

Razvoj i primena energije vetra u svetu i kod nas

Jovo Jelić

Sektor upravljanja projektima

Delta Inženjering D.O.O.

Beograd, Republika Srbija

j.jelic@deltainzenjering.rs

<https://orcid.org/0009-0009-0773-4457>

Apstrakt— U ovom radu dat je prikaz razvoja obnovljivih izvora energije u svetu i kod nas, sa posebnim akcentom na primeni i iskorišćenju energije vetra. Ubrzani napredak civilizacije, tehnologije i industrije, postavlja velike ciljeve u vezi sa održivim razvojem i korišćenjem čistih energija. Poslednjih godina Republika Srbija ulaže velike napore i sredstva u projekte implementacije alternativnih izvora energije kroz izgradnju solarnih elektrana i elektrana na vetar. U energetsom sektoru, razvoj obnovljivih izvora energije i povećanje njihovog učešća u ukupnoj potrošnji energije nalazi se visoko na energetske agendi Srbije. Eksploatacija vetroelektrana može doneti brojne koristi našoj zemlji, pre svega obezbeđenjem dodatnih izvora energije neophodnih za razvoj, ali i smanjenjem emisija gasova staklene bašte, doprinoseći tako borbi protiv klimatskih promena. Cilj ovog rada je predstavljanje značaja razvoja i primene energije vetra na primeru aktuelne izgradnje vetroelektrane „Kostolac“.

Gljučne reči—čista energija, energija vetra, održivi razvoj, vetropark „Kostolac“

I. UVOD

Rastući negativni uticaji fosilnih goriva na globalnu životnu sredinu podstakli su značajan zaokret ka obnovljivim izvorima energije, ističući njihovu ključnu ulogu u savremenoj proizvodnji energije zahvaljujući njihovoj rasprostranjenosti i potencijalu za ublažavanje klimatskih promena. Kako civilizacija, tehnologija i industrija napreduju, sve veći značaj se pridaje održivom razvoju i korišćenju čistih izvora energije [1]. Ova tranzicija je vođena sve većom svesću o ekološkim posledicama koje prate korišćenje tradicionalnih fosilnih goriva, uključujući emisiju gasova sa efektom staklene bašte i zagađenje vazduha. Postaje sve važnije razvijati i promovisati alternativne, obnovljive izvore energije koji mogu doprineti održivom razvoju. Pre široke upotrebe fosilnih goriva, obnovljivi izvori energije poput biomase, vetra i hidroenergije bili su primarni izvori energije za grejanje, kuvanje, plovidbu i pogon mlinova, što ukazuje na istorijsku zavisnost od ovih resursa. Sa sve većim posledicama korišćenja fosilnih goriva i rastom emisije gasova sa efektom staklene bašte koji doprinose globalnom zagrevanju, neophodno je otkrivati nove, efikasnije i za život kompatibilnije izvore obnovljive energije.

Globalni pejzaž proizvodnje energije prolazi kroz značajnu transformaciju, jer obnovljivi izvori energije dobijaju sve više na značaju kao održive alternative fosilnim gorivima [2]. Primena obnovljivih izvora energije, dobijenih iz vode, vetra i sunčevog zračenja, predstavlja višestruko rešenje za nedostatke fosilnih goriva, jer nude osobine poput neiscrpnosti, minimalnog uticaja na životnu sredinu i odsustva emisije gasova sa efektom staklene bašte i proizvodnje otpada. Ova promena dodatno je podstaknuta sve većom brigom za životnu sredinu, sve pristupačnijim

tehnologijama i tehničkim napretkom u oblasti obnovljive energije. Tehnologije obnovljive energije pretvaraju prirodne izvore energije u korisne oblike, uključujući električnu energiju, toplotu i goriva (biomasa) [3]. Proizvodnja ekonomičnih i ekološki prihvatljivih obnovljivih goriva je globalni prioritet, sa potencijalom da istovremeno zameni konvencionalna goriva i smanji ekološke probleme. Rastuća globalna potražnja za energijom, uzrokovana porastom broja stanovnika i poboljšanjem životnog standarda, posebno u zemljama u razvoju, zahteva prelazak na ekološki prihvatljive alternativne izvore energije poput biogoriva, solarne energije, vetra i hidroenergije. Efikasno iskorišćavanje obnovljivih izvora energije zahteva kontinuirana istraživanja i razvoj, političku podršku i ulaganje u infrastrukturu, kako bi se obezbedilo njihovo široko usvajanje i integracija u postojeće energetske sisteme [4].

Jedan od rastućih vidova obnovljivih izvora energije je svakako energija vetra koju je moguće iskoristiti za generisanje električne energije. Sektor iskorišćavanja energije vetra postaje jedan od najbrže rastućih sektora primene obnovljivih izvora energije, koji poslednjih godina širom sveta beleži gotovo eksponencijalni rast. Istraživački projekti na polju eksploatacije energije vetra su sve intenzivniji i konstantno se pronalaze nove tehnike za efikasnije pretvaranje energije vetra u električnu energiju. Sva ta istraživanja podstaknuta su sve ozbiljnijim pristupom vlada širom sveta u vidu smanjenja energetske zavisnosti i diverzifikacije izvora energije u više grana koje mogu funkcionisati nezavisno, a obnovljivi izvori energije su idealni za ostvarenje te energetske politike razvoja [5].

Obnovljivi izvori energije su glavni pokretač i nosilac energetske tranzicije ka karbonski neutralnoj energetici i ekonomiji. Borba protiv klimatskih promena je postala međunarodna obaveza za skoro sve države u svetu, koje su se obavezale da spreče povećanje prosečne temperature na planeti za 2°C u odnosu na predindustrijski period i da smanje emisiju gasova sa efektom staklene bašte u 2030. godini za 45% u odnosu na emisije iz 2010. godine. Evropa je postavila ambiciozan plan – nulta emisija štetnih gasova do 2050. godine [6].

II. ENERGIJA VETRA U SVETU

Među raznim obnovljivim izvorima energije, energija vetra se izdvaja kao jedan od najperspektivnijih i najbrže rastućih sektora. Energija vetra, koja se koristi putem vetroturbina koje pretvaraju kinetičku energiju vetra u električnu energiju, beleži značajne tehnološke napretke u oblasti dizajna turbina, integracije u elektroenergetske mreže i skladištenja energije.

Moderne vetroturbine dizajnirane su za veću efikasnost i pouzdanost, sa većim prečnicima rotora i višim stubovima, što omogućava hvatanje više energije vetra. Potencijal energije vetra je ogroman – procenjuje se da bi mogla generisati oko 10 miliona MW energije, što bi moglo zameniti potrebu za fosilnim gorivima. Energija vetra se ističe kao jedan od najodrživijih i najčistijih načina za proizvodnju električne energije, jer ne proizvodi emisije koje doprinose globalnom zagrevanju niti toksična zagađenja. Od 1990. godine, energija vetra je postala najbrže rastući izvor energije u svetu. Ekološke prednosti energije vetra su značajne – smanjuje zavisnost od fosilnih goriva, ublažava zagađenje vazduha i smanjuje emisije gasova sa efektom staklene bašte. Ukupan globalni potencijal energije vetra je znatno veći od ukupne svetske potrošnje energije, a mogućnosti za razvoj su značajne [7].

Energija vetra je bezbedan i čist izvor energije koji proizvodi električnu energiju bez štetnih zagađivača ili gasova. Troškovi energije vetra su značajno opali tokom godina, čineći je sve konkurentnijom u odnosu na tradicionalne izvore energije. Vetar je prepoznat kao najbrže rastući obnovljivi izvor energije, sa prosečnim godišnjim rastom od 30% tokom poslednjih pet godina. Višemegavatne vetroturbine koriste se kao standardne, kako na kopnenim tako i na priobalnim vetrofarmama. Vetrofarme, koje se sastoje od više turbina strateški raspoređenih za maksimalnu proizvodnju energije, predstavljaju značajan deo investicija u obnovljive izvore u svetskim razmerama. Ukupni instalirani kapacitet vetroenergije je ključni pokazatelj napretka ka čistijim izvorima energije [8]. Najveći proizvođači energije iz vetrogeneratora su Kina, Sjedinjene Američke Države, Nemačka, Indija i Španija. Ove zemlje su uložile značajna sredstva u infrastrukturu i zakonodavni okvir za podršku rastu vetroenergije. Rastuće prihvatanje energije vetra pokreću faktori poput državnih podsticaja, pada cena tehnologije i sve veće javne svesti o ekološkim prednostima [9].

Politike kao što su poreske olakšice, investicioni podsticaji, subvencije i sistemi sa fiksnim premijama korišćene su za promociju razvoja energije vetra. Evropa prednjači u razvoju kapaciteta energije vetra na moru i predviđa se da će do 2040. postati najveći izvor električne energije u Evropskoj uniji. Sektor vetroenergije na moru nastoji da smanji troškove kako bi dokazao svoju ekonomsku održivost u poređenju sa fosilnim gorivima. Ekspanzija priobalne energije vetra je posebno značajna, jer vetrofarme na moru mogu iskoristiti jače i konstantnije vetrove nego one na kopnu. Vetroenergija na moru je već utemeljena u Evropi i privlači sve veće interesovanje širom sveta, naročito u Istočnoj Aziji. Vetrofarme na moru obično se nalaze daleko od obale. Njihov prosečan kapacitet instaliranih vetroturbina je oko 8 MW, što je znatno više od prosečnog kapaciteta instalacija na kopnu.

Sa instalisanim kapacitetom od 1.173.581 megavata, Slika 1., svet je dostigao novi rekord u proizvodnji električne energije iz vetrogeneratora, iako je ostao ispod očekivanja i prognoza za 2024. godinu. Očekuje se da će deo novih instalacija i projekata koji su prvobitno bili planirani za 2024. biti realizovani tokom 2025. godine.

Instalirani kapacitet vetroelektrana u svetu sada pokriva više od 10% globalne potražnje za električnom energijom – znatno više nego nuklearna energija. Više od 30 zemalja sada ima udeo energije vetra iznad svetskog proseka – više od 10%. Jedanaest



Slika 1. Ukupni kapacitet vetroelektrana u svetu (MW)

zemalja trenutno proizvodi više od 20% svoje električne energije iz vetra, a sedam od njih ima udeo od 30% ili više: predvodi ih Danska, koja više od polovine svoje električne energije dobija iz vetra, zatim Nemačka, Ujedinjeno Kraljevstvo, Portugal, Holandija, Irska i Urugvaj. Ove zemlje pokazuju da ceo svet može dostići udeo energije vetra od 40-50% u ukupnoj proizvodnji električne energije, kako je predviđeno u dugoročnom scenariju Svetske asocijacije za energiju vetra (WWEA) [10].

U 2024. godini Kina je premašila prag od 500.000 megavata za tekuću godinu i na kraju je imala instalirani kapacitet od 561.492 megavata. Ovo je još jednom potvrdilo izuzetnu ulogu Kine u podsticanju globalnog razvoja energije vetra – zemlja je u 2024. godini dodala 86.892 megavata, što je porast u odnosu na 79.370 MW iz 2023. godine. Zahvaljujući ovom impresivnom novom kapacitetu, Kina sada učestvuje sa 72% na globalnom tržištu novih vetroturbina – što predstavlja stalan rast sa 65% u 2023. i 58% u 2022. godini. Iako je Kina blago podbacila u odnosu na očekivani novi kapacitet od skoro 100 GW, ovaj rekord potvrđuje njenu dominantnu ulogu u globalnom razvoju energije vetra. Sa godišnjom stopom rasta od 18,3%, jednom od najviših među velikim tržištima, očekuje se da Kina nastavi rast i instalira čak više od 87 GW u 2025. godini.

Prošle godine mnoge evropske zemlje zabeležile su slabije rezultate u poređenju sa 2023. godinom, uključujući Nemačku, Francusku, Švedsku, Holandiju, Poljsku i Portugal, dok je manji broj zemalja povećao tržište za nove instalacije, kao što su Španija, Italija, Finska, Danska i Litvanija.

Nemačka ponovo prednjači po broju novih instalacija, sa 3,2 gigavata, što je nešto manje u poređenju sa 2023. godinom, čime je ukupni kapacitet dostigao 72,7 gigavata. Ukupno gledano, samo je pet evropskih zemalja premašilo 1 gigavat u novim instalacijama, što je pad u odnosu na sedam iz 2023. godine: Nemačka, Ujedinjeno Kraljevstvo (2,2 gigavata novih, ukupno 32,3 gigavata), Finska (1,4 gigavata dodatno, ukupno 8,4 gigavata), Španija (1,2 gigavata dodatnih, ukupno 32 gigavata) i Švedska (1 gigavat novih, ukupno 17,3 gigavata).

Iako je hitnost borbe protiv klimatskih promena neosporna, energetska nezavisnost i industrijske ambicije postale su glavni pokretači razvoja obnovljivih izvora energije na kontinentu. Kao rezultat toga, Evropska komisija i većina zemalja članica EU zadržale su obnovljive izvore energije na vrhu energetske agende [10].

III. PRIMENA ENERGIJE VETRA U SRBIJI

Republika Srbija je značajno investirala u alternativne izvore energije, posebno u solarne elektrane i vetroparkove, što ukazuje na snažnu posvećenost razvoju obnovljivih izvora energije (Wabukala i sar., 2021). Ova strateška orijentacija odražava šire razumevanje ključne uloge koju obnovljivi izvori energije imaju u ispunjavanju rastućih energetske potrebe za razvoj zemlje, dok istovremeno doprinose ublažavanju negativnih posledica klimatskih promena [11]. Uključivanje energije vetra u energetske karte Srbije donosi dvostruku korist – povećava energetske sigurnost i doprinosi zaštiti životne sredine smanjenjem emisije gasova sa efektom staklene bašte. Vetroparkovi predstavljaju održivo rešenje za diversifikaciju izvora energije, smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva i jačanje energetske nezavisnosti. Pored toga, razvoj energije vetra ima i ekonomske implikacije koje prevazilaze samu proizvodnju električne energije. Ekonomske i ekološke prednosti razvoja energije vetra u Srbiji su višestruke – osim što doprinose čistijem okruženju smanjenjem emisije štetnih gasova, istovremeno podstiču otvaranje radnih mesta i tehnološki napredak.

Iskorišćavanje energije vetra u Srbiji predstavlja značajnu priliku da se odgovori na sve veće energetske potrebe zemlje, uz istovremeno smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu i podsticanje održivog razvoja. Projekti primene energije vetra mogu znatno doprineti energetske nezavisnosti Srbije, obezbeđujući sigurnije i stabilnije snabdevanje energijom za potrebe rastuće ekonomije. Sve veća potražnja za energijom, zajedno sa neophodnošću dekarbonizacije energetske sektora, zahteva istraživanje i korišćenje obnovljivih izvora, a integracija energije vetra je u skladu sa globalnim naporima u borbi protiv klimatskih promena i promovisanju održivih energetske rešenja. Fokus Srbije na obnovljive izvore energije dodatno potvrđuje vizija Evropske komisije o tranziciji ka zelenijoj ekonomiji, sa naglaskom na smanjenje upotrebe uglja i povećanje korišćenja obnovljivih izvora. Energija vetra, kao čist i neiscrpan resurs, savršeno se uklapa u posvećenost zemlje ciljevima održivog razvoja i zaštiti životne sredine.

Projekti energije vetra mogu pozitivno uticati na lokalne ekonomije, naročito u ruralnim područjima gde se vetroparkovi najčešće grade, kroz otvaranje radnih mesta, stvaranje prihoda za lokalne zajednice i privlačenje investicija u infrastrukturu i usluge. Građani i zajednice moraju igrati aktivnu ulogu kao pokretači ove velike ideje o čistoj planeti. Oni moraju imati direktnu korist, uključujući ekonomsku, od vetroparkova u svom okruženju. Vlade bi trebalo da im omoguće da budu pokretačka snaga koja nam je potrebna za svet koji teži ka 100% obnovljivoj energiji. Podrška vlade projektima obnovljivih izvora energije, uključujući vetroelektrane, šalje pozitivan signal investitorima i preduzetnicima, podstičući dodatna ulaganja u ovaj sektor i ubrzavajući implementaciju čistih energetske tehnologija. Takođe, razvoj infrastrukture za vetroenergiju može podstaći tehnološke inovacije i otvoriti mogućnosti za uključivanje domaćih preduzeća u lanac snabdevanja, čime se doprinosi ekonomskom rastu i jačanju konkurentnosti. Globalno gledano, sve više vlada prepoznaje značaj energije vetra i podstiče njen razvoj kroz povoljnu energetske politiku, podstičaje i regulatorne okvire. Prihvatanjem energije vetra i stvaranjem

pogodnog ambijenta za investiranje u obnovljive izvore energije, Srbija može zauzeti lidersku poziciju u tranziciji ka čistijoj i održivijoj energetske budućnosti.

Potencijal energije vetra zavisi, osim od prirodnih uslova, i od tehničkih mogućnosti elektroenergetskog sistema da je integriše.

Na elektroenergetski sistem Republike Srbije dosad je priključeno 11 vetroelektrana ukupne snage 607 MW. U razvoju se nalaze projekti ukupne snage 7.05 GW. Ova procena se bazira na spisku zahteva za priključenje operatoru prenosnog sistema električne energije. Procenjuje se da mimo ovog spiska postoji bar još 3 GW projekata u ranoj fazi razvoja.

Razvoj vetroparkova u Srbiji je počeo krajem prve decenije ovog veka, ali uslovi za realizaciju su se stvorili tek 2015. i 2016. godine. Izgradnja najvećih vetroparkova (Čibuk1, Kovačica, Alibunar i Košava), koji su finansirani kreditima međunarodnih finansijskih institucija i komercijalnih banaka, bio je signal brojnim investitorima da dođu u Srbiju i da istraže lokacije za buduće vetroparkove. Osim u košavskom području Južnog Banata, gde se nalaze svi izgrađeni vetroparkovi, potencijali energije vetra nalaze se u istočnoj Srbiji, kao i na području Zlatibora i Pešterske visoravni.

Bilansiranje energije iz obnovljivih izvora obuhvata proizvodnju i potrošnju električne energije iz velikih i malih vodenih tokova, energije vetra i sunca, biogasa, kao i proizvodnju i potrošnju toplotne energije iz geotermalne izvora, biomase (ogrevno drvo, pelet i briket), obnovljivog industrijskog i komunalnog otpada i deponijskog gasa.

U 2025. godini planirano je povećanje proizvodnje primarne energije iz vetra, solara, biogasa i otpada u odnosu na 2024. godinu. Ukupna planirana proizvodnja primarne energije iz OIE u 2025. godini iznosi 2,770 Mtoe, što je za 2% manje od procenjene proizvodnje u 2024. godini koja iznosi 2,824 Mtoe. U strukturi planirane ukupne domaće proizvodnje primarne energije za 2025. godinu, OIE učestvuju sa 29%, dok u strukturi procenjene domaće proizvodnje u 2024. godini učestvuju sa 30%. U ovoj strukturi najveće je učešće čvrste biomase 61%, hidropotencijala 30%, energije vetra 5%, dok biogas, energija sunca, obnovljivi industrijski otpada, obnovljivi komunalni otpada, deponijski gasa i geotermalna energija učestvuju sa 4%. Planirano korišćenje energije sunca u 2025. godini je 119 GWh, što je za 3% više u odnosu na procenjenju energiju u 2024. godini u iznosu od 116 GWh.

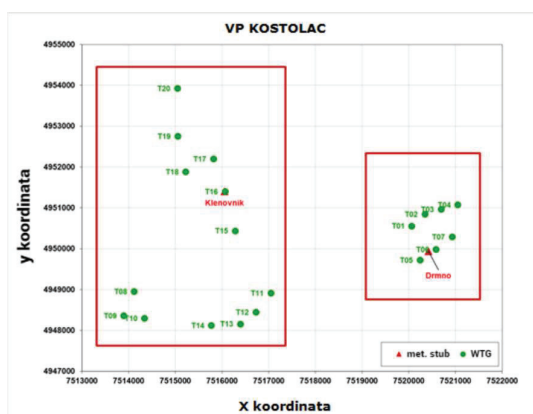
Planirano korišćenje biogasa u 2025. godini za proizvodnju električne i toplotne energije je 0,025 Mtoe, što je za 7% više u odnosu na procenjenju vrednost u 2024. godini u iznosu od 0,024 Mtoe.

Planirano korišćenje energije vetra u 2025. godini je 1.639 GWh, što je za 17% više u odnosu na procenjenju vrednost za 2024. godinu u iznosu od 1.396 GWh.

Ekspanziji vetroelektrana najviše je doprinelo smanjenje cene tehnologije i povećana konkurentnost među proizvođačima opreme. Prema poslednjim proračunima evropske asocijacije WindEurope, ukupna instalisana snaga vetra u Srbiji dostići će 1.8 GW do 2030. godine.

IV. VETROPARK "KOSTOLAC"

Na lokacijama rekultivisanih odlagališta jalovine odnosno rekultivisanog zemljišta bivših odlagališta pepela, u Kostolačkom basenu, 90 km istočno od Beograda, na prostoru opština Kostolac i Požarevac, u toku je izgradnja vetroelektrane „Kostolac“ koja se sastoji od 20 vetrogeneratora, ukupne instalisane snage 66 MW. Vetrogeneratori su situaciono prikazani na Slici 2. Позиције ветротурбина у ветроелектрани су груписане према најрепрезентативнијем метеоролошком стубу (Дрмно и Кленовник), узимајући у обзир орографске услове и критеријуме за удаљености. Vetropark Kostolac je podeljen u 4 prostorne celine: lokaliteti Drmno, Klenovnik, Ćirikovac i odlagalište Petka, Slika 3.



Slika 2. Pozicija vetroturbina prema meteorološkim stubovima



Slika 3. Lokacija VE Kostolac i situacioni prikaz sa pozicijama vetroturbina

Kompletan projekat obuhvata izgradnju, trafo stanice, priključno razvodnog postrojenja (PRP) 110kV sa priključnim dalekovodom, temelje vetrogeneratora, manipulativne plateau za montažu turbina, srednjenaponsku i optičku kablovsku mrežu, proizvodnju i instalaciju vetrogeneratora, kao i testiranje i puštanje u rad kompletnog vetroparka.

U vetroelektrani su ugrađene vetroturbine SG 3.4-132 proizvođača Siemens Gamesa koje imaju tri elise, rotirajući rotor koji je usmeren prema vetru i proizvode nominalnu snagu od 3,465 MW. One su regulisane sa nezavisnim sistemom za kontrolu nagiba u svakoj lopatici i imaju aktivni sistem smera vetra. Kontrolni sistem omogućava turbini da radi promenljivom brzinom, maksimizirajući proizvedenu snagu u svakom trenutku i minimizirajući opterećenja i buku.

Prečnik rotora iznosi 132m, a visina gondole može biti 84, 97, 101,5, 108, 114, 134, 154 ili 165m. U ovom projektu je usvojena visina od 114m.

Vetroelektrane sa vetroturbinom SG 3.4-132 mogu se konfigurisati sa funkcionalnošću fleksibilnog nominalnog opsega snage što omogućava specifičnu optimizaciju za svaku lokaciju, sa mogućim nominalnim opsezima snage od 3,3 MW do 3,75 MW. Ovo znači da je moguće upravljati celom vetroelektranom na način da se nikada ne premaši maksimalna dozvoljena proizvodnja od 66MW.

Unutrašnjom kablovskom mrežom podeljenom u 4 strujna kruga planirano je povezivanje vetrogeneratora sa transformatorskom stanicom TS 35/110 kV i dalje na prenosni sistem izgradnjom novog priključno razvodnog postrojenja po principu ulaz/izlaz rasecanjem postojećeg 110 kV dalekovoda 1128/1 TE Kostolac A – TS Rudnik 1.

Vetropark „Kostolac“ je prikazan na Slici 4. i predstavlja prvu EPS-ovu elektranu na vetar iz koje će se zelenom energijom snabdevati oko 30.000 domaćinstava. On predstavlja prekretnicu jer će povećati udeo OIE u proizvodnji energije u Srbiji, a njegova godišnja proizvodnja od 187 gigavat-časova zamenice oko 95.000 tona uglja koja bi bila potrebna za proizvodnju iste količine električne energije. Vetroelektrana „Kostolac“ simbolizuje posvećenost smanjenju oslanjanja naše zemlje na fosilna goriva, dekarbonizaciji naše privrede i održivom energetskom razvoju [12].



Slika 4. Vetropark "Kostolac" - vetrogeneratori

V. ZAKLJUČAK

Evidentan je trend povećanja udela obnovljivih izvora energije (OIE) u ukupnoj proizvodnji energije na globalnom nivou, a sektor iskorišćavanja energije vetra postaje jedan od najbrže rastućih sektora iskorišćavanja OIE, koji širom sveta beleži gotovo eksponencijalni rast u poslednjim godinama. Ova činjenica je važna iz nekoliko razloga:

- OIE imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisije gasova sa efektom staklene bašte;
- povećanje udela OIE povećava energetska održivost sistema i pomaže u smanjenju zavisnosti o uvozu energetskih sirovina i električne energije;
- očekuje se da će OIE postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije u srednjoročnom razdoblju.

Energija vetra, zajedno sa solarnom energijom, danas je široko prepoznata kao izvor električne energije za otporne i inovativne ekonomije. Sedam zemalja već dobija trećinu svoje električne energije iz vetra, pokazujući ostatku sveta da obnovljiva budućnost može da funkcioniše.

Gledajući unapred, energija vetra će sve više postajati temelj hibridnih obnovljivih sistema, radeći u sinergiji sa tehnologijama kao što su solarna fotonaponska energija, skladištenje energije i zeleni vodonik. Ova integrisana rešenja ne predstavljaju samo budućnost energije, već i otporniji, fleksibilniji i održiviji globalni energetska sistem.

LITERATURA

- [1] Y. M. Ogunsuji, O. R. Amosu, D. Choubey, B. E. Abikoye, P. Kumar, & S. C. Umeorah, "Sustainable Procurement Practices: Adoption of Renewable Energy Sources and Technologies through Strategic Procurement Policies", *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 2024.
- [2] K. N. Ukoima, A. B. Owolabi, A. O. Yakub, N. Ngando, D. Suh, & J.-S. Huh, "Analysis of a Solar Hybrid Electricity Generation System for a Rural Community in River State, Nigeria", *Energies*, april 2023.
- [3] K. Sapotra, "Trends in RERs and their impact on energy sector: A Review", *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, april 2018.
- [4] K. Malik, S.C. Capareda, B.R. Kamboj, S. Malik, K. Singh, S. Arya, D. K. Bishnoi, "Biofuels Production: A Review on Sustainable Alternatives to Traditional Fuels and Energy Sources", *Fuels*, 2024.
- [5] B. Josimović, "Prostorni aspekti uticaja vetroelektrana na životnu sredinu", Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Beograd 2017.
- [6] J.Jelić, "Obnovljivi izvori energije: Od Tesline vizije do savremene perspektive održivog razvoja i eksploatacije", LXVIII Konferencija ETRAN, Niš, 3 - 6. Jun 2024.
- [7] H. Z. Odero, C. W. Wekesa & G. K. Irungu, "Wind Energy Resource Prediction and Optimal Storage Sizing to Guarantee Dispatchability: A Case Study in the Kenyan Power Grid", *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2022.
- [8] S. M. H. D. Perera, G. Putrus, M. Conlon, M. Narayana & K. Sunderland, "Wind Energy Harvesting and Conversion Systems: A Technical Review", *Energies*, 2022.
- [9] M. A. Saeed, Z. Ahmed, S. Hussain & W. Zhang, "Wind resource assessment and economic analysis for wind energy development in Pakistan", *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2021.
- [10] WWEA Annual Report 2024., WWEA 2025.
- [11] S. Keleş, & S. Bilgen, "Renewable energy sources in Turkey for climate change mitigation and energy sustainability", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012.
- [12] S. Bogosavljević, glavni projektant, HV Pro Design d.o.o. Novi Sad, Projekat Za Izvođenje – Glavna sveska I faze vetroelektrane „Kostolac” instalisane snage 66MW, Investitor: Akcionarsko društvo „Elektroprivreda Srbije“, Beograd.

ABSTRACT

"Development and Application of Wind Energy in the World and in Our Country"

Jovo Jelić

This paper presents an overview of the development of renewable energy sources both globally and in Serbia, with a particular focus on the application and utilization of wind energy. The rapid advancement of civilization, technology, and industry sets ambitious goals regarding sustainable development and the use of clean energy. In recent years, the Republic of Serbia has invested significant efforts and resources into projects for the implementation of alternative energy sources through the construction of solar power plants and wind farms. In the energy sector, the development of renewable energy sources and the increase of their share in total energy consumption are high priorities on Serbia's energy agenda. The exploitation of wind farms can bring numerous benefits to our country, primarily by providing additional energy sources necessary for development, but also by reducing greenhouse gas emissions, thereby contributing to the fight against climate change. The aim of this paper is to highlight the importance of the development and application of wind energy, using the ongoing construction of the "Kostolac" wind farm as an example.

Keywords—clean energy, wind energy, sustainable development, "Kostolac" wind farm.