uzroci datih razlika, kao i da se predlože budući pravci akcija.

Na osnovu pregleda najznačajnijih pokazatelja održivog razvoja energetike koji su predstavljeni u trećem delu rada i po ugledu na 3E&S model (*energy, environment, economy, and society model*) izabrano je dvanaest pokazatelja koji obuhvataju četiri dimenzije održivog razvoja energetike, a to su [11], [17]:

- *energija* (potrošnja primarne energije po stanovniku, potrošnja finalne energije po stanovniku, udeo obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji energije i zavisnost od uvoza energije),
- *životna sredina* (ukupne emisije CO₂ i intenzitet ugljenika),
- *ekonomija* (BDP po stanovniku, energetska produktivnost, ukupna izdvajanja za istraživanje i razvoj i primarni energetske intenzitet) i
- *društvo* (cena električne energije za krajnje potrošače i stanovništvo koje nije u mogućnosti da adekvatno zagreje stambeni prostor).

Podaci za izabrane pokazatelje odnose se na 2013. i 2023. godinu, a preuzeti su iz baza podataka Agencije za statistiku Evropske unije (Eurostat), Uprave za energetske informacije (EIA) američkog Ministarstva energetike i Svetske banke [12], [18], [19]. Kako bi se sagledala promena vrednosti pokazatelja tokom posmatranog vremenskog perioda izračunata je procentualna promena njihove vrednosti u odnosu na 2013. godinu. U Tabeli 2 prikazana je procentualna promena vrednosti izabranih pokazatelja održivog razvoja energetike za zemlje Evropske unije i Srbiju između 2013. i 2023. godine, dok je u Tabeli 3 prikazana vrednost pokazatelja u 2023. godini.

Tabela 2. Procentualna promena vrednosti pokazatelja održivog razvoja energetike za zemlje EU i Srbiju između 2013. i 2023. godine

Zemlja	Potrošnja primarne energije po stanovniku	Potrošnja finalne energije po stanovniku	Udeo OIE u bruto finalnoj potrošnji energije	Zavisnost od uvoza energije	Ukupne emisije CO ₂	Intenzitet ugljenika	BDP po stanovniku	Energetska produktivnost	Ukupna izdvajanja za istraživanje i razvoj*	Primarna energetska intenzivnost	Cena električne energije za krajnje potrošače	Stanovništvo koje nije u mogućnosti da adekvatno zagreje stambeni prostor
Austrija	-14,95	-14,23	25,04	-0,34	-13,56	-27,94	11,39	22,81	8,29	-23,64	27,43	44,44
Belgija	-17,99	-16,06	92,17	-2,26	-18,87	-34,05	16,47	31,99	45,88	-29,59	100,18	3,45
Bugarska	13,38	22,94	19,32	3,67	-15,54	-53,94	106,64	28,95	21,39	-45,13	23,16	-53,90
Češka	-15,58	-6,13	33,45	51,11	-19,77	-50,20	55,92	40,97	6,43	-45,86	89,77	-1,61
Danska	-18,31	-10,27	63,38	215,69	-34,72	-44,74	11,53	42,18	-2,37	-26,76	27,03	81,58
Estonija	-30,81	-13,77	61,50	-76,10	-48,96	-68,54	56,05	74,44	4,40	-55,66	59,88	41,38
Finska	-4,73	-10,65	38,55	-40,44	-38,86	-44,09	6,51	9,52	-8,30	-10,55	62,04	116,67
Francuska	-19,13	-18,04	60,54	-6,49	-24,04	-29,90	4,74	33,03	-1,66	-22,79	50,92	83,33
Grčka	-10,38	8,13	64,88	22,43	-32,44	-34,37	8,47	29,75	84,10	-17,38	48,88	-34,92
Holandija	-23,61	-23,38	271,35	196,77	-27,97	-44,85	22,76	49,00	6,68	-37,77	99,95	144,83
Hrvatska	16,55	18,01	0,04	17,47	-4,83	-32,51	54,67	27,48	55,36	-24,65	7,87	-37,37
Irska	-5,51	-4,09	102,81	-14,87	-7,64	-59,25	97,43	103,11	-36,21	-52,14	19,17	-28,00
Italija	-9,51	-5,22	17,04	-2,51	-15,16	-20,61	9,11	22,28	-0,08	-17,06	65,01	-49,47
Kipar	0,03	4,53	139,83	-4,02	8,97	-22,96	31,49	31,30	71,09	-19,65	35,47	-44,59
Letonija	4,76	7,20	16,70	-41,44	-11,67	-39,05	55,36	34,12	30,46	-32,57	121,63	-68,72
Litvanija	11,88	13,73	40,71	-9,94	-5,46	-45,14	77,49	33,78	5,41	-36,97	105,84	-31,51
Luksemburg	-29,84	-30,40	310,85	-6,68	-32,33	-48,55	7,23	45,70	-18,95	-34,58	20,60	31,25
Mađarska	1,76	5,65	5,63	23,83	-7,59	-40,96	61,44	33,26	1,15	-36,97	-17,18	-50,68
Malta	-22,94	7,89	300,98	-6,32	-25,10	-63,78	59,37	21,83	-9,87	-51,65	-24,22	-71,55
Nemačka	-24,96	-16,01	56,63	6,36	-28,33	-39,69	15,09	44,04	9,31	-34,80	41,32	54,72
Poljska	3,91	15,78	44,64	82,92	-10,14	-42,46	61,92	44,42	69,52	-35,83	19,53	-58,77
Portugalija	-2,55	7,62	36,83	-8,84	-22,68	-39,38	26,09	23,18	30,43	-22,72	-0,48	-25,45
Rumunija	3,47	12,06	7,83	52,12	-13,18	-53,02	93,78	48,02	20,44	-46,60	43,01	-14,97
Slovačka	-5,72	-9,05	67,67	-1,14	-13,70	-35,63	33,74	32,69	21,94	-29,50	11,43	50,00
Slovenija	-14,45	-8,93	8,23	3,77	-25,12	-48,16	40,34	51,08	-18,12	-39,04	19,07	-26,53
Španija	-8,24	-2,48	64,79	-2,26	-12,03	-26,04	14,68	24,09	4,28	-19,99	10,14	160,00
Švedska	-18,70	-12,08	32,38	-19,55	-19,12	-19,23	-8,76	34,09	9,82	-10,90	26,70	555,56
Srbija	8,20	18,68	20,54	86,36	-4,96	-41,05	74,44	15,00	41,46	-37,97	70,92	-48,09

* Period posmatranja 2013. i 2022. godina

Tabela 3. Pokazatelji održivog razvoja energetike za zemlje EU i Srbiju, 2023. godina

Zemlja	Potrošnja primarne energije po stanovniku (toe)	Potrošnja finalne energije po stanovniku (toe)	Udeo OIE u bruto finalnoj potrošnji energije (%)	Zavisnost od uvoza energije (%)	Ukupne emisije CO ₂ (mil. tona)	Intenzitet ugljenika (kgCO ₂ /USD)	BDP po stanovniku (tekući USD)	Energetska produktivnost (EUR/kgoe)	Ukupna izdvajanja za istraživanje i razvoj (% BDP)*	Primarna energetska intenzivnost (kgoe/USD)	Cena električne energije za krajnje potrošače (EUR/kWh)	Stanovništvo koje nije u mogućnosti da adekvatno zagreje stambeni prostor (%)
Austrija	3,22	2,65	40,84	61,05	58,58	0,11	56033,57	10,93	3,20	0,057	0,27	3,90
Belgija	3,57	2,66	14,74	76,10	83,37	0,13	54700,91	7,84	3,40	0,065	0,44	6,00
Bugarska	2,58	1,49	22,55	39,72	36,09	0,35	15885,54	2,94	0,77	0,162	0,11	20,70
Češka	3,27	2,08	18,59	41,68	85,62	0,25	31591,18	5,23	2,00	0,103	0,32	6,10
Danska	2,59	2,25	44,40	38,87	27,26	0,07	68453,88	18,81	2,90	0,038	0,38	6,90
Estonija	2,99	1,90	40,95	3,47	10,02	0,24	30133,30	4,64	1,80	0,099	0,22	4,10
Finska	5,61	3,98	50,75	29,57	31,62	0,11	52925,69	6,10	3,00	0,106	0,26	2,60
Francuska	3,07	1,90	22,28	44,87	272,48	0,09	44690,93	10,23	2,20	0,069	0,23	12,10
Grčka	1,91	1,51	25,27	75,60	55,20	0,23	23400,73	8,94	1,50	0,082	0,23	19,20
Holandija	3,01	2,29	17,42	70,45	118,67	0,10	64572,01	10,46	2,30	0,047	0,38	7,10
Hrvatska	2,20	1,84	28,05	55,72	17,52	0,21	21865,46	6,68	1,24	0,101	0,15	6,20
Irska	2,66	2,26	15,25	77,90	34,43	0,06	103887,80	26,16	1,00	0,026	0,27	7,20
Italija	2,28	1,84	19,59	74,81	313,46	0,14	39003,32	11,80	1,30	0,059	0,38	9,50
Kipar	1,86	1,41	20,21	92,21	7,17	0,21	36551,42	9,48	0,83	0,074	0,37	16,90
Letonija	2,29	2,08	43,22	32,73	6,51	0,15	22502,84	5,66	0,80	0,102	0,31	6,60
Litvanija	2,19	1,85	31,93	68,04	12,46	0,16	27786,01	6,02	1,00	0,079	0,28	20,00
Luksemburg	5,55	5,25	14,36	90,62	6,99	0,08	128678,19	15,08	1,00	0,043	0,20	2,10
Mađarska	2,30	1,75	17,12	62,06	40,19	0,19	22141,87	5,69	1,40	0,104	0,12	7,20
Malta	1,63	1,27	15,08	97,55	1,82	0,08	40395,77	4,52	0,67	0,040	0,13	6,80
Nemačka	2,87	2,25	21,55	66,38	596,15	0,13	54343,23	11,84	3,10	0,053	0,41	8,20
Poljska	2,55	1,91	16,56	48,02	289,28	0,36	22056,67	5,69	1,50	0,116	0,18	4,70
Portugalija	1,96	1,63	35,16	66,87	37,23	0,13	27331,21	8,98	1,73	0,072	0,21	20,80
Rumunija	1,57	1,22	25,76	27,86	68,24	0,19	18404,27	6,35	0,47	0,086	0,19	12,5

Slovačka	2,86	1,71	16,99	57,73	30,74	0,23	24491,38	5,48	1,00	0,117	0,19	8,10
Slovenija	2,78	2,12	25,07	49,27	11,33	0,16	32610,11	7,72	2,10	0,085	0,19	3,60
Španija	2,28	1,67	24,85	68,42	221,62	0,14	33509,01	9,94	3,40	0,068	0,25	20,80
Švedska	3,93	2,88	66,39	26,39	36,56	0,06	55516,84	10,07	1,40	0,071	0,27	5,90
Srbija	2,26	1,55	25,43	44,90	42,36	0,52	12281,51	2,53	0,97	0,184	0,10	9,50

* Podaci za 2022. godinu

Na osnovu analize podataka prikazanih u Tabeli 2 i Tabeli 3 može se zaključiti da postoje određene sličnosti, ali i značajne razlike između posmatranih zemalja. Šesnaest zemalja povećalo je energetske efikasnosti zahvaljujući smanjenju potrošnje i primarne i finalne energije po stanovniku. Sve posmatrane zemlje povećale su udeo obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji energije. Najveći rast su imale Luksemburg, Malta, Holandija, Kipar i Irska. U 2023. godini udeo obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji energije od preko 50% imale su Švedska (66,39%) i Finska (50,75%). Najmanje dati udeo imale su Luksemburg i Belgija (oko 14%). Sa stanovništa uticaja na životnu sredinu, sve posmatrane zemlje uspele su da smanje intenzitet ugljenika (emisiju CO₂ po jedinici BDP-a) tokom posmatranog perioda.

Kada je u pitanju Republika Srbija, udeo obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji energije u periodu 2013-2023. godina povećan je relativno malo, sa 21,10% u 2013. na 25,43% u 2023. godini. Prema Integrisanom nacionalnom energetske i klimatskom planu Republike Srbije (INEKP), koji predstavlja strateški dokument o obnovljivim izvorima energije, energetske efikasnosti i smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte, očekuje se da će udeo obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji energije 2030. godine iznositi 27%, dok će udeo obnovljivih izvora energije u ukupnoj proizvodnji električne energije 2030. godine iznositi 29%, a 2050. godine 38% [20]. Ostvarenje planiranog trebalo bi da doprinese nastavku smanjenja ukupne emisije CO₂ i energetske intenziteta.

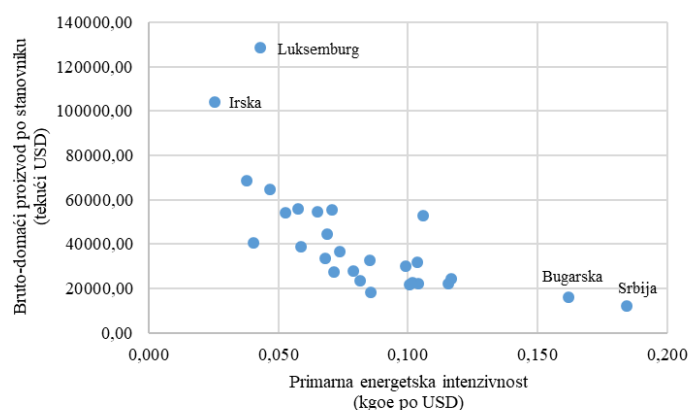
Najveće smanjenje zavisnosti od uvoza energije postigle su Estonija (76,10%), Letonija (41,44%) i Finska (40,44%). Za razliku od ovih zemalja, Danska i Holandija znatno su povećale svoju zavisnost od uvoza energije tokom posmatranog perioda. U 2023. godini najmanju zavisnost od uvoza energije imala je Estonija (3,47%), a najveću Malta, Kipar i Luksemburg (preko 90%).

Najlošija situacija u pogledu energetske siromaštva, posmatrana na osnovu udela stanovništva koje nije u mogućnosti da adekvatno zagreje stambeni prostor, jeste u Španiji, Portugaliji, Bugarskoj, Litvaniji i Grčkoj. Procenat stanovništva koje nije u mogućnosti da adekvatno zagreje stambeni prostor u navedenim zemljama iznosio je oko 20%.

Energetska produktivnost, kao mera efikasnosti korišćenja energije, najveća je bila u Irskoj, Danskoj i Luksemburgu (26,16, 18,81 i 15,08 EUR/kg ekvivalentne nafte respektivno). Srbija i Švedska imale su najmanju energetske produktivnost, manje od 3 EUR/kg ekvivalentne nafte. Sve zemlje zabeležile su rast energetske produktivnosti tokom posmatranog perioda.

U 2023. godini učešće izdvajanja za istraživanje i razvoj u BDP-u kretalo se od 3,40% u Belgiji i Sloveniji, do 0,47% u Rumuniji.

Koeficijent korelacije primarne energetske intenzivnosti i BDP-a po stanovniku je negativan i visok, a iznosi -0,68. Dve zemlje koje imaju najveći BDP po stanovniku, Luksemburg i Malta (preko 100.000 USD), imaju i najniži primarni energetske intenzitet. Važi i obrnuto, dve zemlje koje imaju najniži BDP po stanovniku, Bugarska i Srbija, imaju i najviši primarni energetske intenzitet u 2023. godini (Slika 1).



Slika 1. Primarni energetske intenzitet i bruto-domaći proizvod po stanovniku, 2023. godina

Kritična pitanja koja oblikuju odnos između energetske sektora i održivosti jesu održivo upravljanje, regulatorni okvir i tehnološke inovacije [21]. Prognoze pokazuju da će fosilna goriva i dalje biti izvor najvećeg dela svetske potrošnje ukoliko ne dođe do promene propisa i regulative kojima bi se ograničila njihova upotreba [22]. Prvi uslov za početak tranzicije ka ekonomiji zelene energije zahteva definisanje troškovno efikasnih energetske politike (politike koje promovišu praksu i tehnologije održive energije, poreski podsticaji, direktne subvencije i dr.) i strategija čija primena će obezbediti veću proizvodnju i potrošnju energije iz obnovljivih izvora. Tranzicija ka ekonomiji zelene energije zahteva veća ulaganja u energetske sisteme sa niskim sadržajem ugljenika i definisanje strategija za veću primenu zelene energije i kreiranje održivih energetske sistema. Date strategije treba da ukažu na moguće načine rešavanja ekoloških i socijalnih problema koji su povezani sa proizvodnjom i korišćenjem energije iz fosilnih goriva. Njihova primena ima za cilj maksimiziranje koristi od zelenih izvora energije. Uz odgovarajuću politiku i ekonomsku podršku obnovljiva energija ima potencijal da nadmaši fosilna goriva u pogledu konkurentnosti [3]. Bitno je napomenuti da je neophodno i da se preduzmu odgovarajuće mere kako bi se podigla svest stanovništva o tome kakve negativne posledice po životnu sredinu mogu nastati usled neadekvatne potrošnje energije.

VIII ZAKLJUČAK

Primena koncepta održivog razvoja znatno je uslovljena i

održivošću energetskog sektora, koji bi trebalo da obezbedi da se postigne ravnoteža između energetske sigurnosti, ekonomskog rasta i zaštite životne sredine. Zeleni energetske resursi i tehnologije predstavljaju ključne komponente ovog koncepta. Održivi razvoj energetskog sektora treba da doprinese povećanju energetske sigurnosti i jačanju energetske nezavisnosti smanjenjem oslanjanja na fosilna goriva, uz značajnije korišćenje alternativnih zelenih izvora energije.

Može se zaključiti da tranzicija ka održivom razvoju energetskog sektora donosi mnogobrojne ekonomske, ekološke i društvene koristi, kako za razvijene ekonomije, tako i za zemlje u razvoju, među kojima je i Srbija. Kao najznačajnije koristi mogu se navesti sledeće: smanjenje zavisnosti nacionalnih ekonomija od raspoloživih rezervi fosilnih goriva, povećanje energetske sigurnosti i nezavisnosti zemalja, povećanje energetske efikasnosti zahvaljujući značajnim uštedama u troškovima u dugom roku, kreiranje novih radnih mesta, otvaranje ekonomskih mogućnosti za razvoj nedovoljno razvijenih područja i smanjenje emisije CO₂. Preduslov za ostvarivanje navedenih koristi zelene energetske tranzicije jeste otklanjanje određenih prepreka, od kojih su najizraženije: veliki investicioni troškovi za izgradnju infrastrukture potrebne za proizvodnju obnovljive energije, postojeća energetska struktura koja se oslanja na tradicionalne izvore energije, prisustvo raskoraka u veštinama (neposredovanje odgovarajućih veština za obavljanje zelenih poslova) i neefikasno funkcionisanje tržišnog mehanizma.

U radu je izvršena analiza najznačajnijih pokazatelja uspešnosti ostvarivanja ciljeva održivog razvoja energetike, odnosno stvaranja konkurentnog, sigurnog i održivog energetskog sektora. Takođe je izvršena analiza dvanaest pokazatelja održivog razvoja energetika u oblasti energetske sigurnosti, ekološke bezbednosti, ekonomske i socijalne sigurnosti. Uzorak su činile zemlje članice Evropske unije i Srbija, a analiza pokazatelja vršena je za period 2013-2023. godina. Rezultati analize ukazuju na postojanje određenih sličnosti, ali i značajnih razlika između posmatranih zemalja. Tokom posmatranog perioda sve zemlje uspele su, u odnosu na 2013. godinu da povećaju energetske produktivnost i smanje primarnu energetske intenzivnost, ukupne emisije CO₂ i intenzitet ugljenika. Navedeni rezultati ukazuju na povoljna kretanja u pogledu ostvarenja ciljeva energetske tranzicije. Pored sličnosti, rezultati ukazuju i na postojanje značajnih razlika između analiziranih zemalja, pre svega u sferi potrošnje primarne i finalne energije po stanovniku, zatim u zavisnosti od uvoza energije, izdvajanja za istraživanje i razvoj i u udelu stanovništva koje nije u mogućnosti da adekvatno zagreje stambeni prostor. Rezultati analize takođe su potvrdili da zemlje koje su ekonomski najrazvijenije (imaju najveći BDP po stanovniku) karakteriše i najniži primarni energetske intenzitet i obrnuto.

U radu se takođe zaključuje da donošenje adekvatne energetske politike predstavlja jedan od preduslova održivog razvoja u energetskom sektoru. Primena principa i različitih elemenata održivog razvoja u ovom sektoru zahteva odgovarajuća ulaganja, primenu adekvatnih tehnoloških rešenja, ali i neophodno vreme za postizanje željenih efekata. Može se takođe zaključiti da samo energetske politike koje podržavaju zelenu energetske tranziciju mogu da obezbede troškovno-efikasnu i stabilnu ponudu energije uz istovremeno obezbeđenje socijalne jednakosti i očuvanje

životne sredine.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržalo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Broj ugovora: 451-03-65/2024-03/200135).

LITERATURA

- [1] Dincer, I., Rosen, M. Thermodynamic aspects of renewables and sustainable development, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 9, No. 2, pp. 169-189, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.02.002>
- [2] Midilli, A., Dincer, I., Ay, M. Green energy strategies for sustainable development, *Energy policy*, Vol. 34, No. 18, pp. 3623-3633, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.08.003>
- [3] Lv, Y. Transitioning to sustainable energy: opportunities, challenges, and the potential of blockchain technology, *Frontiers in Energy Research*, Vol. 11, 1258044, 2023. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1258044>
- [4] Santika, W., Anisuzzaman, M., Bahri, P., Shafiullah, G., Rupf, G., Urme, T. From goals to joules: a quantitative approach of interlinkages between energy and the sustainable development goals, *Energy Research & Social Science*, Vol. 50, pp. 201-214, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.11.016>
- [5] Santos, M., Rolo, A., Matos, D., Carvalho, L. The circular economy in corporate reporting: Text mining of energy companies' management reports, *Energies*, Vol. 16, No. 15, 5791, 2023. <https://doi.org/10.3390/en16155791>
- [6] Mundaca, L., Neij, L., Markandya, A., Hennicke, P., Yan, J. Towards a green energy economy? Assessing policy choices, strategies and transitional pathways, *Applied Energy*, Vol. 179, pp. 1283-1292, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.086>
- [7] Mitrović, Đ., Molnar, D., Josipović, S. Komparativna analiza energetske efikasnosti u zemljama Evropske unije i Zapanog Balkana, *Ekonomske ideje i praksa*, Broj 51, str. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.54318/eip.2023.dm.360>
- [8] Ghazanfari, A. An analysis of circular economy literature at the macro level, with a particular focus on energy markets, *Energies*, Vol. 16, No. 4, 2023. <https://doi.org/10.3390/en16041779>
- [9] Net Zero by 2050, IEA, Paris 2021. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050> [pristupljeno 19.01.2025]
- [10] Toward a sustainable energy future, OECD/IEA, 2001. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/831ae445-c5ea-44f7-aeb7-4d14a351aec0/TowardsaSustainableEnergyFuture.pdf> [pristupljeno 11.02.2025]
- [11] Brodny, J., Tutak, M. Assessing sustainable energy development in the central and eastern European countries and analyzing its diversity, *Science of the Total Environment*, Vol. 801, 149745, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149745>
- [12] EUROSTAT, Database, Energy statistics, Sustainable development indicators goal 7 – affordable and clean energy, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/t_envir?lang=en&subtheme=t_nrg.t_nrg_sdg_07&display=list&sort=category&extractionId=sdg_07_10 [pristupljeno 09.01.2025]
- [13] Fidanoski, F., Simeonovski, K. and Cvetkoska, V. Energy efficiency in OECD countries: A DEA approach, *Energies*, Vol. 14, No. 4, 1185, 2021. <https://doi.org/10.3390/en14041185>
- [14] Ouyang, W., Yang, J. B. The network energy and environment efficiency analysis of 27 OECD countries: A multiplicative network DEA model, *Energy*, Vol. 197, 117161, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117161>
- [15] Molnar, D., Rikalović, M., Josipović, S. *Ekonomska životne sredine: teorijsko-metodološki pristup i institucionalni okviri*, Fondacija za razvoj ekonomske nauke, Institut za ekonomiku poljoprivrede, Gradska narodna biblioteka "Žarko Zrenjanin", Beograd, 2024.
- [16] World energy transitions outlook 2023: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, IRENA, 2023. <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023> [pristupljeno 12.01.2025]
- [17] Cao, J., Jia, N., Li, G., Fan, D. Research on the evaluation of the sanity degree of energy structure based on the perspective of 3E system, *Journal of*

- Systems Engineering, Vol. 33, No.5, pp. 698-709, 2018.
- [18] U.S. Energy Information Administration, <https://www.eia.gov/international/data/world> [pristupljeno 09.01.2025]
- [19] World bank baze podataka, <https://data.worldbank.org/> [pristupljeno 10.01.2025]
- [20] Integrisani nacionalni energetska i klimatski plan Republike Srbije za period do 2030. godine sa vizijom do 2050. godine https://www.mre.gov.rs/extfile/sr/1138/INEKP_pre%C4%8Di%C5%A1%C4%87en_tekst_1.8.24.pdf [pristupljeno 02.03.2025]
- [21] Carvalho, L., Santos, M. The role of the energy sector in contributing to sustainability development goals: a text mining analysis of literature, *Energies*, Vol. 17, No. 1, 208, 2023. <https://doi.org/10.3390/en17010208>
- [22] Rikalović, G., Vračarević, B., Molnar, D. Energetska politika kao faktor održivog razvoja, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 23, No. 3, pp. 66-72, 2021. <https://doi.org/10.46793/EEE21-3.66R>

AUTORI/AUTHORS

dr Gordana Kokeza – redovni profesor, Univerzitet u Beogradu-Tehnološko-metalurški fakultet, e-mail: gkokeza@tmf.bg.ac.rs, ORCID [0000-0001-8037-5985](https://orcid.org/0000-0001-8037-5985)

dr Sonja Josipović – vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu – Tehnološko-metalurški fakultet, e-mail: sjosipovic@tmf.bg.ac.rs, ORCID [0000-0002-1091-4143](https://orcid.org/0000-0002-1091-4143) (autor za korespondenciju)

Challenges of Sustainable Development in the Energy Sector

Abstract – The application of the principles of sustainable development is one of the basic requirements of the modern economy. Fulfilment of the given principles is especially important in the branches of economy which are the biggest polluters of the environment, such as the energy sector. This paper discusses the challenges that arise in the sustainable development of the energy sector, considering its specificity and importance for the overall economic and social development. In studying this subject matter, we start from the consideration of the role and importance of sustainable development in the joint economy; then, we focus on the problems of the application of sustainable development in the energy sector, while in the final part of the paper, we conduct a comparative analysis of certain indicators of the energy sector in the EU countries and Serbia which concern its sustainability, such as energy efficiency, energy security, use of renewable sources and others. We conclude that a prerequisite for the sustainable development of this sector is the adoption of an adequate energy policy, since the application of the principles and various elements of sustainable development implies appropriate investments, adequate technological solutions, as well as a certain amount of time to achieve the desired effects. That is why a green and sustainable economy implies the implementation of the reforms that would enable energy transition, which would, in turn, contribute both to an increase in energy efficiency and to greater use of renewable energy sources and clean energy technologies.

Index Terms – Energy, Sustainable development, Green economy, Energy transition, Energy efficiency