

# ENERGETSKI POTENCIJALI VETRA SVET – EVROPA – SRBIJA I CRNA GORA

*Branko Radičević, Dušan Mikičić, Željko Đurišić<sup>1</sup>*

*Ključne reči: energetske potencijali vetra, resursi, vetrogeneratori, ekologija*

## SAŽETAK:

Srbija i Crna Gora (SCG) je jedna od evropskih zemalja sa hroničnim energetske problemima. To se posebno odnosi na naftu i gas za čiji uvoz su potrebna velika novčana sredstva. Uglja imamo dovoljno za narednih 50 ÷ 70 godina, ali ekološki problemi, koji prate sagorevanje uglja, moraju se uzeti u obzir kod donošenja odluke o gradnji novih termoelektrana. Snaga naših hidrocentala je oko 3000 MW (stanje u januaru 2003. godine) uz moguće povećanje za još 1000 MW u narednih 20 godina. Sve ovo je nedovoljno za zadovoljenje energetske potreba naše zemlje u XXI veku. U ovom radu analizirano je kako energetske probleme rešavaju pojedine zemlje u svetu. Vetar će u budućnosti predstavljati značajni izvor električne energije (preko 20 %). Zbog toga i u našoj zemlji moramo tražiti dobre lokacije, utvrditi naš vetropotencijal i krenuti u izgradnju vetrogeneratora za proizvodnju ekološki čiste električne energije.

## 1. UVOD

Da bi se dao odgovor na pitanje koliko u SCG ima kvalitetnog vetra koji bi se mogao na ekonomski isplativ način konvertovati u električnu energiju potrebno je, pored karakteristika vetra, uzeti u obzir i rezerve fosilnih goriva, cenu električne energije iz fosilnih goriva, očuvanje životne sredine, količinu naftnih derivata i gasa koje uvozi naša zemlja, trend rasta i strukturu potrošnje energije i slično. I pored preduzetih mera u pogledu povećanja energetske efikasnosti i revitalizacije proizvodnih i prenosnih kapaciteta u EPS-u i EPCG se od 1997. god. permanentno javlja deficit u električnoj energiji. Taj deficit je u 2002. god. iznosio oko 5,5 TWh što čini preko 10% ukupne nacionalne potrošnje, koja je tada iznosila oko 40 TWh, [6]. Debalans u proizvodnji i potrošnji električne energije je u proteklom periodu rešavan uvozom skupe električne energije i restriktivnim merama u isporuci električne energije. Treba imati u vidu da će, u skladu sa potrebom ubrzanja industrijskog razvoja, potrošnja energije u SCG nastaviti da raste u narednom periodu,

---

<sup>1</sup> Branko Radičević, dipl. ing. el. - asistent pripravnika, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Nemanjina 6, 11081 Beograd – Zemun, e-mail: radice@drenik.net  
dr Dušan Mikičić, profesor mehanike, Željko Đurišić, dipl. ing. el. - asistent pripravnika, Elektrotehnički fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd

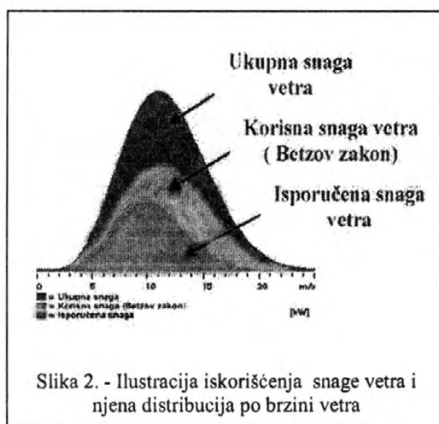
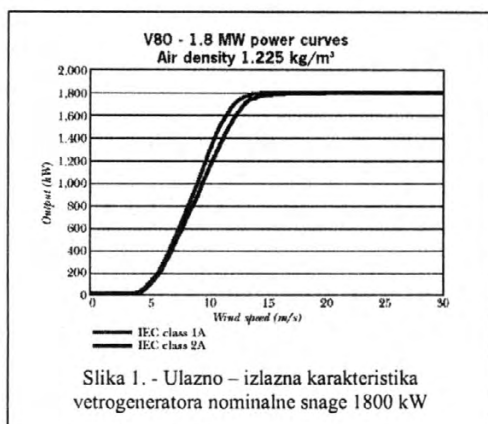
uprkos povećanju energetske efikasnosti. Eksploatacija postojećih rezervi fosilnih goriva će biti sve veća, a zadovoljavanje istim energetskih potreba SCG sve teže. Generalno gledano, naša zemlja je energetski siromašna zemlja. Već duže vreme se potrebna nafta i gas obezbeđuju većim delom iz uvoza. Eksploatacija domaćeg uglja relativno male toplotne moći će se sve više ograničavati zbog uticaja emisije CO<sub>2</sub> i drugih gasova koji zbog efekta staklene bašte izazivaju promenu klime na zemlji i globalno zagrevanje.

## **2. MODELI ZA PROCENU VETROENERGETSKIH RESURSA**

Vetar je neiscrpan izvor energije, ali su njegovi kapaciteti po snazi ograničeni. Da bi se mogao tačno odrediti tehnički iskoristiv vetroenergetski potencijal nekog regiona potrebno je precizno poznavati histogram brzina vetra na visini na kojoj se postavlja vetroturbina. S obzirom da je na visinama na kojima se instaliraju savremeni vetrogeneratori (do 120 m) lokalnost pojave vetra jako izražena, za precizno određivanje vetropotencijala bi bio potreban ogroman broj mernih sistema za kontinualno merenje na dužem vremenskom horizontu (2+3 godine). Praktično je ovakva merenja na širem regionu nemoguće sprovesti, pa se često u praksi vrše procene na osnovu meteoroloških podataka. S obzirom na to da meteorološke stanice daju parametre za relativno mali broj lokacija u regionu, razvijeni su različiti kompleksni matematički modeli koji imaju za cilj da na osnovu meteoroloških podataka i topografije terena simuliraju vetrove na širem području. Ovi modeli su, u pogledu određivanja vetroenergetskog potencijala, pokazivali velike razlike, pa su se javljala odstupanja u procenama vetroenergetskog potencijala određenog regiona (zemlje) i do 100 puta. Osnovni razlog za ovakve razlike u procenama leži u visokoj senzitivnosti energije vetra od brzine koja je funkcija velikog broja kako meteoroloških tako i topografskih parametara. Pogrešna procena nekog od parametara može dovesti do višestruke greške u proceni vetropotencijala.

Greška od 10% u merenju brzine unosi grešku od preko 30% u proračunu snage vetra [3]. Greške u proceni snage se kumulativno preslikavaju na estimaciju električne energije koja se može dobiti iz vetra na godišnjem nivou. Dakle, za estimaciju električne energije neophodno je, pored karakteristika vetra, poznavati i tehničke karakteristike vetrogeneratora (slika 1), kao i visinu tornja na kojem se on instalira. Uvažavanjem svih parametara koji utiču na elektromehaničku konverziju energije vetra u električnu, može se konstatovati da se samo jedan manji deo ukupne kinetičke energije vetra može praktično konvertovati u električnu energiju (maksimalni stepen iskorišćenja vetroturbine je oko 0,40), što je ilustrovano na slici 2 (Veibul-ova kriva).

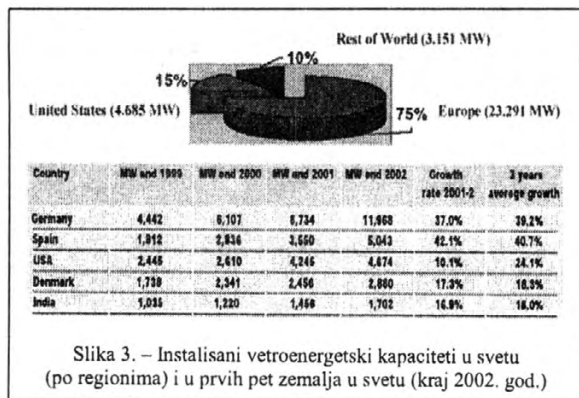
Konačan zaključak autora ovog rada je da su procene globalnog vetropotencijala, koje se baziraju na standardnim meteorološkim podacima i teorijskim modelima koji se oslanjaju na te podatke, nepouzdanе. Primena različitih modela dovodi do različitih zaključaka o globalnom vetroenergetskom potencijalu. I najpoznatiji radovi iz ove oblasti u svetskoj literaturi su takođe u određenoj meri kontradiktorni, što govori da ne postoji pouzdan teorijski model za procenu vetropotencijala. U prilog ovoj konstataciji ide i činjenica da zemlje u kojima je vetroenergetika najrazvijenija višestruko koriguju početne procene svog vetropotencijala.



S obzirom na to da je Danska zemlja koja je dostigla značajan nivo iskorišćenja svojih vetropotencijala (instalirano oko 3000 MW kapaciteta), odnosno učešća vetroenergije u ukupnoj proizvodnji električne energije (oko 20 %), ideja u ovoj studiji je da analiziramo njihovo iskustvo, pokušamo da uspostavimo određenu geografsku, topološku i demografsku sličnost i na osnovu takve analize procenimo vetroenergetski potencijal SCG. Ovakav pristup je relativno jednostavan i površan, ali se temelji na rezultatima koji su verifikovani u praksi, što daje, za razliku od teorijskih matematičkih modela, određenu sigurnost. Ovakav pristup obezbeđuje i uvažavanje dodatnih faktora koji se ne mogu u teorijskim modelima adekvatno uvažiti. Pošto Danska ima najveće iskustvo u oblasti vetroenergetike, kao i verifikovane procene svog globalnog vetroenergetskog potencijala kroz značajna izgrađena vetroenergetska postrojenja, prirodno je pokušati uspostaviti određenu sličnost između vetroenergetskog potencijala u ovoj zemlji, koji se može smatrati dovoljno pouzdanim, i vetroenergetskog potencijala SCG. Autori su svesni da lokalnost pojave vetra uzrokuje greške koje su u ovakvim poređenjima neizbežne. S obzirom na to da je osnovni cilj ovog rada procena globalnog vetropotencijala SCG, ovakav pristup omogućava pouzdaniju procenu od onog koji se bazira samo na meteorološkim podacima i teorijskim modelima.

### 3. STANJE VETROENERGETIKE U SVETU I VETROENERGETSKI POTENCIJAL SRBIJE I CRNE GORE

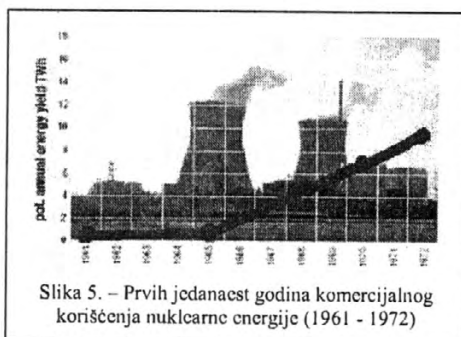
U ukupnoj proizvodnji električne energije u svetu energija vetra danas učestvuje sa svega 0,4 % (u 50 zemalja u svetu instalirano je oko 32000 MW kapaciteta), međutim, sudeći po svetskim trendovima ovaj procenat bi u narednoj deceniji mogao i da se utridesetostuči [2]. Na bazi vetra je u toku 2002. god. u svetu proizvedeno oko 70 TWh električne energije, što je dovoljno da se zadovolje potrebe 16 miliona prosečnih domaćinstava u Evropi ili 7,5 miliona prosečnih Američkih domaćinstava za električnom energijom. Vetroenergetika je najekspanzivnija industrija u Evropi i svetu (stopa rasta za period 1998. - 2002. je 32 %) i do sada je u nju uloženo oko 30 milijardi evra (slike 5 i 6).



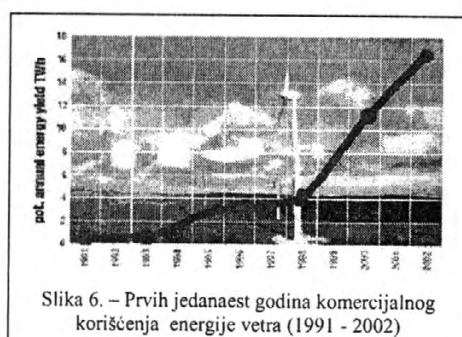
Slika 3. – Instalirani vjetroenergetski kapaciteti u svetu (po regionima) i u prvih pet zemalja u svetu (kraj 2002. god.)



Slika 4. – Svjetski vjetroenergetski "onshore" resursi, izraženi u TWh/god ekvivalentne električne energije (ukupno 53000 TWh/god)

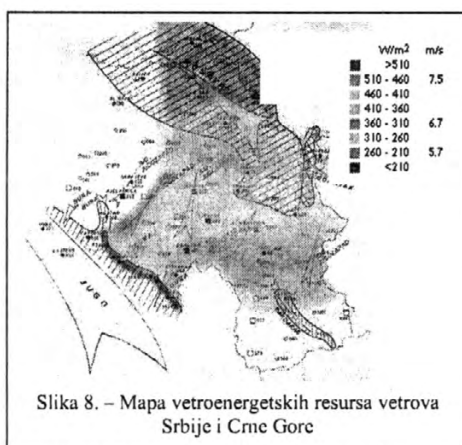
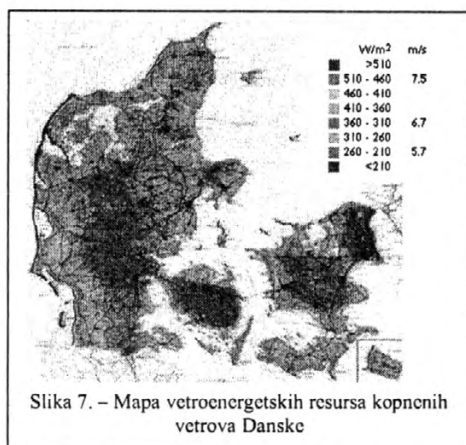


Slika 5. – Prvih jedanaest godina komercijalnog korišćenja nuklearne energije (1961 - 1972)



Slika 6. – Prvih jedanaest godina komercijalnog korišćenja energije vetra (1991 - 2002)

Na slici 4 data je procena vjetroenergetskih kapaciteta kopnenih vetrova u svetu kao rezultat studije koju je sproveo 1993. Univerzitet iz Utrehta. Iako je u ovoj studiji procenjeno da je globalni vjetroenergetski potencijal višestruko veći od potreba za električnom energijom, ova studija je veoma konzervativna tj. vetropotencijal u svetu je realno veći od onog naznačenog na slici 4. Prema ovoj studiji ukupan vetropotencijal Nemačke na kopnu je 24 TWh/god (oko 12 GW instaliranih kapaciteta). Međutim, Nemačka je po instaliranim kapacitetima već prešla 12 GW, a detaljne studije koje je sproveo Ministarstvo za ekonomiju Nemačke pokazuju da je vetropotencijal na kopnu Nemačke oko 124 TWh/god (64 GW instaliranih kapaciteta), što je preko pet puta više od prvobitne procene [2]. Npr. u pokrajini Schleswig-Holstein, na severu Nemačke, učešće električne energije koja se dobija iz vjetrogeneratora već danas iznosi fantastičnih 29 %. Mnoge studije u Americi su potvrdile da je vjetroenergetski potencijal ove zemlje toliki da može preko dva puta da zadovolji potrebu za trenutnom potrošnjom električne energije u ovoj zemlji. Država Severna Dakota u Americi je zemlja sa jednim od najvećih vjetroenergetskih potencijala u svetu (210 milijardi kWh/god. električne energije se može dobiti iz elektrana na vetar, odnosno 138400 MW kapaciteta).



Vetropotencijal Danske je sadržan u kopnenim (*onshore*) i morskim priobalnim (*offshore*) vetrovima. Pored izgrađenih 3000 MW u vetrogeneratorima, Vlada Danske je odobrila gradnju novih 4000 MW do 2010., a dugoročni planovi (do 2020. god.) su izgradnja ukupno 10000 MW, koji bi proizveli oko 50 % nacionalnih potreba za električnom energijom. Na osnovu ovih planova, koji se temelje na realnim vetroenergetskim resursima, može se zaključiti da su vetroenergetski resursi Danske oko 20 GW = 20000 MW. Ovaj podatak je potvrđen i na internet sajtu Ministarstva za energetiku Danske. Oni eksplicitno tvrde da je njihov tehnički iskoristiv vetroenergetski potencijal oko 20000 MW, od čega je oko 50% koncentrisano u morskima, a 50% u kopnenim vetrovima. Ovaj podatak se može uzeti kao pouzdan, jer je rezultat dugogodišnjeg iskustva i opsežnih merenja koja su korigovana na osnovu praktičnih iskustava, da bi rezultovala izradom mape vetrova Danske koja je izuzetno velike rezolucije (200m × 200m). Mapa vetrova Danske prikazana je na slici 7, [4]. Podaci na slikama 7 i 8 se odnose na srednju snagu vetra po m<sup>2</sup> površine normalne na pravac duvanja vetra na visini 45 m iznad tla.

U SCG nema instaliranih vetrogeneratorskih kapaciteta, niti su sprovedena opsežnija namenska merenja vetra u cilju određivanja globalnog vetropotencijala. Malobrojne analize i studije o vetropotencijalu SCG su u potpunosti bazirane na anemografskim podacima iz hidrometeoroloških stanica. Pošto smo zaključili da se takvi podaci ne mogu direktno koristiti za globalnu procenu vetropotencijala, u ovom radu je sproveden sasvim drugačiji pristup u kojem su hidrometeorološki podaci o vetru iskorišćeni za procenu stepena sličnosti naših vetrova sa vetrovima u Danskoj. Usporedna analiza svakako unosi greške i one su posledice same metode, kao i činjenice da se tehnički iskoristiv vetroenergetski potencijal odnosi samo na vetrove čija je srednja godišnja brzina na 10 m iznad tla veća od 5,1 m/s, pa je u usporednoj analizi bilo potrebno sagledavati samo takve vetrove. Ovakav pristup, odnosno model, omogućava samo globalnu procenu vetropotencijala, dok je za identifikaciju pogodnih mikrolokacija neophodno vršiti specijalna merenja u SCG. Na slici 8 prikazana je mapa vetrova u SCG koju je formirao hidrometeorološki zavod bivše SFRJ

na osnovu svojih standardnih anemografskih merenja. U tabeli 1 data je uporedna analiza relevantnih parametara za Dansku i SCG.

Tabela 1. - Uporedna analiza relevantnih parametara za analizu vetroenergetskog potencijala za Dansku i za SCG

	Danska	Srbija i Crna Gora
Površina [km <sup>2</sup> ]	43 000	102 000
Gustina naseljenosti [st./km <sup>2</sup> ]	120	100
Srednja brzina vetra [m/s]	(5-8)	(4-6)
Ukupna instalirana snaga elektroenergetskog sistema [MW]	10 000	9 000
Ukupna proizvodnja električne energije [GWh]	36 500	35 000
Ukupna potrošnja električne energije [GWh]	35 500	40 500
Instalirana snaga u vetrogeneratorima [MW]	3 000	0
Učešće energije vetra u ukupnoj proizvedenoj električnoj energiji [%]	20	0

Analizirajući mapu vetrova Danske i SCG može se konstatovati da su kopneni vetrovi u SCG oko (20+30) % manji, tj.:

$$v_{sr(SCG)} \sim (0,7 + 0,8) \cdot v_{sr(D)} \quad (1)$$

Srednji fluks snage vetra SCG u poređenju sa Danskom je:

$$P_{sr(SCG)} \sim (0,7^3 + 0,8^3) \cdot P_{sr(D)} = (0,343 + 0,512) \cdot P_{sr(D)} \quad (2)$$

Broj vetrogeneratora koji se može izgraditi u određenom regionu zavisi od slobodnog prostora na povoljnim lokacijama. Iz razloga međusobne kompatibilnosti neophodno je obezbediti potrebno rastojanje između vetrogeneratorskih jedinica, tako da je broj vetrogeneratora na 1 km<sup>2</sup> slobodnog prostora maksimalno (8+12) zavisno od prečnika vetroturbine, što odgovara oko 10 MW instalirane snage po km<sup>2</sup> slobodnog prostora.

Po kriterijumu slobodnog prostora, ako Danska ima 10 GW tehnički iskoristivog vetropotencijala na kopnu, tada bi SCG imala 25 GW na kopnu ako bi vetrovi bili istog kvaliteta kao u Danskoj.

Ako na osnovu prethodne analize usvojimo:

$$P_{sr(SCG)} \sim 0,4 \cdot P_{sr(D)} \quad (3)$$

može se proceniti da je tehnički iskoristiv vetropotencijal na kopnu SCG oko:

$$P_{SCG} \sim 10 \text{ GW} = 10\,000 \text{ MW} .$$

Prema podacima iz European wind atlas-a [1], južni Jadran spada u srednje vetrovita mora, tako da bi se sa aspekta vetra mogli instalirati i značajni kapaciteti na moru (*offshore*). Ograničavajući faktor može biti dubina mora u priobalnom pojasu, jer sadašnja tehnologija postavljanja temelja stubova u moru omogućava ekonomičnu izgradnju vetrogeneratora samo u relativno plitkim vodama.

Na osnovu uporednih analiza koje su autori izvršili i za druge zemlje u kojima je vetroenergetika najrazvijenija, možemo zaključiti da je globalni tehnički iskoristiv vetroenergetski potencijal u SCG:

$$P_{(SCG)} = [8 + 15] \text{ GW} = [8000 + 15000] \text{ MW} .$$

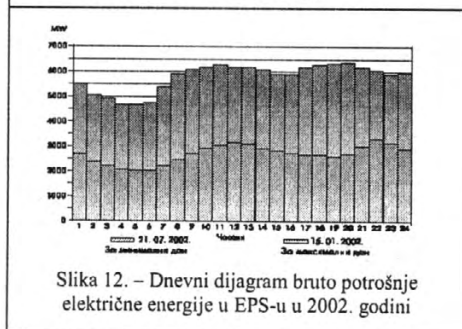
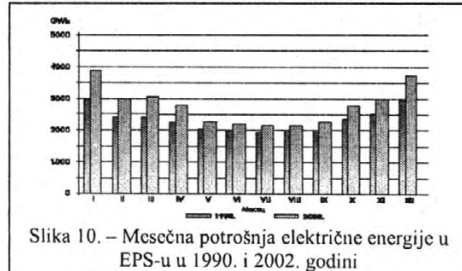
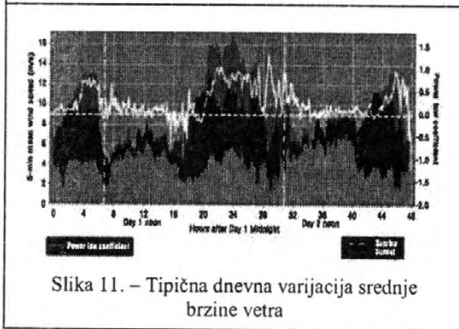
Ako bi vetrogeneratori radili sa minimalnim faktorom iskorišćenja  $\eta = 0,2$  ( $\eta = [0,2 + 0,4]$ ) mogli bi proizvesti električnu energiju:

$W = \eta \cdot P \cdot t = 0,2 \cdot 10 \text{ GW} \cdot 8760 \text{ h} \approx 17,5 \text{ TWh} / \text{god}$  (oko 50 % ukupne proizvodnje električne energije u SCG u 2002. god.).

Ova procena globalnog vetroenergetskog potencijala u SCG se razlikuje i optimističnija je u odnosu na sprovedene analize koje se baziraju na numeričkim modelima.

#### **4. TEHNIČKE MOGUĆNOSTI INTEGRACIJE VETROGENERATORA U ELEKTROENERGETSKE SISTEME SRBIJE I CRNE GORE**

Elektroenergetski sistemi SCG su strukturno povoljni za integraciju vetrogeneratora. Postojanje reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta omogućava preuzimanje viška električne energije u uslovima pojačanog vetra odnosno proizvodnje vetrogeneratora. Takođe, stabilni hidropotencijali (Đerdapske hidroelektrane) mogu obezbediti efikasnu regulacionu rezervu i time stabilan rad sistema i u uslovima velike varijacije u proizvodnji vetrogeneratora. Dakle, postojeća struktura električnog proizvodnog sistema u SCG omogućava uključanje vetrogeneratora u EES. Što se tiče prenosnog sistema, on bi priključenjem vetrogeneratora bio u značajnoj meri rasterećen jer se vetrogeneratori priključuju po pravilu na distributivne sisteme. Osim rasterećenja bili bi smanjeni i gubici u prenosnoj mreži na račun decentralizacije proizvodnje. Takođe bi bile poboljšane i naponske prilike, jer bi distributivni sistemi imali mogućnost upravljanja proizvodnjom aktivne i reaktivne energije vetrogeneratora koji se praktično nalaze na pragu potrošnje.

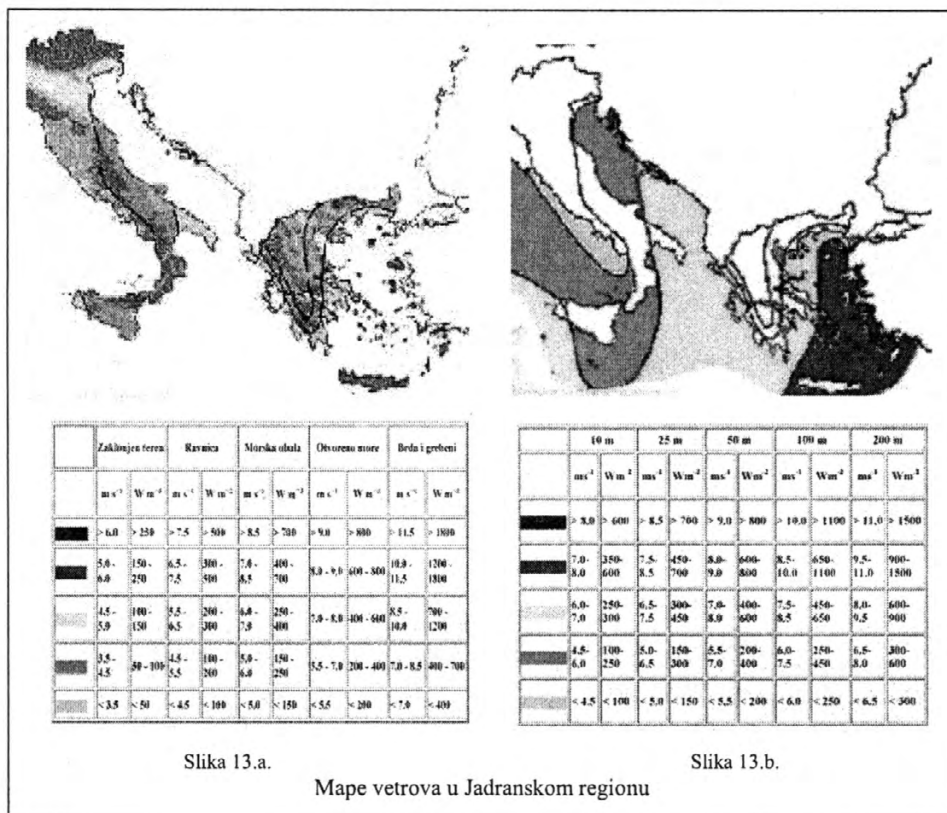


S obzirom na to da je vetar stohastički izvor, veoma je važno analizirati u kojoj meri se poklapaju godišnje fluktuacije vetra i zahtevi potrošača za električnom energijom. Na slikama 9 i 10 je prikazana tipična sezonska varijacija srednje brzine vetra i tipičan dijagram potrošnje električne energije na godišnjem nivou u EPS-u. Poređenjem dijagrama na slici 9 i 10 može se zaključiti da vetra prosečno najviše ima onda kada su zahtevi za električnom energijom najveći. Analize varijacija vetra na dnevnom nivou pokazuju da i dnevne varijacije vetra prate dijagram potrošnje (slike 11 i 12). Može se zaključiti da i na dnevnom i na godišnjem nivou energija dobijena iz vetra bi u našim uslovima imala karakter vršne energije.

## 5. ANALIZA REGIONA U SRBIJI I CRNOJ GORI POGODNIH ZA IZGRADNJU VETROGENERATORA

Na osnovu mape vetrova SCG date na slici 8, kao i na osnovu slika 13.a i 13.b (koje su preuzete iz evropskog atlasa vetrova, [1]) mogu se identifikovati sledeći regioni u našoj zemlji u kojima postoje potencijalno pogodne lokacije za izgradnju vetrogeneratora:





Slika 13.a.

Slika 13.b.

Mape vetрова u Jadranskom regionu

• Crnogorsko primorje, odnosno pojas morske obale od Ulcinja do Herceg Novog širine oko 20 km, odnosno površine od oko 1000 km<sup>2</sup>. U ovoj oblasti su vetrovi srednje brzine  $v_{SR} > 7 \text{ m/s}$ , snage  $P_{SR} = (400 + 600) \text{ W/m}^2$ . Takođe je ova oblast pogodna za izgradnju vetrogeneratora i sa drugih aspekata (nije šumovita, blizina električne mreže, nema problema vizuelnog uticaja na sredinu i slično). Po proceni autora ovog rada, samo u ovoj oblasti bi se moglo izgraditi oko (1000 + 1500) MW vetrogeneratora. Duž Crnogorskog primorja postoji dosta lokacija sa visokim grebenima i brdima (lokacije iznad Budve, Tivta, Kotora i slično) u kojima srednja snaga vetra na visinama od 50 m može biti i preko 800 W/m<sup>2</sup>;

• Istočni delovi Srbije – Stara Planina, Vlasina, Ozren, Rtanj, Deli Jovan, Crni Vrh itd. U ovim regionima postoje lokacije čija je srednja brzina vetra  $v_{SR} > 6 \text{ m/s}$ , što odgovara snazi  $P_{SR} = (300 + 400) \text{ W/m}^2$ . Ova oblast prostorno pokriva oko 2000 km<sup>2</sup> i u njoj bi se u perspektivi moglo izgraditi oko 2000 MW instalisane snage vetrogeneratora;

- Zlatibor, Žabljak, Bjelasica, Kopaonik, Divčibare su planinske oblasti bogate vetrom, gde bi se merenjem mogle utvrditi pogodne mikrolokacije za izgradnju vetrogeneratora;
- Panonska nizija, severno iznad Dunava, takođe je bogata vetrom. Ova oblast pokriva oko 2000 km<sup>2</sup> i pogodna je za izgradnju vetrogeneratora jer je izgrađena putna infrastruktura, postoji električna mreža, blizina velikih centara potrošnje električne energije i slično. U perspektivi bi se moglo instalirati oko (1500+2000) MW vetrogenatorskih proizvodnih kapaciteta.

## 6. ZAKLJUČAK

Vetroenergetski potencijal neke zemlje teško je proceniti na osnovu meteoroloških podataka i teorijskih numeričkih modela. Da bi se sagledao vetropotencijal nekog područja neophodne su i povratne informacije iz prakse, jer na vetropotencijal ne utiču samo parametri vetra i karakteristike sredine već i tehničke karakteristike vetrogeneratora. U SCG nema instaliranih vetrogenatorskih kapaciteta pa se mogu vršiti samo procene. Procene koje su vršene do sada su se bazirale na numeričkoj analizi dostupnih podataka iz meteoroloških stanica. Takve analize su vrlo osetljive po brojnim faktorima te često mogu dati rezultate koji ne odgovaraju praktičnom stanju. To su pokazala i brojna iskustva [2] zemalja u kojima je vetroenergetika najrazvijenija. Upravo koristeći iskustva tih zemalja u ovoj studiji je metodom poređenja globalnih relevantnih parametara procenjen tehnički iskoristiv vetroenergetski potencijal SCG koji omogućava izgradnju (8000+15000) MW vetrogenatorskih kapaciteta. Ovi kapaciteti bi, uz pretpostavku niskog faktora iskorišćenja kapaciteta od 0,2, mogli proizvesti oko (15+20) TWh/god električne energije, što čini preko 50% trenutne nacionalne proizvodnje električne energije. Već na sadašnjem stupnju razvoja, vetrogeneratori su postali konkurentni klasičnim izvorima električne energije, kako po ceni, tako i po kvalitetu električne energije koju produkuju (prosečna cena kWh električne energije koju produkuju ovi moćni krotitelji vetrova je 4 €cents/kWh, [5]).

Elektroenergetski sistemi SCG su strukturno jako povoljni za izgradnju vetrogeneratora. Ta izgradnja bi trebalo da bude etapna, pri čemu bi se stalno pratila tehnička efikasnost i ekonomičnost izgrađenih kapaciteta i prema tome vršile korekcije dalje dinamike gradnje vetrogeneratora. U radu je pokazano da u SCG postoji veliki broj lokacija za postavljanje pojedinačnih vetrogeneratora srednje i velike snage i bar 50 dobrih lokacija za instaliranje farmi vetrogeneratora snage oko 20 MW (50×20 MW=1000 MW), što bi moglo da se uradi u narednih 10 ÷ 15 godina (Nemačka ovo uradi za oko šest meseci, uz trošak oko milijardu evra). Jedan od mogućih scenarija izgradnje vetrogeneratora u SCG je da se instalira u prvih petnaest godina 100 MW/god, što bi obezbedilo, na kraju ovog perioda, oko 10 % električne energije na ekološki najprihvatljiviji način. Ovaj scenario je dosta skroman ako se uzme u obzir da Danska, koja je dva puta manja od SCG, samo u svojoj zemlji instalira godišnje oko (300+400) MW vetrogenatorskih proizvodnih kapaciteta. Nemačka, koja je 3,5 puta veća od SCG, samo u protekle dve godine je instalirala oko 6000 MW novih vetrogenatorskih kapaciteta.

Energetika naše zemlje se nalazi na raskršću. Sve izraženiji deficit električne energije zahteva brzu izgradnju novih proizvodnih kapaciteta. Sa druge strane, rezerve uglja u SCG bez Kosova su relativno male (procenjuju se na oko 60 godina [5]). U ovakvim

uslovima potrebno je definisati strateški model razvoja elektroenergetike. Bez obzira kakav model se izabere uvek će se javljati potreba (a možda i obaveza) za korišćenjem ekološki čistih izvora. Ako je naš globalni cilj integracija u Evropsku uniju, onda je jasno da se reforma energetskog sektora mora sprovesti na način da se prate svi procesi razvoja energetike u EU.

Dakle, nikako ne smemo ostati samo puki posmatrači kada je vetroenergetika u pitanju. Moramo dokazati da smo u stanju da primenjujemo najbolja svetska iskustva i koristimo prirodne resurse, kojih bar što se vetra tiče imamo, što je ovaj rad i pokazao.

## LITERATURA

- [1] I. Troen, E.L. Petersen: *“European Wind Atlas”*, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1989.
- [2] *“Wind Force 12”*, Preparatory meeting of the *“Earth Summit – Greenpeace”*, Bali, Indonesia, May 2002.
- [3] V. Nelson, *“Wind Energy and Wind Turbines”*, Alternative Energy Institute, West Texas A&M University, Canyon, USA, 1996.
- [4] *“The Danish Wind Resource Map”*, Energi - og Miljødata, Danmark, may 2001.
- [5] D. Mikičić, Ž. Đurišić, B. Radičević, *“Vetrogeneratori – perspektivni izvori električne energije”*, Elektroprivreda br. 4, Beograd, 2002. str. 46–57.
- [6] B. Bošković: *“Ostvarenje elektroenergetskog bilansa jugoslovenskog elektroenergetskog sistema u 2002. godini”*, Elektroprivreda, br. 1, Beograd, 2003. str. 80–93.

## ENERGY POTENTIAL OF WIND WORLD – EUROPE – SERBIA AND MONTENEGRO

### ABSTRACT:

Our country is one of the European countries that suffer from chronic problems concerning the lack of energy resources. This is above all true in respect of oil and gas that have to be imported and for which huge resources of money have to be provided. We have enough coal for the next 50 ÷ 70 years and ecology problems that arise from coal burning have to be taken into consideration when decisions are made on the matter of building new thermo-electric power plants. The power of our hydro-electric power plants is around 3000 MW (January 2003), the possible increase in the next 20 years being 1000 MW. All this cannot satisfy the estimated energy needs of the population of Serbia and Montenegro in the twenty-first century. Our paper shows how are these problems solved in the world and also in EU countries. Wind will in future present a significant alternative source of energy (more than 20 %). Because of that, we have to look for good locations in our country and estimate our wind potential for the purpose of starting to build wind generators which produce ecologically clean electric power.