

Predikcija proizvodnje perspektivnih vetroelektrana u regionu Banata

Danka Todorović, Uroš Marković

Elektrotehnički fakultet
Univerzitet u Beogradu
Beograd, Srbija
dankatodorovic9@gmail.com
uros90etf@gmail.com

Željko Đurišić

Elektrotehnički fakultet
Univerzitet u Beogradu
Beograd, Srbija
djurismic@etf.rs

Sadržaj—U radu je prezentovan model za predikciju proizvodnje perspektivne vetroelektrane u regionu Banata. Za predikciju brzina vetra u širem ciljnom regionu korišćene su baze podataka o prognoziranom brzina vetra koje su dostupne na internetu. Korišćene su baze podataka za tri metode (ETA, WRF(NMM), GFS(ETA2)). Sprovedena je analiza na osnovu satnih prognoziranih i merenih brzina vetra za dan unapred i utvrđena je linearna zavisnost sa faktorom korelacije 0,7. Statističkom metodom utvrđen je najprecizniji model predikcije i za odabranu metodu izvršena je analiza tačnosti prognoze snage potencijalne vetroturbine, snage 3MW. Koristeći model linearne regresije proračunata je greška u predikciji snage vetroturbine i rezultati su grafički predstavljeni.

Ključne riječi - linearna predikcija; region Banata; prognoza brzine vetra; kratkoročna predikcija snage; vetroelektrane

I. UVOD

Dosadašnja istraživanja vetroenergetskog potencijala u Srbiji izdvajaju Banat kao perspektivan region u pogledu korišćenja ovog obnovljivog izvora energije. Osnovne karakteristike koje favorizuju ovaj region u pogledu mogućnosti korišćenja energije vetra su: dobar energetski potencijal vetra, pristupačan teren i niski troškovi izgradnje vetroelektrana, jeftini transportni troškovi vetroturbina iz zemalja Evropske Unije (vodeni i kopneni transport), dobri klimatski uslovi i nizak keraunički nivo, [1–5].

U toku je razvoj više projekata vetroelektrana u ovom regionu čija je zbirna instalisana snaga preko 1000 MW. Idejna rešenja nekih od tih elektrana su opisana u literaturi [6], [7]. Evakuacija proizvedene električne energije ovih vetroelektrana bi značila injektiranje $0 \div 1000$ MW snage u jednom čvorištu u elektroenergetskom sistemu (TS Pančevo 2), pri čemu je ta snaga direktno uslovljena karakteristikama vetra u ovom regionu [8]. S obzirom na topografske karakteristike regiona, mikrolokacije perspektivnih vetroelektrana u Južnom Banatu karakteriše vrlo slična klimatologija u pogledu vetra, što je i potvrđeno namenskim merenjima brzine vetra koja se sprovode u ovom regionu. S obzirom na slične karakteristike vetra i praktično jedinstvenu tačku priključenja na prenosnu mrežu, sa aspekta uticaja na EES perspektivne vetroelektrane u regionu Banata je moguće agregirati i posmatrati kao jedinstvenu vetroelektranu. Priključenje ove vetroelektrane znači injektiranje snage u jednom čvorištu koja je direktno zavisna od karakteristika vetra. U ovakvim uslovima generisanja

potrebno je na nivou sistema organizovati termo-hidro-vetar koordinaciju koja će obezbediti optimalno balansiranje snage vetroelektrana u ovom regionu i obezbediti stabilan rad EES-a.

Za optimalno sprovođenje termo-hidro-vetro koordinacije i optimalno rezerviranje snaga u sistemu neophodno je vršiti predikciju proizvodnje vetroelektrana. Predikcija proizvodnje se obično sprovodi na satnom nivou za jedan dan unapred. Za kratkoročno planiranje angažovanja agregata nije neophodna predikcija proizvodnje vetroelektrana za sedam dana unapred, a i određivanje tačnosti i rezolucije ove predikcije nije toliko zahtevno kao predikcija za dan unapred. U nekim zemljama greška u predikciji proizvodnje vetroelektrana je penalisana, tako da vlasnici vetroelektrana imaju određene troškove za plaćanje penala zbog neostvarene planirane proizvodnje [9].

Predikcija proizvodnje vetroelektrana predstavlja jedan od ključnih aspektata za integraciju ovih izvora energije u EES. Iz tog razloga intenzivno se razvijaju modeli i softveri za prognozu proizvodnje vetroelektrana [10]. U ovom radu je izvršena analiza grešaka u predikciji brzine vetra i proizvodnji test vetroelektrane za lokaciju u ciljnom regionu. U analizi su korišćeni podaci o prognozama satnih brzina vetra koji su dostupni na internetu. Vršena su merenja brzine vetra na lokaciji u ciljnom regionu i sprovedena je linearna korelaciona analiza između prognoziranih i izmerenih vrednosti.

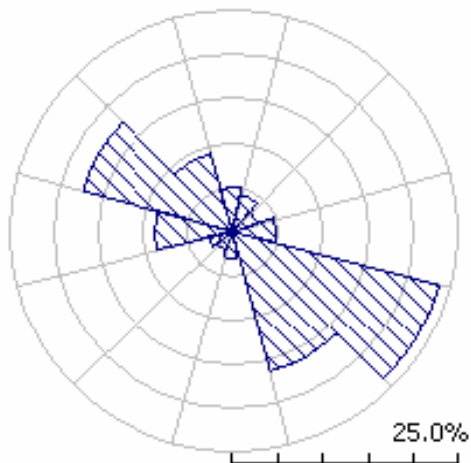
Istraživanja koja su sprovedena u ovom radu mogu predstavljati podlogu za razvoj profesionalnih softvera za predikciju proizvodnje perspektivnih vetroelektrana u južnom i srednjem Banatu.

II. KARAKTERISTIKE CILJNOG REGIONA

Region Banata se nalazi u severoistočnom delu Srbije. Topografija ove oblasti pokazuje da je karakteriše veoma ravan teren. Saobraćajna infrastruktura je veoma razvijena u ovoj regiji, a zajedno sa rekom Dunav i lukom Pančevo, koje se takođe nalaze u njoj, omogućava jeftin transport opreme perspektivne vetroelektrane.

Urađeno je nekoliko studija o globalnom potencijalu energije vetra u Srbiji. Istraživanje čiji su rezultati prezentovani u [1] pokazuje da južni Banat ima najbolji potencijal energije vetra u Srbiji. Prema ovom istraživanju srednja godišnja gustina snage vetra u ovom regionu, procenjena na visini 100m (iznad zemlje), je veća od 500 W/m². Istraživanja koja su

sprovedena u okviru studije [2] takođe ističu ovaj region u pogledu mogućnosti korišćenja potencijala energije vetra i procenjuju da je srednja godišnja snaga vetra u ovom regionu, na visini 100 m, veća od 300 W/m^2 . U radu [3] region južnog Banata se favorizuje kao perspektivan u pogledu mogućnosti razvoja projekata vetroelektrana u Srbiji, kako sa aspekta resursa vetra, tako i sa ostalih ključnih aspekata kao što su putna infrastruktura i uslova priključenja vetroelektrana na električnu mrežu. Procenjena srednja godišnja brzina vetra u ovom regionu na visini 50 m iznad tla je oko $5,5 \text{ m/s}$, a odgovarajuća prosečna gustina snage vetra je veća od 250 W/m^2 . Dominantan smer vetra je jugoistočni (košava) i on se najčešće javlja tokom zime, proleća i jeseni, dok je tokom leta najčešći vetar severozapadnog smera. Na sl. 1 prikazana je ruža vetrova dobijena na osnovu jednogodišnjih merenja parametara vetra na lokaciji Bavaništansko polje u južnom Banatu. Treba napomenuti da su vrlo slične ruže vetrova dobijene i na osnovu merenja na mikrolokacijama u regionu srednjeg Banata Istraživanja u [4,5], koja su sprovedena na osnovu namenskih merenja parametara vetra, pokazuju da proizvodnja perspektivnih vetroelektrana u ovom regionu može obezbediti faktor iskorišćenja kapaciteta od preko 30 %, što je iznad prosečnog vetroelektrane u Evropi [11].



Slika 1. Ruža vetrova dobijena pomoću softvera WASP na osnovu jednogodišnjih merenih podataka o brzini i smeru vetra na 60 m stubu na lokaciji Bavaništansko polje [4]

III. MODEL ZA KORELACIONU ANALIZU

Snaga vetra je proporcionalna trećem stepenu brzine vetra, što znači da se i vrlo male varijacije brzine vetra bitno odražavaju na promenu njegove snage. Jaka zavisnost između snage i brzine vetra ima niz bitnih posledica na projektovanje vetroelektrana, kako u pogledu zahtevane tačnosti merenja brzine vetra, tako i u pogledu preciznosti softvera za prostornu i visinsku ekstrapolaciju merenih podataka o potencijalu energije vetra. U pogledu predikcije proizvodnje vetroelektrane od ključne važnosti je predikcija brzina vetra. Ostali atmosferski parametri imaju znatno manji uticaj na proizvodnju vetroturbine, te u ovom radu nisu uzeti u obzir.

Predikcija brzine vetra na satnom nivou za dan unapred zahteva regionalno modelovanje i praćenje atmosfere, tako da

se obično vrši u sklopu globalnih meteoroloških centara za prognozu vremena. Cilj ove analize je da pokaže u kojoj meri ovi podaci, koji su javno dostupni na internetu, mogu biti iskorišćeni za predviđanje brzine vetra u cilnom regionu. Korišćeni su podaci za prognozu brzina vetra za 1 dan unapred za različite modele predikcije (ETA, WRF i GFS). ETA je 84-časovni model koji se uglavnom koristi u istraživačke svrhe i sprovodi se 2 puta dnevno, u 09h i 21h (GMT). Njega je nasledio WRF (NMM) model koji se izvršava 4 puta dnevno, u 0h, 6h, 12h i 18h (GMT). GFS (ETA2) model se sprovodi na isti način kao i NMM, ali je 384-casovni i najpogodniji za kratkoročnu i srednjeročnu prognozu i stoga verovatno najprimereniji za analizu prognoze proizvodnje vetroelektrana.

Za potrebe ove analize bili su na raspolaganju mereni podaci o brzini vetra mereni na lokaciji Sečanj. Merenja su vršena na tri merne visine, i to 40, 50 i 60 m. Na osnovu raspoloživih merenih podataka i korespondentnih prognoziranih srednjih satnih brzina vetra izvršena je linearna korelacija. Prvo su obrađeni podaci sa mernog stuba na ciljnoj lokaciji tako što su proračunate srednje satne brzine vetra. Za dominantne sektore ruže vetrova je uspostavljena linearna korelaciona funkcija između seta podataka o brzini vetra sa mernog stuba (V_m) i seta podataka prognoziranih pomoću pomenutih modela (V_p):

$$V_m = C_1 V_p + C_2 \quad (2.1)$$

gde su: V_m – brzina vetra sa mernog stuba,

V_p – prognozirana brzina vetra

C_1, C_2 – konstante koje treba odrediti

Napravljena je baza podataka na nivou satnih brzina sakupljenih u periodu septembar-decembar 2012. Kao podaci od interesa za dalju analizu izdvojene su prognoze brzine vetra koje se vrše u 0h i 12h za svaki dan u ovom periodu. Utvrđeno je da se dobijaju približno iste greške u predikciji, pa je na dalje prikazana samo predikcija koja se vrši u 12h.

Za svaki par srednjih satnih brzina vetra, od njih 2088 (87 dana) koji pripadaju analiziranom sektoru ruže vetrova, može se napisati jednačina (2.1), tako da se dobija jedan redundantan sistem. Optimalna procena konstanti C_1 i C_2 izvršena je standardnom metodom minimuma sume kvadrata odstupanja. Primenom ove metode dobijene su optimalne procene nepoznatih konstanti C_1 i C_2 :

$$C_1 = \frac{N \sum V_{mt} V_{pt} - \sum V_{mt} \sum V_{pt}}{N \sum (V_{pt})^2 - (\sum V_{pt})^2} \quad (2.2)$$

$$C_2 = \frac{1}{N} \left(\sum V_{mt} - C_1 \sum V_{pt} \right) \quad (2.3)$$

Da bi se utvrdilo da li analizirani podaci dobijeni modelima za predikciju brzine i ciljna lokacija pripadaju istoj klimatologiji vetra, potrebno je utvrditi stepen korelacije između mernih podataka o brzini vetra sa mernog stuba i seta podataka o predikciji brzine vetra. Ta procena je vršena na osnovu Pirsonovog koeficijenta korelacije (r), koji je definisan sledećom relacijom:

$$r = \frac{(N \sum V_{mrt} V_{p1} - \sum V_{mrt} \sum V_{p1})^2}{(N \sum (V_{p1})^2 - (\sum V_{p1})^2)(N \sum (V_{mrt})^2 - (\sum V_{mrt})^2)} \quad (2.4)$$

Za potpunu (idealnu) korelisanost $r = 1$. Ukoliko je koeficijent korelacije loš (manji od 0,5) to znači da analizirani setovi podataka nemaju pouzdanu korelaciju, odnosno da prognoza nema potreban nivo tačnosti. Ako su prognozirana i merna lokacija udaljene, onda korelisanost zavisi i od toga da li analizirane lokacije pripadaju istoj klimatologiji vetra. U analiziranom slučaju lokacija za koju se vrši prognoza brzine vetra je Zrenjanin, a lokacija na kojoj se vrše merenja brzine vetra (Sečanj) je udaljena oko 30 km. Osim geografske udaljenosti, na korelisanost utiče i visina merenja i prognoze podataka. Ako se visina na kojoj se vrši prognoza brzine vetra razlikuje od visine merenja to unosi odgovarajuću grešku u korelisanosti zbog nelinearnog i vremenski promenljivog profila brzine vetra [12].

IV. REZULTATI KORELACIONIH ANALIZA

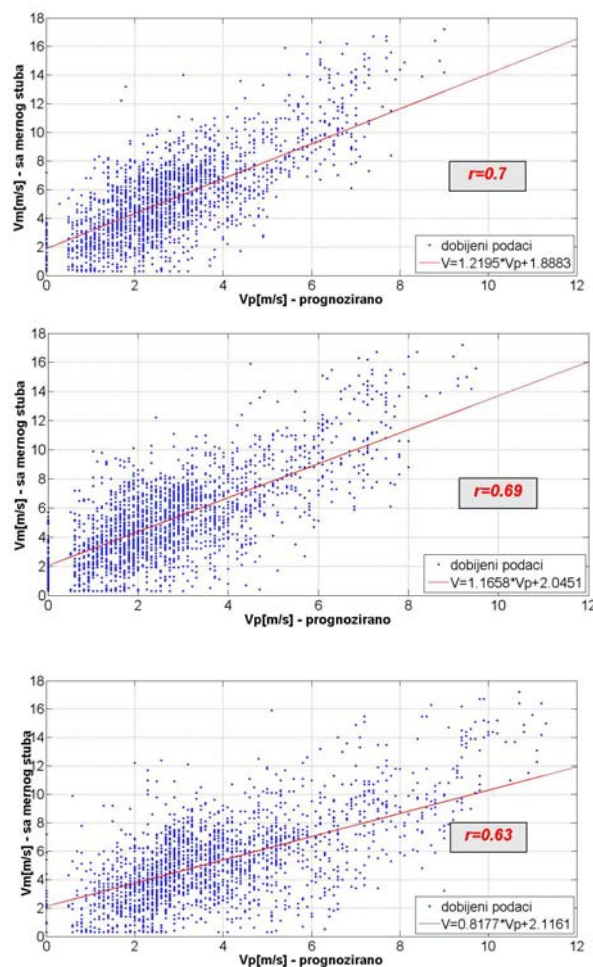
Primenom metode najmanjih kvadrata za set parova podataka koji se odnosi na dominantni jugoistočni sektor ruže vetrova, koji je glavni nosilac potencijala vetra u analiziranom regionu [4], dobijene su korelacione funkcije sa zadovoljavajućim korelacionim koeficijentima ($0,6 \leq r \leq 0,7$). Korelacioni račun, čiji je rezultat prikazan u tabeli I, je primenjen na podatke merene na tri različite visine iznad tla (40m, 50m i 60m) i za sva tri modela predikcije. Na osnovu toga je utvrđeno da je stepen korelacije za analizirane setove podataka vrlo dobar, odnosno daje prognoza dobra i da ciljne lokacije Zrenjanin i Sečanj pripadaju istoj klimatologiji u pogledu vetra.

TABELA I. ZAVISNOST KOEFICIJENATA KORELACIJE OD VISINE MERNOG STUBA I MODELA PREDIKCIJE

Model predikcije	Visina mernog stuba		
	40m	50m	60m
ETA	0.6929	0.6849	0.6752
NMM	0.6257	0.6188	0.6062
ETA2	0.7006	0.6905	0.6822

Dobijeni rezultati pokazuju da preciznost korelacione analize opada sa porastom visine mernog stuba. Na sl.2 dat je grafički prikaz korelacione analize između seta mernih podataka sa 40 m mernog stuba na lokaciji Sečanj i prognoziranih podataka za Zrenjanin za svaki od tri modela

predikcije. Uporednom analizom korelacionih koeficijenata za različite meteorološke modele predikcije zaključeno je da je najprecizniji model ETA2, te je u daljem radu samo on izložen.

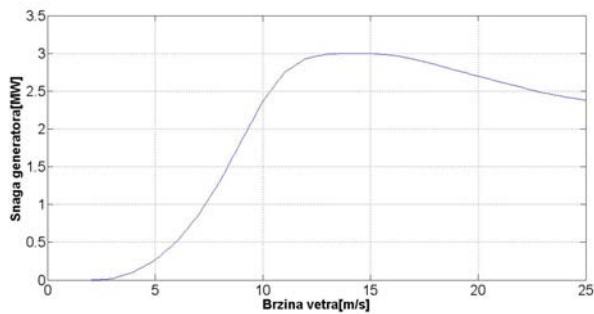


Slika 2. Korelacija mereni podaci (Sečanj) – prognozirani podaci (Zrenjanin) za sledeće modele predikcije: a) ETA b) ETA2 c) NMM

Na osnovu dijagrama može se utvrditi da disperzivnost podataka pri većim brzinama vetra je uglavnom istog znaka. Odnosno, merene brzine vetra pri jakim vetrovima su veće od prognoziranih. Ovo daje i jednu od mogućih smernica daljeg razvoja modela koji bi umesto linearne korelacije koristio neku nelinearnu funkciju. S obzirom da je korelisanost generalno lošija za veće merne visine, jedan od mogućih pravaca poboljšanja korelacije je uvođenje visinske dijabatske korekcije mernih podataka.

V. ANALIZA PROIZVODNJE VETROTURBINE NA OSNOVU PRIKUPLJENIH PODATAKA

Na osnovu prognoziranih brzina vetra, dobijenih odabranom ETA2 metodom, utvrđena je greška u predikciji proizvodnje perspektivne vetroelektrane. Da bi se odredila greška pri proizvodnji snage vetroelektrane, potrebno je prvo odrediti tip turbine koji će biti postavljen na ciljnoj lokaciji, a koji u ovoj analizi predstavlja test turbinu. Za test turbinu izabrana je turbina tipa Alstom ECO 110, visine stuba 100m, prečnika rotora 110m, snage 3MW.



Slika 3. Karakteristika snage vetroturbine, model Alstom ECO 110

Za određenu brzinu se garantuje odgovarajuća snaga koju će turbina proizvesti u skladu sa karakteristikom snage turbine, koja je prikazana na sl. 3. Turbina je odabrana s obzirom da ima stall regulaciju, tako da je greška u proceni proizvodnje generalno veća nego kod vetroturbin sa pitch regulacijom, jer greška u proceni brzine vetra je jednako bitna u celom opsegu deklariranih radnih brzina. Kod vetroturbin sa pitch regulacijom greška u proceni brzina vetra za brzine vetra iznad nominalne vrednosti ne mora direktno uzrokovati i grešku u proceni proizvodnje vetroturbin.

Proračun snage vetroturbin je vršen tako što su brzine vetra (prognozirana i merena) ekstrapolirane na visinu osovine vetroturbin koristeći metodologiju opisanu u radu [12]. Na taj način su dobijena dva seta podataka, prognozirana snaga vetroturbin, koja je dobijena na osnovu korelacionih modela i predikcije brzine vetra, i ostvarena snaga, koja je proračunata na osnovu podataka sa mernog stuba. Na sl. 4 su uporedno prikazani dobijeni rezultati.

Primećuje se da su dijagrami snaga u vremenu veoma slični. Očekivano, više varira stvarna snaga vetroturbin, jer se

primenom ovakvog modela predikcije ne mogu trenutno ispratiti nagle promene brzine vetra. Upravo se pri takvim varijacijama vetra javljaju najveće greške u prognozi snage.

Za svaki set podataka, koji čine prognozirana i ostvarena snaga, određena je normalizovana greška, na osnovu formule:

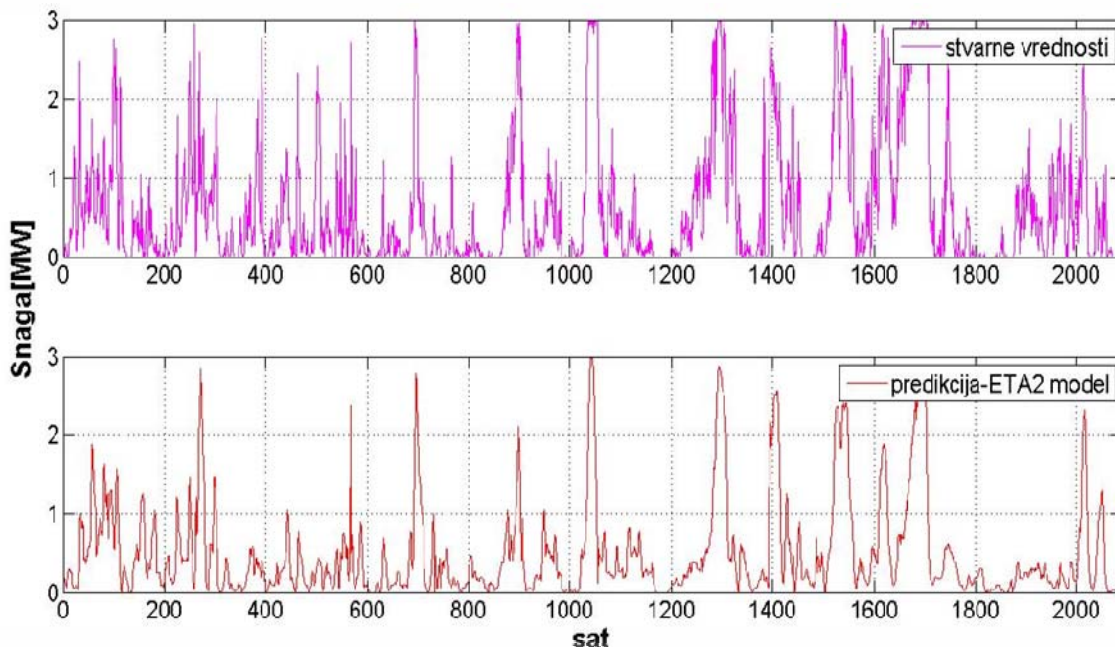
$$\delta_{\%} = \frac{|P_p - P_s|}{P_n} \times 100 \quad (5.1)$$

gde su: P_p – prognozirana snaga,
 P_s – stvarna snaga
 P_n – nominalna snaga

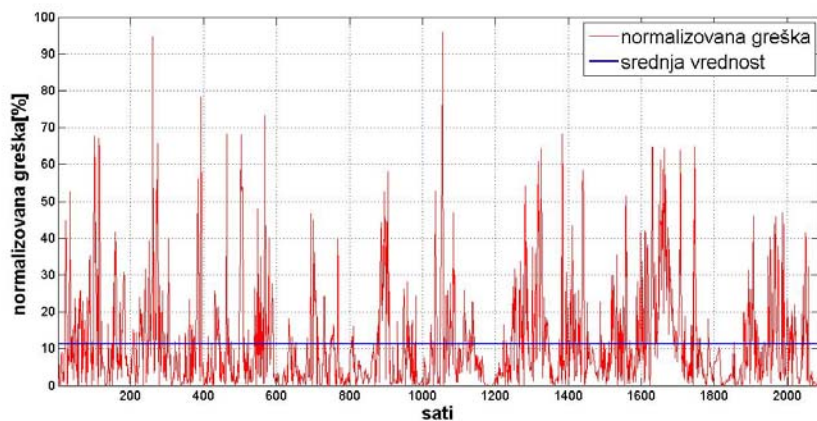
Srednja greška za posmatrani period od 87 dana koji sadrži 2088 parova podataka ($N=2088$) je:

$$\delta_{sr} = \frac{\sum \delta_{\%}}{N} \quad (5.2)$$

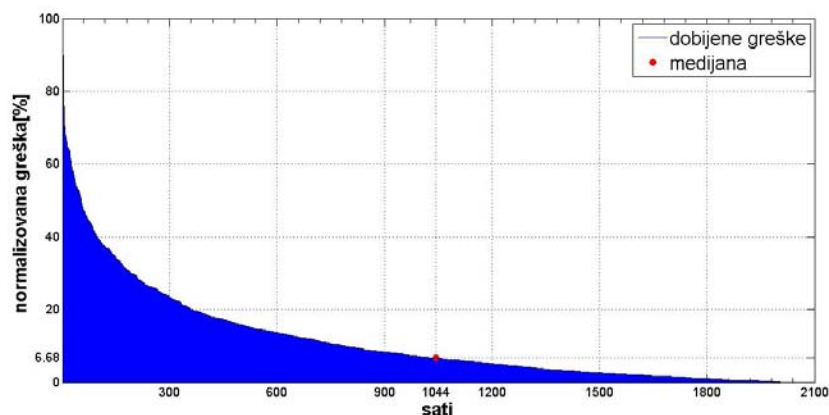
Na ovaj način utvrđeno je da srednja vrednost greške za posmatrani vremenski period iznosi 11,32%, što je prikazano na sl. 5. Sortiranjem srednje normalizovane apsolutne greške po opadajućoj vrednosti dobijen je grafik na sl. 6, na osnovu koga se vidi da će greška u 50% slučajeva biti manja od 6,7%. Zaključeno je da medijana procene proizvodnje vetroturbin iznosi 6,7%.



Slika 4. Uporedni prikaz stvarnih i prognoziranih (24h unapred) vrednosti snage vetroturbin u periodu od 87 dana (model ETA2)



Slika 5. Normalizovana greška modela predikcije

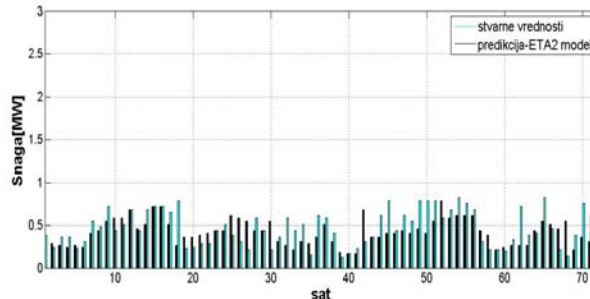
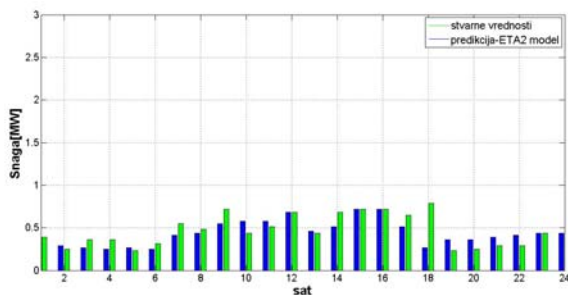


Slika 6. Vreme trajanja grešaka u proceni proizvodnje vetroturbine u periodu od 87 dana (model ETA2)

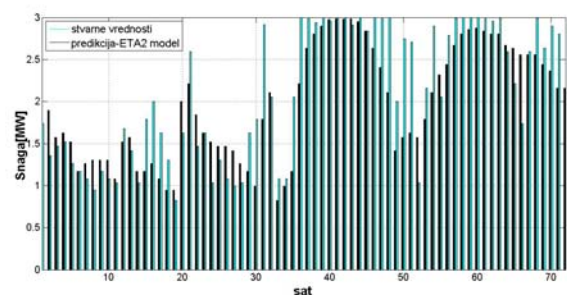
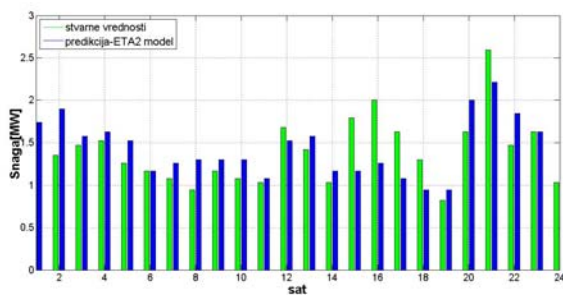
U cilju detaljnijeg proučavanja greške predikcije na dalje su posmatrani samo intervali od 24h i 72h, kako bi se što preciznije uočile razlike u vrednostima stvarnih i prognoziranih snaga. Takođe, odvojeno je proučavano jako i prosečno vetrovit dan, jer se na taj način ima realniji uvid u kvalitet ovog modela, a i eliminiše se glavni uzrok greške (nagle promene brzine).

Tokom dana sa ustaljenom brzinom vetra, snaga vetrogeneratora ne prelazi 1MW i u proseku iznosi oko 0.5MW, što je prikazano na sl 7. Usled relativno ustaljene

brzine vetra nema velikih odstupanja između prognoziranih i stvarnih snaga pa je srednja greška na ovom intervalu znatno manja od greške na nivou svih 87 dana i iznosi oko 5%. Pri većim brzinama snage se naglo povećavaju, jer je karakteristika vetroturbine veoma strma na intervalu brzina od 6m/s do 12m/s. Stoga su snage vetroelektrane tokom jako vetrovitog dana znatno veće, često dostižu maksimum i u proseku iznose više od 2MW, sl 8. Problem pri velikim brzinama i snagama je što se svaka greška u prognozi brzine znatno dramatičnije oslikava na predikciju snage.



Slika 7. Upoređivanje stvarnih i prognoziranih snaga za 24h i 72h – prosečno vetrovit dan (model ETA2)



Slika 8. Uspoređivanje stvarnih i prognoziranih snaga za 24h i 72h – jako vetrovit dan (model ETA2)

Kao posledica toga srednja greška tokom dana sa velikim oscilacijama u brzini vetra je duplo veća nego kod prosečno vetrovitog i iznosi 10%. Rezultati jasno pokazuju da u toku dana sa relativno konstantnom brzinom vetra ovaj model predikcije veoma precizno prognozira snagu vetroturbine, bez obzira da li je u pitanju umereno ili jako vetrovit dan.

VI. ZAKLJUČAK

U ovom radu je izvršena analiza grešaka u predikciji brzine vetra i proizvodnji test vetroelektrane za lokaciju u cilnom regionu Banata. U analizi su korišćeni podaci o prognozama satnih brzina vetra koji su dostupni na internetu. Vršena su merenja brzine vetra u cilnom regionu i izvršena linearna korelaciona analiza između prognoziranih i izmerenih vrednosti. Korišćenjem linearnog regresionog modela utvrđene su greške u predikciji brzina vetra, time i snage test vetroelektrane za sva tri modela za predikciju brzine vetra. Medijana i srednja normalizovana greška proizvodnje test vetroelektrane, pri korišćenju ETA2 modela prognoze brzine koji se pokazao kao najbolji, su 6,7% i 11,32%, respektivno. Mala odstupanja između prognoziranih i stvarnih snaga čine ovaj model dobrom podlogom za razvoj profesionalnih softvera za predikciju proizvodnje perspektivnih vetroelektrana u južnom i srednjem Banatu. S obzirom da region Banata karakteriše vrlo slična klimatologija u pogledu vetra, zaključci koji su proistekli iz analiza sprovedenih u ovom radu praktično se mogu odnositi na ceo region.

Model se može dalje unaprediti kroz uvođenje nelinearnih korelacionih funkcija, dijabatske visinske korekcije mernih podataka, kao i selektivnih korelacionih funkcija u pogledu brzine vetra. Takođe, treba imati u vidu da je model formiran na osnovu tromesečnih merenja. Korišćenjem jednogodišnje baze podataka očekuje se da će korelacioni koeficijenti biti preciznije određeni.

LITERATURA

- [1] Potencijali solarne i vetro energije u Srbiji, Nacionalni program energetske efikasnosti, Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije - Studija EE704-1052A (Rukovodilac: P. Gzburčik), 2005.
- [2] Wind Atlas of Vojvodina (on Serbian), Studija (Rukovodilac: V. Katić), University of Novi Sad, December 2008.
- [3] Ž. Đurišić, M. Bubnjević, D. Mikičić, N. Rajaković, Wind Atlas of Serbian Region Vojvodina, Proc. of European Wind Energy Conference (EWEC 2007), Milano, Italy, May 2007.

- [4] Ž. Đurišić, Analiza resursa energije vetra u južnom Banatu, Zbornik radova 30 savetovanja CIGRE, Zlatibor 2011.
- [5] Ž. Đurišić, J. Mikulović, Assessment of the Wind Energy Resource in the South Banat Region, Serbia, Renewable & Sustainable Energy Reviews 16, 2012.
- [6] Ž. Đurišić, M. Zindović, Uslovi razvoja projekta perspektivne vetroelektrane u južnobanatskom regionu, Energetičar, Izdavač: Savez energetičara Republike Srpske, br. XIV, 2009.
- [7] Ž. Đurišić, M. Obradović, N. Arsenijević, Uslovi razvoja projekta vetroparka „Bavaništansko polje“ snage 188 MW, Zbornik radova, 29 savetovanja CIGRE, Zlatibor, 2009.
- [8] Ž. Đurišić, B. Đukić, N. Šijaković, D. Balkoski, D. Popović, Analiza karakteristika vetra u južnom Banatu i uslovi integracije vetroelektrana u EES Srbije, Elektroprivreda, vol. 64, br. 3, 2011.
- [9] C. Brunetto, G. Tina, Wind generation imbalances penalties in day-ahead energy markets: The Italian case, Electric Power Systems Research 81, 2011.
- [10] A. M. Foley, P. G. Leahy, A. Marvuglia, E. J. McKeogh, Current methods and advances in forecasting of wind power generation, Renewable Energy 37, 2012.
- [11] J. K. Kaldellis, D. Zafirakis, The wind energy (r)evolution: A short review of a long history, Renewable Energy 36, 2011.
- [12] Ž. Đurišić, J. Mikulović, A model for vertical wind speed data extrapolation for improving wind resource assessment using WASP, Renewable Energy 41 (2012), pp. 407-411

Abstract—This paper presents a correlation method for prediction of wind speed for micro-location Sečanj, South Banat, in order to determine the production of potential wind farm. The analysis used data on hourly wind speed forecasts for 1 day in advance for the various models of prediction (ETA, WRF(NMM) and GFS(ETA2)), available on the internet. The measurements of wind speed in the target region have been conducted and a linear correlation analysis with a correlation factor of 0,7 has been performed. The most precise forecast model has been determined and power prediction error of 3MW wind turbine has been studied. Wind speed and power variations have been observed during characteristic time intervals Using linear regression model errors in the prediction of wind turbine power have been determined and presented graphically.

PREDICTION OF PRODUCTION OF PERSPECTIVE WIND FARMS IN BANAT REGION

Danka Todorović, Uroš Marković, Željko Đurišić