

Statistička analiza procene vetropotencijala na teritoriji grada Kragujevca

Statistical analysis of the assessment of wind potential in the territory of the city of Kragujevac

Aleksandar Nešović*, Nikola Komatina*

* University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Serbia

Rezime - Poznavanje vektorskih karakteristika vetra (pravac, smer i intenzitet) preduslov je za određivanje vetropotencijala neke lokacije. Na osnovu procene vetropotencijala, vrše se dalje analize i istraživanja. Tek kada se svi zahtevani uslovi ispune, prelazi se na poslednje dve faze: implementacija (fizička realizacija, tj. postavljanje) i eksploatacija (puštanje u rad i korišćenje) vetrogeneratora. U ovom radu primenjena je statistička metodologija da bi se ispitala mogućnost postavljanja i korišćenja, prvenstveno, vertikalnih vetrogeneratora. Na osnovu jednogodišnjeg vremenskog fajla (sa jednočasovnim vremenskim korakom) formirani su karakteristični dijagrami (histogram brzine vetra, ruža vetrova, funkcija gustine verovatnoće, funkcija kumulativne raspodele i visinski profil brzine vetra) za procenu vetropotencijala urbanog područja grada Kragujevca. Predložena metodologija može se koristiti za procenu vetropotencijala bilo koje lokacije, kako urbane, tako i ruralne.

Ključne reči - Vetrogenerator, Vetropotencijal, Energija vetra, OIE, Statistička analiza, Urbana sredina.

Abstract - Knowing the vector characteristics of the wind (direction, head, and intensity) is a prerequisite for determining the wind potential of a location. Based on the assessment of the wind potential, further analyses and research are carried out. Only when all the required conditions are met, the last two phases are reached: implementation (physical realization, i.e. installation) and exploitation (commissioning and use) of the wind generator. In this work, a statistical methodology was applied to examine the possibility of installing and using, primarily, vertical wind generators. Based on a one-year weather file (with a one-hour time step), characteristic diagrams (histogram of wind speed, wind rose, probability density function, cumulative distribution function, and height profile of wind speed) were formed for the assessment of the wind potential of the urban area of the city of Kragujevac. The proposed methodology can be used to assess the wind potential of any location, both urban and rural.

Index Terms - RES, Statistical analysis, Urban environment, Wind energy, Wind potential, Wind generator.

I UVOD

Vetar se može definisati kao strujanje vazduha koje nastaje kao posledica razlike u atmosferskim pritiscima [1, 2]. Razlika pritisaka stvara pogonsku silu koja vazdušne mase premešta iz zone višeg pritiska u zonu nižeg pritiska [1, 2].

Za energiju vetra može se reći da je transformisani oblik solarne energije, jer je za stvaranje razlike u vazдушnim pritiscima i kretanje vazдушnih masa direktno odgovorna toplotna interakcija (putem zračenja) između Sunca i Zemlje [3].

U vetrogeneratorima, energija vetra se, najpre, konvertuje u mehaničku, a potom, u električnu. Prema prostornom položaju vratila (ose rotacije) u odnosu na smer strujanja vazduha, u stručnoj i naučnoj praksi razvijena su dva osnovna tipa vetrogeneratora [4, 5] (slika 1): sa horizontalnim položajem vratila i sa vertikalnim položajem vratila.



Slika 1. Primeri horizontalnog (levo) i vertikalnog (desno) vetrogeneratora¹

Sa ciljem da se u lancu energetskih transformacija maksimizira korišćenje kinetičke energije vetra, u literaturi su istraženi različiti koncepti, kako jednih, tako i drugih tipova vetrogeneratora.

Horizontalni vetrogeneratori bili su predmet istraživanja sledećih autora: dizajn (Rehman i ostali [6]), optimizacija efikasnosti ekstrakcije (Song i ostali [7]), procena performansi (Maalawi i

¹ Preuzeto sa: <https://www.vjetroelektrane.com/> [pristupljeno 10. 5. 2023].

Badawy [8]), optimizacija upotrebom genetskog algoritma (Diveux i ostali [9]), itd. Performanse vertikalnih vetrogeneratora analizirane su u sledećim radovima: dizajn (El-Samanoudy i ostali [10]), aerodinamičnost (Ke i ostali [11]), optimizacija (Han i ostali [12]), itd. Poređenje horizontalnih i vertikalnih vetrogeneratora, između ostalog, sproveli su i: Dincer i ostali [13], Eriksson i ostali [14], Marten i ostali [15], Borg i Collu [16], Mohammadi i ostali [17], itd.

Odabir i implementacija vetrogeneratora na nekoj lokaciji najviše zavisi od klimatskih uslova, odnosno od vektorskih karakteristika brzine vetra. Vektorske karakteristike brzine vetra određuju se putem merenja, pri čemu merni uzorak ne bi smeo biti kraći od jedne godine. Merna oprema ima veoma bitnu ulogu, pa je potrebno da bude pouzdana. Nakon prikupljanja potrebnih podataka, pristupa se utvrđivanju vetropotencijala na nekoj lokaciji. Vetropotencijal usmerava dalji tok istraživanja, u energetskom, ekološkom i ekonomskom smislu.

Procenu vetropotencijala na prostoru Srbije (tada sa Crnom Gorom), među prvima (2006. godine), sproveli su Mikić i ostali [18]. Perspektive razvoja vetroenergetskog sektora Republike Srbije (studija iz 2012) sa pregledom relevantnog regulatornog okvira razmatrali su Komarov i ostali [19]. Procena realnih opcija projektovanja vetroparkova u Srbiji izvršena je 2017. godine u [20]. Iste godine objavljen je rad [21] u kome je korišćen multikriterijumski model (na bazi GIS-DANP-MABAC) za određivanje pogodnih lokacija za izgradnju vetroparkova na teritoriji Vojvodine (severna Srbija). Procena tehničkog potencijala vetrogeneratora u Srbiji [22] izvršena je 2020. godine. Vetropotencijal za opštinu Knjaževac (2021. godina) određen je u radu dostupnom u [23]. Rekonstrukcija distributivne mreže i otočna kompenzacija uz prisustvo vetrogeneratora (u kombinaciji sa solarnim panelima) predstavljena je 2022. godine u [24]. Procena energetskog resursa vetra u južnom delu Banata bila je predmet izučavanja Đurišića i Mikulovića (2023. godina [25]). Za isto područje, Koprivica i Đurišić su u [26] procenili vetropotencijal na bazi veštačke inteligencije, a Radovanović i Đurišić su u [27] sproveli istraživanje sa fokusom na optimalno planiranje balansne rezerve za pokrivanje debalansa u proizvodnji vetroelektrana.

U skladu sa navedenim, u ovom radu detaljno je predstavljena statistička metoda za procenu vetropotencijala, u ovom slučaju, grada Kragujevca (centralna Srbija). Na osnovu mernih podataka (na bazi jednogodišnjeg uzorka sa jednočasovnim korakom merenja) razrađeni su i prikazani glavni vetroindikatori: histogram brzine vetra, ruža vetrova, funkcija gustine verovatnoće, funkcija kumulativne raspodele i visinski profil brzine vetra. Cilj istraživanja bio je da se napravi podloga za sva (eventualna) buduća istraživanja u kojima će se razmatrati korišćenje energije vetra na pomenutoj lokaciji.

II PARAMETRI LOKACIJE

Kragujevac (44,02° severne geografske širine i 20,92° istočne geografske dužine) je grad u centralnom delu Srbije (slika 2). Kragujevac (sa vremenskom zonom +1 h) nalazi se na obali reke Lepenice i nadmorskoj visini od 209 m. Klima je umereno kontinentalna, sa izraženim godišnjim dobima. Leta su topla i vlažna (temperature do 37°C. Zime su hladne (temperature ispod

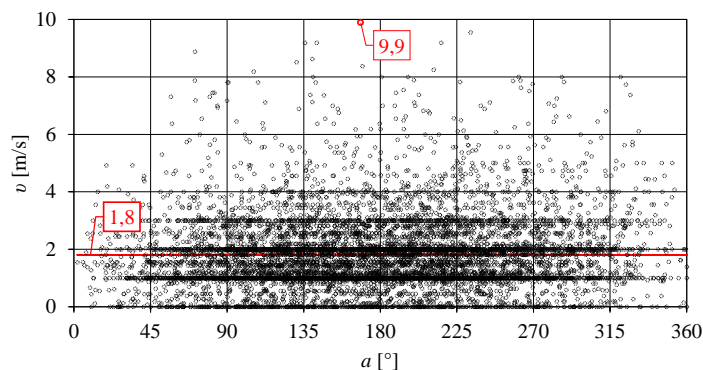
12°C) i sa snegom.



Slika 2. Šumadijski okrug i grad Kragujevac

III VEKTORSKE KARAKTERISTIKE BRZINE VETRA

Na narednom dijagramu (slika 3) prikazane su intenzitet i pravac brzine vetra (jednogodišnji uzorak sa jednočasovnim korakom) za analiziranu lokaciju (grad Kragujevac).



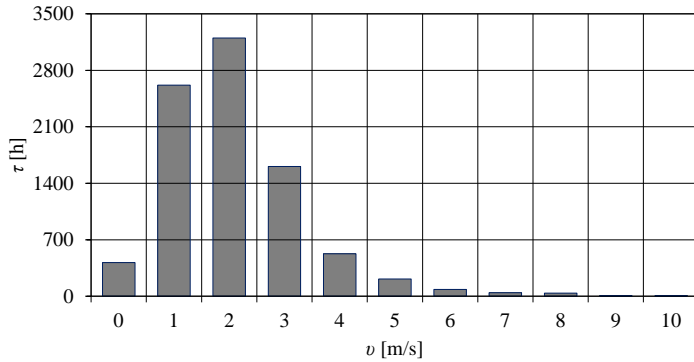
Slika 3. Intenzitet i pravac vetra za grad Kragujevac

Intenzitet brzine vetra v [m/s] prikazana je na ordinati, dok je pravac vetra a [°] prikazan na apscisnoj osi (slika 3). Dijagram pokazuje veću koncentraciju (gustinu) tačaka oko sledećih vrednosti brzine vetra: 1 m/s, 2 m/s i 3 m/s. Veća gustina tačaka može se uočiti i u oblastima delovanja jugoistočnog ($a=135^\circ$), južnog ($a=180^\circ$) i jugozapadnog ($a=225^\circ$) vetra. Uticaj severnog vetra je zanemarljiv. Prosečna godišnja brzina vetra za grad Kragujevac je 1,8 m/s. Najveću brzinu ($v=9,9$ m/s) dostizao je južni vetar 28. decembra, u 14:00 h (slika 3).

IV HISTOGRAM BRZINE VETRA

Histogram brzine vetra (slika 4) je jednostavan, ali veoma koristan dijagram za procenu vetropotencijala. Bazira se na klasiranju (sortiranju) intenziteta vetra prema, u ovom slučaju, časovnoj učestalosti tokom godine (8760 h) [28]. Histogram (slika 4) pokazuje da je vetar $v=1-2$ m/s najdominantniji tokom godine, što je u skladu sa prosečnom godišnjom brzinom vetra (slika 3). Na drugom mestu (2616 h) nalazi se vetar sa brzinama između 0-1 m/s. Vetar brzine $2 < v \leq 3$ m/s zauzima treće mesto sa udelom od 18,37% (1609 h). Periodi bez prisustva vetra (417 h) takođe se mogu uočiti na dijagramu (slika 4). Brzine vetra >3 m/s ($3 < v \leq 4$ m/s, $4 < v \leq 5$ m/s, $5 < v \leq 6$ m/s, $6 < v \leq 7$ m/s, $7 < v \leq 8$ m/s, $8 < v \leq 9$ m/s i $9 < v \leq 10$ m/s) imaju udeo manji od 11%, jer je

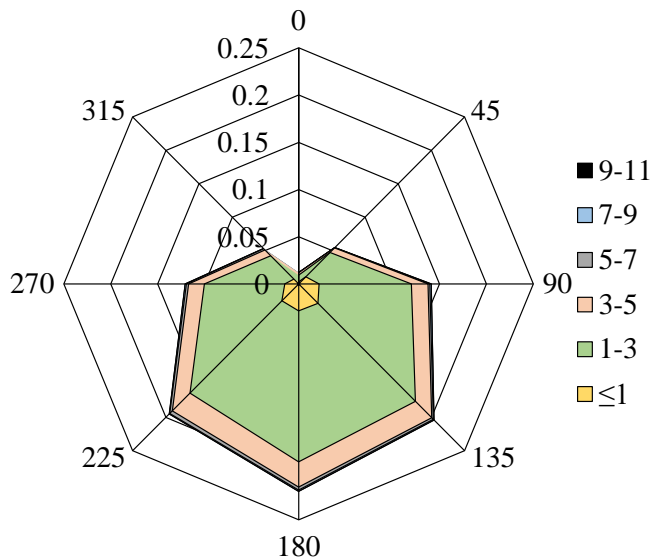
njihova zajednička godišnja učestalost 918 h.



Slika 4. Histogram brzine vetra za grad Kragujevac

V RUŽA VETROVA

Pored histograma (slika 4), veoma bitan faktor prilikom određivanja vetropotencijala, tj. projektovanja vetrogeneratora jeste dijagram distribucije vetra u različitim smerovima, tj. dijagram ruže vetrova (slika 5) [29].



Slika 5. Ruža vetrova za grad Kragujevac

Dužina svakog kraka direktno je proporcionalna frekvenciji vetra u određenom smeru (pravcu). Niža frekvencija odgovara krugovima manjeg prečnika, dok viša frekvencija odgovara krugovima većeg prečnika. Ruža vetrova za grad Kragujevac pokazuje zanemarljivo prisustvo severozapadnog, severnog i severoistočnog vetra, što je u skladu sa slikom 3. Takođe se može uočiti dominantan uticaj jugoistočnog, južnog i jugozapadnog vetra brzine $1 < v \leq 3$ m/s, što je u saglasnosti sa indikatorima vetra na slikama 3 i 4.

VI WEIBULL-OVA RASPODELA VEROVATNOĆE

Statistička metoda zauzima centralno mesto u analizama vetropotencijala. Statistička metoda zasniva se na određivanju verovatnoće raspodele brzine vetra. Verovatnoća raspodele, prema Weibull-u [30, 31], opisuje se funkcijom gustine verovatnoće (jednačina 1) i funkcijom kumulativne raspodele (jednačina 2):

$$FGV = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c} \right)^k} \quad (1)$$

$$FKR = 1 - e^{-\left(\frac{v}{c} \right)^k} \quad (2)$$

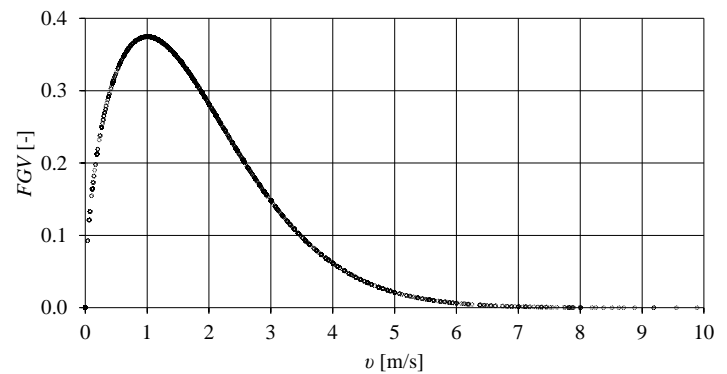
Kao što se može videti (Jednačina 1, Jednačina 2), Weibull-ova raspodela koristi dva parametra: parametar oblika k [-] (Jednačina 3), i parametar razmene c [-] (Jednačina 4) [30, 31]:

$$k = \left(\frac{\sigma}{v_{SR}} \right)^{-1,086} \quad (3)$$

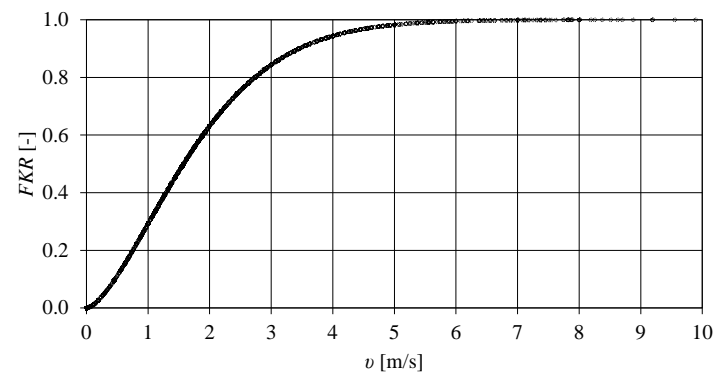
$$c = v_{SR} \left(0,568 + \frac{0,433}{k} \right)^{\frac{1}{k}} \quad (4)$$

gde su σ [-] - standardna devijacija i v_{SR} [m/s] - prosečna godišnja brzina vetra.

Dijagram funkcije gustine verovatnoće za grad Kragujevac prikazan je na slici 6, dok je dijagram funkcije kumulativne raspodele za istu lokaciju predstavljen na slici 7.



Slika 6. Funkcija gustine verovatnoće za grad Kragujevac



Slika 7. Funkcija kumulativne raspodele za grad Kragujevac

Najveća statistička verovatnoća ($FGV \geq 0,3$) na strani je vetra $0,5 < v \leq 1,85$ m/s. FGV veća je od 0,1 za brzine vazduha do 3,5 m/s. Isti zaključci mogu se izvući i na osnovu vrednosti FKR .

VII VISINSKI PROFIL BRZINE VETRA

Zbog postojanja spoljašnjih (u kontaktnom graničnom sloju

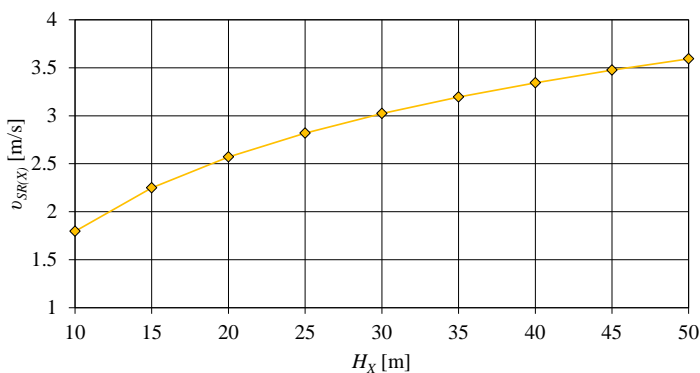
između delića vazdušnih masa i Zemlje - adhezione sile) i unutrašnjih (u kontaktnom graničnom sloju susednih delića vazdušnih masa - kohezione sile) privlačnih kapilarnih sila, trenje ima veći uticaj na brzinu vazduha u nižim, nego u višim slojevima. Zbog toga, sa porastom visine (po vertikalni), raste i brzina vazduha. Ako se poznaje brzina vetra v [m/s] na nekoj referentnoj visini H [m] (slika 3), onda se može odrediti brzina vazduha v_{Hx} [m/s] na bilo kojoj drugoj visini H_x [m], i to upotrebom sledećeg obrasca (Jednačina 5) [1]:

$$v_{Hx} = v \frac{\ln \frac{H_x}{Z_0}}{\ln \frac{H}{Z_0}} \quad (5)$$

gde je Z_0 [-] - hrapavost Zemljine površine ($Z_0=2$ za urbane sredine [1]).

Ubrzana urbanizacija (sa prostornim planiranjem) gradova, savremena arhitektura i građevinarstvo dozvoljavaju izgradnju objekata različitih namena, oblika i dimenzija. Zbog toga, visina zgrada i gustina gradnje konačno oblikuju profil vetropotencijala neke gradske sredine. Stoga se oba pomenuta kriterijuma moraju uzeti u obzir. To su veoma kompleksna istraživanja koja podrazumevaju i korišćenje specijalno profilisanih softverskih alata (paketa).

Na narednom dijagramu (slika 8) prikazane su brzine vetra (za grad Kragujevac), ako se u obzir uzme prvi pomenuti kriterijum: promena visine, tj. postavljanje vertikalnog vetrogeneratora na različitim visinama.



Slika 8. Brzina vetra za grad Kragujevac u funkciji visinske razlike

Sa dijagrama (slika 8) jasno se može videti da prosečna godišnja brzina vetra raste sa porastom visine (sa 1,8 m/s za $H=H_x=10$ m, do 3,59 m/s za $H_x=50$ m), prema jednačini 5. Drugim rečima, sa porastom prosečne godišnje brzine vetra, raste i vetropotencijal grada Kragujevca.

Uticaj drugog pomenutog kriterijuma (gustine gradnje), u nekim slučajevima može pojačati efekte prvog kriterijuma, dok ih u nekim situacijama može redukovati. To zavisi od visine, oblika i rasporeda okolnih zgrada (prostorne organizacije urbanih sredina), njihovog međusobnog rastojanja, nadmorske visine na kojoj se gradi, mapiranja zelenih površina (parkova, drveća, šuma), konfiguracije terena, itd. Stoga se može zaključiti da se prilikom određivanja vetropotencijala neke lokacije u obzir

moraju uzeti specifičnosti koje ona sa sobom nosi.

VIII ZAKLJUČAK

U ovom radu, predmet istraživanja bio je potencijal korišćenja energije vetra na prostoru grada Kragujevca. Vetropotencijal pomenute lokacije analiziran je korišćenjem statističke metode. Njome su određeni svi bitni indikatori koji daju jasnu sliku o mogućnosti izgradnje vertikalnih vetrogeneratora: histogram brzine vetra, ruža vetrova, funkcija gustine verovatnoće, funkcija kumulativne raspodele i visinski profil brzine vetra. Analiza je sprovedena na osnovu jednogodišnje vremenske datoteke, sa jednočasovnim razmakom.

Rezultati su pokazali da višespratnice u urbanim sredinama mogu biti potencijalna mesta za ugradnju vertikalnih vetroturbin, ali da se implementiranje vertikalnih vetroturbin mora vršiti sistematično, uzimajući u obzir sve uticajne efekte parametara lokacije, kako prirodnih, tako i stvorenih.

Statistička metoda izložena u ovom radu može se koristiti za određivanje vetropotencijala bilo koje lokacije, kako urbanih sredina, tako i ruralnih.

ZAHVALNICA/ACKNOWLEDGMENT

Ovaj rad predstavlja rezultate istraživanja nastalih u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, broj TR33015. Zahvaljujemo se Ministarstvu na finansijskoj podršci tokom ovog istraživanja.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] Despotović, M. *Obnovljivi izvori energije*, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2011.
- [2] Manwell, J.F., McGowan, J.G., Rogers, A.L. *Wind energy explained: theory, design and application*, John Wiley & Sons, 2010. <https://doi.org/10.1002/9781119994367>
- [3] Lukić, N., Babić, M. *Solarna energija - Monografija*, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2008.
- [4] Jain, P. *Wind energy engineering*, McGraw-Hill Education, 2016.
- [5] Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D., Bossanyi, E. *Wind energy handbook*, John Wiley & Sons, 2011. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/9781119992714.fmatter> [pristupljeno 15.05.2023]
- [6] Rehman, S., Alam, M.M., Alhems, L.M., Rafique, M.M. Horizontal Axis Wind Turbine Blade Design Methodologies for Efficiency Enhancement - a Review, *Energies*, Vol. 11, No. 3, pp. 506, 2018. <https://doi.org/10.3390/en11030506>
- [7] Song, D., Fan, X., Yang, J., Liu, A., Chen, S., Joo, Y.H. Power extraction efficiency optimization of horizontal-axis wind turbines through optimizing control parameters of yaw control systems using an intelligent method, *Applied Energy*, Vol. 224, pp. 267-279, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.04.114>
- [8] Maalawi, K.Y., Badawy, M.T.S. A direct method for evaluating performance of horizontal axis wind turbines, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 5, No. 2, pp. 175-190, 2001. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(00\)00017-4](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(00)00017-4)
- [10] Diveux, T., Sebastian, P., Bernard, D., Puiggali, J. R., Grandidier, J. Y. Horizontal axis wind turbine systems: optimization using genetic algorithms, *Wind Energy*, Vol. 4, No. 4, pp. 151-171, 2001. <https://doi.org/10.1002/we.51>
- [11] El-Samanoudy, M., Ghorab, A.A.E., Youssef, Sh.Z. Effect of some design parameters on the performance of a Giromill vertical axis wind turbine, *Ain Shams Engineering Journal*, Vol. 1, No. 1, pp. 85-95, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2010.09.012>

- [13] Ke, S., Yu, W., Wang, T., Ge, Y. Aerodynamic performance and wind-induced effect of large-scale wind turbine system under yaw and wind-rain combination action, *Renewable Energy*, Vol. 136, pp. 235-253, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.123>
- [14] Han, Z., Chen, H., Chen, Y., Su, J., Yhou, D., Yhu, H., Xia, T., Tu, J. Aerodynamic performance optimization of vertical axis wind turbine with straight blades based on synergic control of pitch and flap, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Vol. 57, 103250, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103250>
- [15] Dincer, P.K.I., Naterer, G.F. Energy and exergy efficiency comparison of horizontal and vertical axis wind turbines, *Renewable Energy*, Vol. 35, No. 9, pp. 2102-2113, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.02.013>
- [16] Eriksson, S., Bernhoff, H., Leijon, M. Evaluation of different turbine concepts for wind power, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, No. 5, pp. 1419-1434, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.05.017>
- [17] Marten, D., Wendler, J., Pechlivanoglou, G., Nayeri, C.N., Paschereit, C.O. QBLADE: an open source tool for design and simulation of horizontal and vertical axis wind turbines, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 3, No. 3, pp. 264-269, 2013. https://www.academia.edu/21366878/QBlade_an_Open_Source_Tool_for_Design_and_Simulation_of_Horizontal_and_Vertical_Axis_Wind_Turbines [pristupljeno 11.06.2023]
- [18] Borg, M., Collu, M. A comparison between the dynamics of horizontal and vertical axis offshore floating wind turbines, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, Vol. 373, pp. 1-16, 2015. <https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0076>
- [19] Mohammadi, E., Fadaeinedjad, R., Naji, H.R., Moschopoulos, G. Investigation of horizontal and vertical wind shear effects using a wind turbine emulator, *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, Vol. 10, No. 3, pp. 1206-1216, 2018. <https://doi.org/10.1109/TSSTE.2018.2863941>
- [20] Mikičić, D., Radičević, B., Đurišić, Ž. Wind energy potential in the world and in Serbia and Montenegro, *Facta Universitatis-series: Electronics and Energetics*, Vol. 19, No. 1, pp. 47-61, 2006. <https://doi.org/10.2298/FUEE0601047M>
- [21] Komarov, D., Stupar, S., Simonović, A., Stanojević, M. Prospects of wind energy sector development in Serbia with relevant regulatory framework overview, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, No. 5, pp. 2618-2630, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.067>
- [22] Lončar, D., Milovanović, I., Rakić, B., Randelović, T. Compound real options valuation of renewable energy projects: The case of a wind farm in Serbia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 75, pp. 354-367, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.001>
- [23] Gigović, Lj., Pamučar, D., Božanić, D., Ljubojević, S. Application of the GIS-DANP-MABAC multi-criteria model for selecting the location of wind farms: A case study of Vojvodina, Serbia, *Renewable Energy*, Vol. 103, pp. 501-521, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.11.057>
- [24] Doljak, D., Stanojević, G., Miljanović, D. A GIS-MCDA based assessment for siting wind farms and estimation of the technical generation potential for wind power in Serbia, *International Journal of Green Energy*, Vol. 18, No. 4, pp. 363-380, 2021. <https://doi.org/10.1080/15435075.2020.1865363>
- [25] Protić, I., Joksimović, T., Milinčić, U., Kićović, D., Milinčić, M. Wind energy potential for the electricity production-Knjaževac Municipality case study (Serbia), *Energy Strategy Reviews*, Vol. 33, 100589, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100589>
- [26] Stojanović, B., Rajić, T., Šoškić, D. Rekonfiguracija distributivne mreže i otočna kompenzacija uz prisustvo vetro generatora i solarnih panela, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 24, No. 4, pp. 12-21, 2022. <https://doi.org/10.46793/EEE22-4.12S>
- [27] Đurišić, Ž., Mikulović, J. Assessment of the wind energy resource in the South Banat region, Serbia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, No. 5, pp. 3014-3023, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.026>
- [28] Koprivica, M., Đurišić, Ž. Poboljšanje predikcije proizvodnje vetroelektrana u Južnom Banatu kombinovanjem pojedinačnih prognoza pomoću modela veštačke inteligencije, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 23, No. 3, pp. 54-60, 2021. <https://doi.org/10.46793/EEE21-3.54K>
- [29] Radovanović, M., Đurišić, Ž. Optimalno planiranje balansne rezerve za pokrivanje debalansa u proizvodnji vetroelektrana u Južnom Banatu, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 24, No. 4, pp. 38-46, 2022. <https://doi.org/10.46793/EEE22-4.38R>
- [30] Ouarda, T.B.M.J., Charon, C., Chebana, F. Review of criteria for the selection of probability distributions for wind speed data and introduction of the moment and L-moment ratio diagram methods, with a case study, *Energy Conversion and Management*, Vol. 124, pp. 247-265, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.07.012>
- [31] Arteaga-López, E., Angeles-Camacho C. Innovative virtual computational domain based on wind rose diagrams for micro-siting small wind turbines, *Energy*, Vol. 220, 119701, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119701>
- [32] Bowden, G. J., Barker, P.R., Shestopal, V.O., Twidell, J.W. The Weibull distribution function and wind power statistics, *Wind Engineering*, Vol. 7, No. 2, pp. 85-98, 1983. <https://www.jstor.org/stable/43749036>
- [33] Islam, M. R., Saidur, R., Rahim, N.A. Assessment of wind energy potentiality at Kudat and Labuan, Malaysia using Weibull distribution function, *Energy*, Vol. 36, No. 2, pp. 985-992, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.12.011>

AUTORI/AUTHORS

msr Aleksandar Nešović - istraživač-saradnik, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, aca.nesovic@gmail.com, ORCID [0000-0002-1690-2389](https://orcid.org/0000-0002-1690-2389)

msr Nikola Komatina - istraživač-saradnik, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, nkomatina@kg.ac.rs, ORCID [0000-0001-6964-5673](https://orcid.org/0000-0001-6964-5673)