

Marijan Kalea, dipl.inž.
Vijenac I.Meštrovića 6
31000 Osijek
marijan.kalea@os.t-com.hr

MOGUĆI UDIO VJETROELEKTRANA U NAMIRENJU VRŠNOG OPTEREĆENJA ELEKTROENERGETSKOGA SUSTAVA

SAŽETAK

U našoj stručnoj i široj javnosti prisutna je dvojba o tome koliko vjetroelektrane mogu sudjelovati u namirenju vršnog opterećenja elektroenergetskog sustava. Pitanje postaje značajnije kako raste prožimanje vjetroelektranama ukupne instalacije elektrana u elektroenergetskom sustavu (penetracija vjetroelektrana). Prisutna su oba krajnja gledanja: kako vjetroelektrane uopće ne mogu prihvatljivo pouzdano sudjelovati u pokrivanju vršnog opterećenja, dakle da se mora osigurati potpuna rezerva u konvencionalnim elektranama sustava. I drugo gledanje, koje je okrenuto samo mogućem sudjelovanju vjetroelektrana u namirenju godišnje potrošnje električne energije, zanemarujući pritom raspored vjerojatno raspoložive snage vjetroelektrana u odnosu na potražnju snage u pojedinim vremenskim odsječcima, pa tako i u razdobljima najveće potražnje. U radu se prikazuju svjetska i europska gledanja na to pitanje i daje pogled na hrvatske prilike.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, vjetroelektrane, prožimanje vjetroelektranama, povjerenje u snagu vjetroelektrana

POSSIBLE SHARE OF WIND POWER IN COVERAGE PEAK POWER SYSTEM

SUMMARY

In our professional community, there is uncertainty as to how much wind power can participate in covering the peak load of power system. The issue becomes more important as increasing penetration wind power in total power installation in the power system. There are two extreme views: that wind power probably does not participate in covering the peak load, then it must ensure a complete backup in conventional power systems. And another view, which relies only on the participation of wind power to cover the annual electricity consumption, while ignoring the likely schedule of available wind power in relation to the demand of power in various time periods, including during periods of highest demand. This article presents the world and European views on this issue and gives a view on the Croatian situation.

Key words: power system, wind power stations, wind power penetration, capacity credit of wind power

1.UVOD

Posve je sigurno: postoji li vjerojatnost da će ukupni angažman¹ svih vjetroelektrana u elektroenergetskom sustavu² neko vrijeme biti jednak nuli (dakle, da je na cijelom državnom teritoriju brzina vjetra ispod minimalne za pogon vjetroelektrana ili da je svuda olujni vjeter, pa će opet sve vjetroelektrane biti isključene iz pogona) te da će se to dogoditi u razdobljima blizu vršnog opterećenja elektroenergetskog sustava – tada vjetroelektrane ne bi uopće sudjelovale u namirenju vršnog opterećenja, ma koliko ih bilo! Razdoblje u okolini vršnog opterećenja promatramo zato što je u tom godišnjem razdoblju najviše sveukupno angažiranih elektrana u sustavu, radi namirenja potražnje.

Ta vjerojatnost je mala (minimalni angažman vjetroelektrana u razdoblju oko vršnog opterećenja), ali nije isključena. Stoga, govorimo li bez ikakvih obzira, kažemo: instalacija vjetroelektrana štedi gorivo u elektroenergetskom sustavu, ali ne šteti ukupnu instalaciju konvencionalnih elektrana. Ili, još jednostavnije: konvencionalne elektrane treba izgraditi kao da vjetroelektrana uopće nema u sustavu. Pa će elektrane na stalne izvore energije, termoelektrane (potpomognute akumulacijskim hidroelektranama i raspoloživom snagom protočnih hidroelektrana) namiriti vršno opterećenje, dogodi li se da baš u tom razdoblju nema vjetra (ili ga ima previše), a u povoljnijim će prilikama veći ili manji dio opterećenja preuzimati i vjetroelektrane, kada će odgovarajući dio termoelektrana mirovati – štedjeti gorivo.

2.OSTVARENJA MINIMALNIH ANGAŽMANA VJETROELEKTRANA

Pogledajmo, ostvarenim primjerima, kakvo je iskustvo s minimalnim angažmanom vjetroelektrana u elektroenergetskim sustavima koji već imaju znatniji udio vjetroelektrana.

U zapadnoj Danskoj je u noći između 14. i 15. siječnja 2005. angažman vjetroelektrana bio jednak nuli, uz ukupnu tadašnju instalaciju vjetroelektrana oko 2 400 MW [1].

U Njemačkoj je 26. prosinca 2005. godine ukupni angažman svih vjetroelektrana bio gotovo nula, uz ukupnu tadašnju snagu svih vjetroelektrana oko 18 400 MW [1].

U Španjolskoj je 30. rujna 2009. godine u 13.21 sati ukupni angažman svih vjetroelektrana bio 0,5% tadašnjeg opterećenja [2], uz ukupnu instalaciju vjetroelektrana oko 19 400 MW (a, usput, 8. studenog 2009. godine u 3.29 sati vjetroelektranama bilo je pokriveno čak 53,9% tadašnjeg opterećenja sustava!).

Učini li nam se kako se radi o slučajevima koji se javljaju ipak sporadično, pogledajmo trogodišnje njemačke podatke. Za Njemačku raspoložemo podacima o vjetroangažmanu svakih 15 minuta u 2007, 2008. i 2009. godini (to je godišnje oko 35 tisuća podataka; valjda jedino Nijemci to stavljaju na internet!), tablica 1, prema [3] do [5]. U toj tablici, 100% snage predstavlja mjesečnu ukupnu instaliranu snagu vjetroelektrana, izračunatu linearnom interpolacijom između instaliranih snaga na početku i kraju godine.

Tablica 1. Ostvarenja vjetroelektrana u Njemačkoj

Opis	Jed.	2007	2008	2009
Najveća mjesečna snaga	%	87,9	85,5	83,3
Najmanja mjesečna snaga	%	0,5	0,5	0,3
Broj mjeseci s najmanjom snagom do 1,0%		6	6	12
Broj mjeseci s proizvodnjom do 1/2 najveće mjesečne		8	7	4
Instalirana snaga na početku godine	MW	20622	22247	23903
Instalirana snaga na kraju godine	MW	22247	23903	25777
Godišnja proizvodnja	TWh	39,5	40,4	37,8
Godišnje trajanje instalirane snage	h/god	1844	1752	1522

100% = ukupna instalirana snaga u promatranom mjesecu

Izlazi da je minimalni godišnji angažman bio 0,3-0,5% ukupne instalirane snage vjetroelektrana. U godinama 2007. i 2008. u svakom od ukupno 6 mjeseci minimalni je angažman bio do 1%, pri čemu se to zbilo u različitim mjesecima u pojedinoj godini. A 2009. godine, u svih 12 mjeseci

¹ U ovome radu koristit će se termin *angažman* kao izraz za stupanj opterećenja elektrana, dakle omjer stvarnog opterećenja i nazivne snage elektrane/a u promatranom trenutku.

² Ovdje se pod elektroenergetskim sustavom razumijeva regulacijsko područje načelno ograničeno nacionalnim granicama.

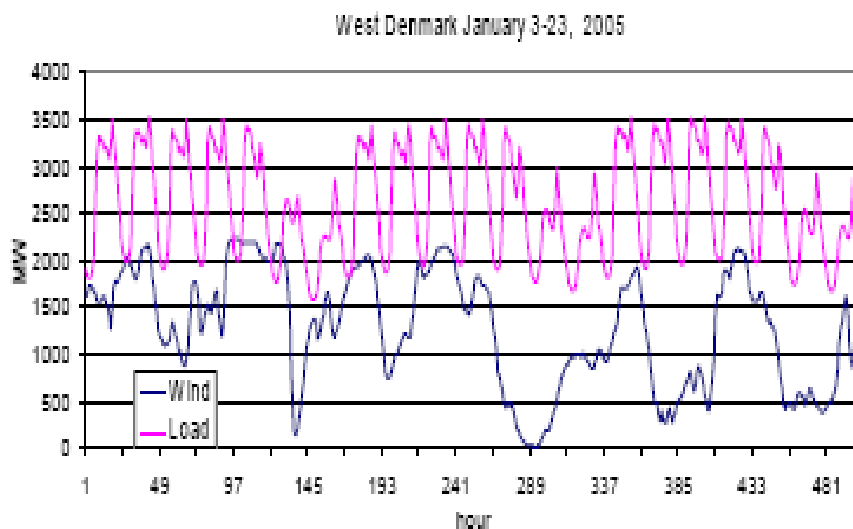
dogodio se toliko maleni minimalni angažman! Broj mjeseci u kojima je mjesečna proizvodnja vjetroelektrana bila manja od polovine najveće mjesečne proizvodnje u godini, varira od 4 do 8 u te tri godine. Konačno, maksimalni mjesečni angažman varirao je između 83,3% i 87,9% ukupne instalirane snage vjetroelektrana, dakle, očekivano: nikad nije ostvaren 100-postotni istovremeni angažman. Godina 2009. bila je vjetroeno najslabija (unutar razdoblja od te tri promatrane godine) u Njemačkoj – ostvareno je trajanje instalirane snage vjetroelektrana od samo 1522 sata, ili 17,4% godišnje. Prema prethodnim podacima, 2010. godina bila je još slabija: ostvareno godišnje trajanje bilo je oko 1400 sati. Trajanje instalirane snage računato je omjerom godišnje proizvodnje i aritmetičke sredine instaliranih snaga na početku i kraju godine.

Ti stvarni podaci pokazuju kako je apsolutno moguće da i na velikom zemljopisnom području (Njemačka–357 000 km² i Španjolska–505 000 km², značajno su veće od Hrvatske–56 500 km²) ima razdoblja kada je vjetar na čitavu području praktički preslab (ili prejak) za pogon vjetroelektrana. Postotak blizu nule, praktički je nula! Uvriježenu tezu kako veliki prostorni obuhvat povećava minimalni ukupni angažman vjetroelektrana, opovrgavaju stvarni primjeri Njemačke i Španjolske. Ta teza oslanja se na uvjerenje, očito empirijski nepotvrđeno u velikim europskim zemljama, da će na velikom teritoriju barem negdje biti vjetra povoljnog za vjetroelektrane. (Moguće uporište za tu tezu su SAD, velikog prostranstva – gotovo 10 milijuna četvornih kilometara, podjednako čitavoj Europi!)

Pri tome valja razlikovati ukupni vjetroangažman i *točnost prognoze* ukupnog vjetroangažmana koja doista raste s obuhvaćenim područjem (usput: točnost prognoze raste i sa skraćanjem razdoblja za koje se prognoza odnosi: za slijedećih nekoliko sati, dan ili tjedan dana unaprijed; za godinu dana unaprijed apsolutno je nemoguće iole točnije prognozirati vjetar za određeni dan i sat). Ali, ako bi prognoza i bila apsolutno točna, ona bi za datume iz nabrojanih primjera bila tolika koliko se u stanovitim satima tih dana i zbililo, dakle prognozirani ukupni angažman vjetroelektrana za te trenutke bio bi nula ili blizu nule!

3.POVJERENJE U SNAGU VJETROELEKTRANA

Vjetar je ćudljiva pojava, javlja se bez ikakve unaprijedne pravilnosti ili unaprijedne stanovite stalne periodičnosti, uz vrlo izraženu dinamiku pojave. Najveći skok vjetroangažmana, u Njemačkoj 2007. godine, između dva uzastopna 15-minutna razdoblja dogodio se 28. siječnja, između treće i četvrte četvrtine 18. sata, kada je pad snage iznosio 1102 MW [3], ili 5,3% tadašnje ukupne instalirane snage vjetroelektrana! Nagle promjene unutar relativno kratkih vremenskih intervala nisu nemoguće: vidi primjer vremenskog dijagrama (uz satno uzorkovanje snage) angažiranih snaga vjetroelektrana zapadne Danske, slika 1, prema [1].



Slika 1. Promjena angažirane snage vjetroelektrana (plavo) i opterećenja elektroenergetskog sustava (crveno) zapadne Danske između 3. i 23. siječnja 2005. godine (MW)

Vjetar nije poput Sunčeva zračenja, kojeg po danu ima – noću ga nema ili ga ljeti ima više – zimi manje. Čak su i vodne snage na pojedinim vodotocima znatno pravilnije raspoređene od vjetra, najčešće po godišnjim sezonama³, pa postoji vjerojatnostna ovisnost kolike će biti u razdobljima blizu vršnog opterećenja (manje uz visoku vjerojatnost, više uz manju vjerojatnost). Što bismo, dovoljno unaprijed, mogli reći za vjetar? Za vjetar, možda je najtočnije rečeno: 100% je sigurno kako će ga biti toliko da osigura angažman vjetroelektrana *između nule i maksimalnog*, u razdoblju vršnog opterećenja. Ako bismo se zadovoljili nekom nižom – ali ne preniskom – vjerojatnošću, recimo 98%, onda bi se ipak probabilistički moglo računati s toliko vjerojatnom stanovitom angažiranom snagom vjetroelektrana u doba vršnoga opterećenja.

Vrijednost koja to iskazuje nazvana je *povjerenjem* u snagu vjetroelektrana (engl. *capacity credit of wind power*), dakle kolikim će dijelom ukupne instalirane snage vjetroelektrane vjerojatno sudjelovati u namirenju vršnog opterećenja, ako je njihova ukupna instalirana snaga 100%. Dakle: „koliko je povjerenje u vjetroelektrane da neće zakazati kada bude kritično za sustav“. Dakako, u određenom sustavu i s određenim vjetroelektranama. Iz primjera na slici 1, teško bismo se odlučili!

4.VRIJEDNOSTI POVJERENJA U NEKIM EUROPSKIM ZEMLJAMA

Studija IEA Wind Task 25: *Design and operation of power systems with large amounts of wind power*, Helsinki, 2009. [1] (Međunarodna energetska agencija, IEA: *Ustrojstvo i pogon elektroenergetskog sustava s visokim udjelom vjetroenergije*, odakle je uzeta većina podataka u ovome radu) kaže o tome, doslovno:

"Povjerenje u snagu vjetroelektrana može biti i do 40% instalirane snage vjetroelektrana, ako je proizvodnja vjetroelektrana velika u vrijeme visokih opterećenja sustava (*ali, kako unaprijed utvrditi da će tome biti tako, slika 1!?* – opaska M.K.), ali i 5% pri visokom udjelu vjetroelektrana u sustavu te ako je proizvodnja vjetroelektrana mala u doba visokih opterećenja sustava (*to gledanje je na strani sigurnosti!* – opaska M.K.). Obuhvat većeg područja promatranja trebao bi djelovati na povećanje povjerenja u snagu vjetroelektrana."

Iz citiranog zaključka te studije izlazi da je udio ukupne snage vjetroelektrana u ukupnoj instaliranoj snazi svih elektrana u sustavu (*prožimanje* vjetroelektranama, *penetracija* vjetroelektrana), veličina koja snižuje povjerenje u snagu vjetroelektrana. Prepričano, to bi značilo: ako je prožimanje vjetroelektranama u sustavu 10% i povjerenje u snagu vjetroelektrana recimo 15%, onda bi uz prožimanje vjetroelektranama od 25% u tom sustavu, povjerenje bilo niže, recimo 8% ukupne instalirane snage vjetroelektrana.

Prožimanje vjetroelektranama nije neograničena veličina, primjerice prožimanje vjetroelektranama od 100% (dakle da su sve elektrane u sustavu – vjetroelektrane) vodio bi neodrživom elektroenergetskom sustavu. Neprihvatljivo bi, naime, bilo korištenje električne energije u ritmu dotoka vjetra! Svjetsko energetska vijeće (WEC), u svom izvješću o svjetskim rezervama izvora energije iz studenog 2010. godine [6], kaže da je realno moguća integracija vjetroelektrana u sustav ona uz čiju bi se instalaciju ostvario udio do 20% u ukupnoj proizvodnji električne energije toga elektroenergetskog sustava.

Spomenuti zaključak IEA-studije iskazuje gornju i donju granicu povjerenja u snagu vjetroelektrana među obuhvaćenim zemljama (Njemačka, Norveška, Irska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Portugal, Španjolska, neke savezne države u SAD). Međutim, pojedine zemlje, učesnice u izradi studije, vlastitim prethodnim razmatranjem, različito su utvrdile veličinu povjerenja u snagu vjetroelektrana. Navedimo, sažeto, gledanja europskih zemalja.

Njemačka je pri tome bila najstroža (pogledajmo njihovo iskustvo, izneseno ovdje u točki 2!): odredila je najmanje povjerenje u snagu vjetroelektrana u odnosu na prožimanje vjetroelektranama u sustavu. Nijemci u [1] kažu: ako je prožimanje vjetroelektranama 20% tada je povjerenje u snagu vjetroelektrana 8%. To bi, po prilici, odgovaralo sadašnjim njemačkim prilikama (2009): uz ukupnu instalaciju svih elektrana od 139 500 MW [8], tamošnja je ukupna snaga vjetroelektrana 25 777 MW, dakle je prožimanje vjetroelektranama 18,5%, te bi vjetroelektrane vjerojatno mogle sudjelovati s 8% svoje ukupne snage, odnosno s 2 062 MW, u pokriću vršnog opterećenja. Ako bi prožimanje vjetroelektranama bilo oko 45% tada bi povjerenje u snagu vjetroelektrana bilo 5%, prema njemačkom

³ Primjerice na hrvatskim rijekama, višegodišnji prirodni dotoci vode izraženi su u ožujku i travnju, te u studenom i prosincu a niski dotoci su u srpnju i kolovozu (na rijekama jadranskog sliva), odnosno nešto izraženiji su u razdoblju između ožujka i studenog a nešto niži u preostalim godišnjim mjesecima (na rijeci Dravi).

gledanju. To je, za tu donju granicu povjerenja, sukladno ranijem njemačkom stavu ([7], iz 2006. godine) o tome kako na svaki megavat vjetroelektrana treba imati rezervu od 0,85-0,95 MW u konvencionalnim elektranama, za očuvanje sigurnosti opskrbe – dakle povjerenje u vjetroelektrane je 5-15% (komplement rezerve do 100%, jer je povjerenje + rezerva = 100%).

Irska je iskazala povjerenje u snagu vjetroelektrana ovisno o ukupnoj snazi vjetroelektrana. Kažu da je za ukupnu snagu vjetroelektrana 1 000 MW, povjerenje u snagu vjetroelektrana oko 300 MW, za snagu 2 000 MW povjerenje je 400 MW, a za snagu 3 500 MW povjerenje je 500 MW. Dakle uz ukupnu snagu vjetroelektrana od 3 500 MW, vjerojatno je da bi mogle sudjelovati s 14% svoje instalirane snage u namirenju vršnog opterećenja irskog elektroenergetskog sustava. Odnosno, u tom slučaju, vjetroelektrane treba *pokriti* rezervom od 86% u konvencionalnim elektranama za pouzdano namirenje vršnoga opterećenja elektroenergetskog sustava.

Norvežani su izračunali da je za 1000 MW ukupne instalirane snage vjetroelektrana, njihovo povjerenje u snagu vjetroelektrana između 100 (uz vjetroelektrane na koncentriranoj lokaciji) i 150 MW (uz disperzirane vjetroelektrane). Dakle, povjerenje u snagu vjetroelektrana je između 10 i 15%.

Englezi su utvrdili da je uz prožimanje vjetroelektranama od 10%, povjerenje u vjetroelektrane 33%, a pada na 20% uz prožimanje vjetroelektranama od 35% u sustavu Ujedinjenog Kraljevstva. Također su utvrdili da povjerenje raste, ovisno o stupnju diverzifikacije vjetroelektrana.

Portugalci i Španjolci ukazuju da treba promatrati varijaciju očekivana angažmana konvencionalnih elektrana, pored vjetroelektrana, kao i varijaciju očekivana vršnog opterećenja, jer i ono nije unaprijed determinirano za razdoblje vršnog opterećenja. Ne iskazuju povjerenje na jednak način kao ostale sudionice u studiji [1].

Jedan rad u [1] razmatra cijelu Europsku uniju 2020. godine, uz očekivanu ukupnu instalaciju vjetroelektrana od 200 GW – po srednjem razvojnom scenariju. Uz vjetroelektričnu proizvodnju ograničenu nacionalnim granicama, sumarno povjerenje bi bilo 8% (16 GW). A, uz omogućeno prekogranično trgovanje vjetroenergijom (namjeravaju li se *obojiti* kilovatsati proizvedeni vjetroelektranama!?!; to bi zapravo značilo pretvaranje Europe u jedinstveno regulacijsko područje, što se ne čini razumnim – tehnološki, ekonomski i ekološki), zajedničko povjerenje poraslo bi na 14% (28 GW).

U sustavima koji sadrže samo termoelektrane (ili vrlo naglašeno, kao što je bio slučaj s danskim, irskim, njemačkim i sustavom UK, prije nego što je naraslo prožimanje vjetroelektranama u tim sustavima), nema problema s namirenjem vršnog opterećenja, treba samo da je tih elektrana dovoljno, da ne budu tada u kvaru i da imaju dovoljne zalihe goriva; njihovo je povjerenje 100% (ipak, točnije: uz umanjenje za očekivanu prisilnu neraspoloživost termoelektrana u kritičnom razdoblju jer se one neće planski stavljati izvan pogona u tom razdoblju).

5.ZNAČAJKE HRVATSKOG ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Promotrimo značajke našeg sustava, koje su od važnosti za predmet našeg izlaganja.

Za naš sustav znakovito je to da u njemu hidroelektrane tvore udio u ukupnoj instaliranoj snazi od oko 50% (dakle, prožimanje hidroelektranama u našem sustavu je oko 50%), time hidroelektrane također značajno vjerojatnosno djeluju na svoj udio u mogućem namirenju vršnog opterećenja elektroenergetskoga sustava te je njihovo ukupno povjerenje manje od 100%. Za akumulacijske HE povjerenje bi teoretski bilo 100% (ili nešto niže, ovisno od gornje kote napunjenosti akumulacijskog bazena), jer je vrlo vjerojatno da će u akumulaciji biti toliko vode da u razdobljima visokih opterećenja (to traje 3-5 sati dnevno, u ukupnom godišnjem trajanju od desetak ili nešto više dana), mogu biti angažirane maksimalnom raspoloživom snagom. Ali, za protočne HE moralo bi se računati s manjim povjerenjem, jer je njihov trenutno mogući angažman ovisan o prirodnom dotoku vode. Hidroelektrane čak mogu pomaknuti *kritično razdoblje* izvan razdoblja vršnog opterećenja; kritično je razdoblje ono u godini, u kojem je potrebna najveća angažirana snaga termoelektrana (razlika između tekućeg opterećenja sustava i mogućeg angažmana hidroelektrana).

Zaključimo: povjerenje u snagu vjetroelektrana u sustavu s visokim prožimanjem hidroelektranama, kakav je hrvatski a još naglašenije norveški (prožimanje HE u norveškom sustavu je gotovo 96% u 2009. godini [8]), trebalo bi iskazivati kao vjerojatno mogući angažman vjetroelektrana u kritičnom razdoblju a ne *a-priori* u razdoblju vršnog opterećenja.

Iz desetgodišnje skupine podataka [10], prikazujemo mjesečne proizvodnje termoelektrana, kao indiciju za kritična razdoblja (kritične mjesece) u tim godinama (tablica 2). Ne raspoložemo mjesečnim podacima o *angažiranoj snazi* elektrana, jedino to bi bio pravi skup za točno utvrđivanje kritičnoga mjeseca u elektroenergetskom sustavu Hrvatske.

No, ako bi najveće angažirane snage pratile najveće mjesečne potrošnje/proizvodnje, onda su se u 3/10 promatranih godina kritični mjesec i mjesec s vršnim opterećenjem poklapali, a u 7/10

promatranih godina ne: kritični mjesec bio je onaj u kome je bio potreban najveći angažman termoelektrana. A taj mjesec najosjetljiviji je za promatranje povjerenja u hrvatske vjetroelektrane – tada je njihov angažman najviše dobrodošao.

Tablica 2. Mjeseci s najvećom potrošnjom i najvećom proizvodnjom TE u Hrvatskoj

Godina	Najveća potrošnja	Najveća proizvod. TE
1999	prosinac	siječanj
2000	siječanj	siječanj
2001	prosinac	prosinac
2002	siječanj	siječanj
2003	prosinac	kolovoz
2004	prosinac	rujan ⁴
2005	prosinac	veljača
2006	siječanj	prosinac
2007	prosinac	listopad ⁴
2008	siječanj	veljača
2009	siječanj	listopad

Hrvatska uvozi električnu energiju gotovo najviše u Europi, relativno; jedino je Luksemburg u tom pogledu ispred nas (2009). Netouvoz (dakle uvoz-izvoz) na razini je 30-35% ukupne dobave električne energije, posljednjih pet godina, u razdoblju 2005-2009. godine [11]. Svaki treći kilovatsat uvozimo! (U netouvoz uračunata je i energija iz našeg dijela NE Krško, kao što se u ukupnu energetska potrošnju, Sloveniji pribraja cjelokupna dobava nuklearnog goriva za tu elektranu.) Takve elektroenergetske prilike – a u vezi s našom raspravom – sugeriraju nam najveći oprez u pogledu toga s kolikim angažmanom vjetroelektrana možemo računati u kritičnim mjesecima.

U lagodnijem pristupu, na ovom se mjestu kaže: u slučaju da vjetroelektrane zakažu, uvozom ćemo dobiti nedostajuću snagu za pokriće potražnje. Ionako, imamo ukupnu prijenosnu moć spojnih vodova prema susjedima višestruko veću od ukupne instalacije naših elektrana. Međutim, u tom slučaju neće se raditi o unaprijed ugovorenu uvozu, nego u uvozu "u zadnji čas", kada je cijena takve energije – ukoliko bi se ona tada uopće mogla naći na europskoj elektroenergetskoj tržišnici – u pravilu znatno viša od one prema unaprijednim ugovorima (primjerice: zaključenim u ovoj godini za narednu godinu). Takvu, zapravo regulacijsku snagu najpouzdanije je osigurati vlastitim elektranama.

Još jedno svojstvo našeg elektroenergetskog sustava, opet u vezi s vjetroelektranama. Odnosi se na naše dispečere, za koje se često brzopleto kaže: oni se trebaju naviknuti na stohastičku narav vjetra i prilagoditi se tomu – onda neće biti problema sa svladavanjem ćudljivosti vjetra. (To je opet, najvjerojatnije, *infekcija* stranim uzorima, za koje je vrlo često tipično – a slabi poznavatelji njihovih prilika to ne vide: mali ili čak zanemariv udio hidroelektrana u njihovoj elektroenergetskoj povijesti.) Naši dispečeri živjeli su i obučavali su se pedeset i više godina uz sustav u kojem je prožimanje hidroelektranama ponekad bilo i 75%, te su dugogodišnjom praksom navikli na elektrane s povjerenjem manjim od 100%. A što reći za isto tako dugotrajni znanstveni pristup u nas, koji je utemeljio pokojni profesor Hrvoje Požar, u kojem pristupu je *nezaobilazno i polazno* svojstvo svakog promatranog elektroenergetskog sustava bilo upravo udio hidroelektrana u sustavu!

6. POVJERENJE U HRVATSKE VJETROELEKTRANE

Konačno, dolazimo do glavnog pitanja u vezi s našom raspravom: koliko je povjerenje u hrvatske vjetroelektrane – sada sagledivih vjetroelektrana, u elektroenergetskom sustavu približno jednakom sadašnjem? Studija Energetskog instituta Hrvoje Požar *Mogućnost prihvata proizvodnje vjetroelektrana u EES Republike Hrvatske*, opsežno je prikazana u [9].

Studija je razmatrala ukupnu instaliranu snagu od 923,5 MW stvarnih i stvarno planiranih vjetroelektrana u Hrvatskoj, dakle poznatih lokacija te s mjerenim i poznatim značajkama vjetra na tim lokacijama. To je granična snaga koju može prihvatiti sadašnja prijenosna mreža 110 kV u okolini stvarnih lokacija ili udaljenija mreža, tako da se ne javlja zagušenje kojeg udaljenijeg voda, prihvaćanjem angažirane snage vjetroelektrana. Svi zaključni iskazi iz te studije odnose se na tako izgrađen

⁴ U rujnu 2004. i listopadu 2007. godine bio je remont NE Krško, a hidroelektrane su ostvarile relativno malenu proizvodnju.

ukupni vjetroelektranski park i na elektroenergetski sustav Hrvatske iz 2005. godine. Promatrana su četiri stanja sustava: maksimalno i minimalno opterećenje u zimskom i ljetnom razdoblju.

Studijom su utvrđene maksimalne varijacije snage vjetroelektrana (VE), odnosno potrebna rezerva konvencionalnih elektrana, ovisno o razdoblju za koje je potrebno predvidjeti takvu rezervu:

-maksimalna satna varijacija snage VE je 43% od 923,5 MW (ukupna instalirana snaga)

-maksimalna dnevna varijacija snage VE je 95% ukupne instalirane snage

-48-satna rezerva bila bi gotovo 100% (točno 98%) ukupne instalirane snage.

Konačno, studija zaključuje da dnevna, 48-satna i mjesečna rezerva (sekundarna i tercijarna regulacija) treba biti na razini 100% ukupne instalirane snage VE.

Kako je studija pokazala, i u mjesecu s vršnom opterećenjem u godini potrebna je rezerva na razini od 100% ukupne instalirane snage vjetroelektrana u Hrvatskoj, te izlazi da je *povjerenje u naše vjetroelektrane jednako nula* (0%, komplement rezerve do 100%). Ili: najvjerojatnije je da sagledive vjetroelektrane neće sudjelovati u namirenju vršnoga opterećenja u prilikama podjednakim onima iz sadašnjeg elektroenergetskog sustava.

Nadalje, studija je utvrdila da regulacijske elektrane (sekundarna regulacija) u toj rezervi trebaju imati snagu raspoloživu za regulaciju vjetroelektrana jednaku polovini instalirane snage vjetroelektrana. Odatle je ta studija bila podlogom da se 360 MW utvrdi kao gornja granica ukupne instalirane snage vjetroelektrana u sadašnjem elektroenergetskom sustavu Hrvatske (odlukom HEP-OPS-a, uz pozitivno mišljenje Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva).

Granicu izgradnje vjetroelektrana u nas od 360 MW nikako ne bi trebalo dirati, sve dok se sustav ne dogradi dodatnim konvencionalnim elektranama. Tek tada bilo bi moguće ponovno razmatrati sada utvrđenu granicu i eventualno je povećati, *srazmjerno tom prirastu snage* konvencionalnih elektrana. Također, u tom slučaju, treba osposobiti i još neke, ili neku, dodatnu elektranu za regulacijsku ulogu. Sadašnje takve elektrane su: HE Zakučac, HE Senj i HE Vinodol.

Prema dispečerskom izvješću HEP za studeni i prosinac 2010, te za siječanj 2011. godine [12], u jednom danu studenog i jednom danu prosinca 2010. ukupna vjetroprirodna iz svih naših postojećih šest vjetroelektrana (Krtolin-11,2 MW, Orlice-9,6 MW, Pag-6 MW, Pometeno Brdo-1 MW, Velika Popina-9,2 MW i Vrataruša-42 MW, ukupne snage 79 MW) bila je jednaka (približno) nuli. U čak četiri dana u siječnju 2011. dogodilo se isto: proizvodnja vjetroelektrana bila je zanemariva. Ne najmanja proizvodnja u tim danima, nego proizvodnja *u svih 24 sata* tih dana! U nekim satima tih dana, registrirana je preuzeta snaga iz vjetroelektrana od nekoliko stotina kilovata do nekoliko megavata, dakle praktično nula (u odnosu na oko 3200 MW vršnoga opterećenja našeg sustava). U nekim satima vjetroelektrane su čak preuzimale snagu iz mreže, za pokriće vlastite potrošnje! Ti mjeseci pripadaju najopterećenijim mjesecima u godini, stoga se izostali angažman, doduše za sada malog broja, naših vjetroelektrana poklopio s danima visokog opterećenja elektroenergetskoga sustava. Ostvareni, za sada malobrojni, primjeri pokazuju vjerojatnim da naše sadašnje vjetroelektrane u sadašnjem elektroenergetskom sustavu doista neće sudjelovati u namirenju vršnoga opterećenja.

7.ZAKLJUČAK

Povjerenje u ukupnu instaliranu snagu vjetroelektana jest mjera koja kaže s kolikim postotkom te ukupne snage možemo računati kao najvjerojatnije raspoloživim za namirenje ukupnog opterećenja u kritičnom razdoblju elektroenergetskoga sustava. To može biti mjesec s vršnim opterećenjem sustava, ali točnije, to je onaj mjesec u godini u kojem je potrebna najveća angažirana snaga termoelektrana. Radom se pokazuje da je, prema rezultatima studije [9], ukupno povjerenje u sada sagledive hrvatske vjetroelektrane jednako nuli. Dakle, najvjerojatnije je da one neće sudjelovati u namirenju ukupne potražnje u kritičnom razdoblju, te da rezerva za vjetroelektrane u našem doglednom sustavu treba biti 100% ukupne instalirane snage vjetroelektrana, želi li se ušćuvati postojeća sigurnost opskrbe i postojeća razina uvoza električne energije.

Ako je tome tako, *a tako jest*, zašto uopće i u Hrvatskoj gradimo vjetroelektrane? Koriste obnovljivi (doduše nestalni) izvor energije solidnog potencijala, znatnije gustoće od Sunčeva zračenja, omogućuju raspršeno instaliranje, prirodni oblik energije gotovo se izravno pretvara u najplementiji oblik (električni) energije uz relativno solidni stupanj djelovanja, prigušuje se rast uvoza primarnih oblika energije, odnosno ostvaruju uštede goriva za konvencionalne elektrane i – s tim u vezi – smanjuje opterećenje okoliša stakleničkim plinovima. Nadamo se i utjecaju na zapošljavanje, no to samo u slučaju da odlučno poraste domaći udio u isporuci opreme, gradnji i montaži vjetroelektrana. Za to, trebalo bi preurediti podzakonsko uređenje obveze otkupa vjetroelektrične proizvodnje po povlaštenoj cijeni, tako da se ta obveza odnosi samo na one *nadolazeće* vjetroelektrane za čiju je

izgradnju ostvaren domaći udio jednak ili veći od primjerice 60%. Svi hrvatski kupci električne energije plaćaju po svakom kilovatsatu naknadu za obnovljive izvore energije, pa je pravedno da uvjetuju korištenje te naknade za povećanje zapošljavanja svojih a ne inozemnih radnika.

Istaknimo, na kraju: **društvo mora biti dovoljno bogato da se naglašeni okrene vjetro-proizvodnji (nužnost konvencionalne rezerve!).**

Literatura:

- [1] IEA Wind Task 25: Design and operation of power systems with large amounts of wind power, VTT Technical Research Centre of Finland. Helsinki, 2009
- [2] REE, COMISIÓN MIXTA PARA EL ESTUDIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Congreso de los Diputados. Madrid, 2010 (www.ree.es)
- [3] BDEW: Windenergieeinspeisung in Deutschland im 2007 (www.bdew.de)
- [4] BDEW: Windenergieeinspeisung in Deutschland im 2008 (www.bdew.de)
- [5] BDEW: Windenergieeinspeisung in Deutschland im 2009 (www.bdew.de)
- [6] WEC: 2010 Survey of Energy Resources, Executive Summary, 2010 (www.worldenergy.org)
- [7] Hohe Kapazitätsauslastung im deutschen Strommarkt (www.strom.de/14.11.2006)
- [8] ENTSO-E, Annual Report 2009 (www.entsoe.eu)
- [9] D.Bajs i G.Majstrovic: Mogućnost prihvata proizvodnje vjetroelektrana u EES Republike Hrvatske. Energija 2/2008
- [10] Godišnji izvještaji o poslovanju HEP-OPS, 1999-2009. godine
- [11] Energija u Hrvatskoj 2009. Energetski institut Hrvoje Požar, 2010
- [12] Mjesečna energetska izvješća HEP-OPS, iz 2009/2010. godine
- [13] M.Kalea: Prednosti i mane nekonvencionalnih izvora energije. Elektroenergetika 2/2008
- [14] M.Kalea: Vjetroelektrane u nacrtu strategije energetskog razvoja Hrvatske. Deveto savjetovanje HRO CIGRE, Cavtat, 2009