

VETRNE ELEKTRARNE - NI VSE ZLATO, KAR SE SVETI

Rafael Mihalič
Fakulteta za elektrotehniko,
Tržaška 25, Ljubljana, [E-Mail: rafael.mihalic@fe.uni-lj.si](mailto:rafael.mihalic@fe.uni-lj.si)

POVZETEK

V prispevku obravnavamo nekatera dejstva v zvezi z vetrnimi elektrarnami, ki jih v javnosti redko zasledimo in jih je ob odločitvi za usmeritev v izkoriščanje vetrne energije potrebno poznati. Navedene so zlasti nekatere tehnične težave systemske narave, ki jih je potrebno obvladovati v sistemih z visokim deležem vetrnih elektrarn v sistemu (Danska, Nemčija, Španija).

Ključne besede: energija, vetrne elektrarne, elektroenergetski sistem

UVOD

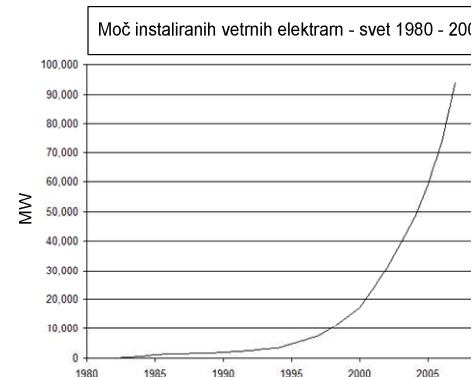
V Evropi smo se odločili (oz. se odločamo) za prehod v nizkoogljično družbo. V veliki meri je to politična odločitev, rezultat katere je tudi pričakovani sveženj predlogov za zaščito podnebja pod geslom „20-20-20 do 2020“ – EU naj bi do leta 2020 zmanjšala emisije toplogrednih plinov za 20 odstotkov, zvišala energetska učinkovitosti za 20 odstotkov in povečala delež obnovljivih energijskih virov z 8,5 na 20 odstotkov. Zavedati pa se moramo, da je so nastajale politične odločitve glede omejitve izpusta toplogrednih plinov v obdobju dolge in močne gospodarske rasti v preteklih desetletjih. Zanimivo bo zasledovati dogajanja na tem področju, če bo trajala gospodarska kriza dlje časa. Prehod na nizkoogljično družbo namreč stane. Solo akcije posameznih držav se kaj hitro lahko končajo klavarno v obliki zmanjšanja konkurenčnosti njihovih gospodarstev in zaostajanja za ostalimi zaradi višjih cen energentov. Opis takega scenarija si ni težko predstavljati in lahko poteka nekako po naslednjem sosednjem dogodkov: zvišanje cen energentov, znižanje konkurenčnosti gospodarstva, zapiranje ali selitev proizvodnih kapacitet, odpuščenje delavcev, nižanje BDP, beg možganov Hitro za širše družbene množice postanejo sprejemljivi argumenti oz. vprašanja, ki se pojavljajo tudi dandanes, vendar zaenkrat ostajajo v ozadju, kot npr.:

- o Ali izpusti CO₂ sploh prispevajo k ogrevanju ozračja?
- o Ali ni izpust CO₂, kot rezultat človeške aktivnosti zanemarljiv v primerjavi s tvorjenjem CO₂ v naravnih procesih?
- o Ali je res, da meritve temperature kažejo močno korelacijo s sončno aktivnostjo, močnejšo, kakor s količino CO₂ v ozračju?
- o Ali učinek tople grede ni v nasičenju in povečevanje CO₂ v ozračju skoraj ne vpliva na večanje tega učinka?
- o Ali hitre spremembe klime na zemlji niso bile povsem normalne v preteklosti?
- o Zakaj zganjamo paniko pri 360 ppm CO₂ v ozračju, čeravno vemo, da je bila v času dinosavrov in bujne vegetacije ta koncentracija okrog 7000 ppm, ravno zato je pa bila vegetacija bujna?!
- o Ali ne bi bilo lepo, da bi bila cela Sibirija žitnica, vinsko trto bi gojili do Skandinavije, kakor v zlati dobi ob koncu rimskega imperija, ki jo je prekinila "mini" ledena doba in Evropo pahnila v mračni srednji vek, Grenlandija bi pa bila zopet zelena?
- o Ali v zgodovini planeta topla obdobja niso pomenila razcvet rastlinskih in živalskih vrst, hladna pa propad in "težke čase"?
- o Kaj, če se bodo v naslednji ledeni dobi ledeniki zopet razširili do Karavank?
- o ltd

Na ta vprašanja zaenkrat bodisi ni mogoče podati enoznačnih odgovorov ali pa leži odgovor preprosto v odločitvi človeške družbe kot celote za določeno pot.

Uvodno razmišljanje, ki sicer na videz nima neposredne povezave z naslovno temo, vendar v splošnem odseva osnovni namen prispevka, t.j. prikazati tudi nekatera v javnosti manj znana dejstva v zvezi z oskrbo z energijo iz sonaravnih virov; v našem primeru gre za vetrno energijo.

Izkoriščanje vetrne energije predstavlja enega najhitreje rastočih virov električne energije v Evropi ne le v relativnem merilu (t.j. procentualna rast glede na obstoječe vetrne elektrarne) pač pa tudi v absolutnem. V Evropi je v preteklih letih v absolutnem merilu samo rast instaliranih moči plinskih elektrarn preseгла rast vetrnih elektrarn. Svetovna letna rast instaliranih vetrnih elektrarn se je v preteklih letih gibala med 20% in skoraj 40%. V letu 2008 je njihova skupna zmogljivost preseгла 100 000 MW [1]. Rast instaliranih moči in obstoječe stanje v Evropi prikazujeta sliki 1 in 2. Ob tem velja omeniti, da prednjači Evropa, in da se skoraj 40% svetovnih instaliranih moči nahaja v Nemčiji in Španiji. Slovenija ostaja na zemljevidu kapacitet vetrnih elektrarn bela lisa. Razen tega, da so vetrne razmere v Sloveniji na meji tega, kar smatramo (ob upoštevanju subvencij) za rentabilno, so praktično vse tehnično sprejemljive lokacije v območjih, ki so naravovarstveno zaščitena (npr Natura 2000), kar možnost postavitve skoraj onemogoča. Na ta način se Slovenija praktično odpoveduje resnejšim namenom izkoriščati vetrno energijo.



Slika 1: Svetovna rast skupne nazivne moči vetrnih elektrarn



Slika 2: Instalirane moči vetrnih elektrarn v Evropi [3]

FIZIKALNE OSNOVE

Če želimo spoznati nekatere probleme, ki spremljajo obratovanje vetrnih elektrarn, je potrebno vsaj v najbolj grobih obrisih osvetliti nekaj dejstev oz. podatki nekatere fizikalne osnove.

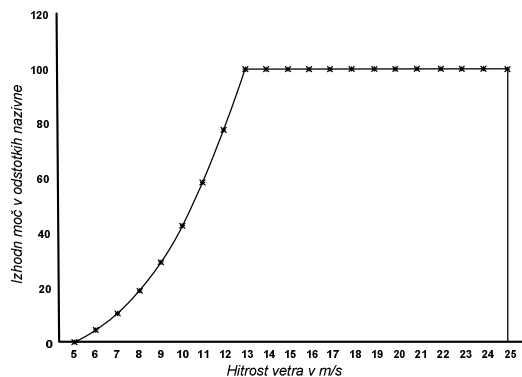
Energija vetra je pojavna oblika energije sonca, saj zemljino površje in atmosfera delujeta, kot neke vrste toplotni stroj. Vetrni potenciali na kopnem in priobalnem morju je ocenjen na 72 TW (enakovredno ca. 54 milijardam t ekvivalentne nafte letno). To približno petkrat presega trenutne človeške potrebe po energiji[2].

Morda najpomembnejše dejstvo, ki definira obratovalne lastnosti vetrnih elektrarn je to, da je **moč, ki jo pretvarja vetrnica odvisna od tretje potence hitrosti vetra**. To pomeni, da se ob spremembi hitrosti vetra za faktor 2 moč vetrnice spremeni za faktor 8. Že padec hitrosti za samo 20% zmanjša moč na $\frac{1}{2}$, oz. porast za 20% poveča moč za 70%. To z drugimi besedami pomeni, da nam v primeru neenakomernega vetra povprečna hitrost vetra ne pove skoraj ničesar o možni proizvodnji (od katere je seveda odvisna rentabilnost). To dejstvo nam ilustrira naslednji primer.

PRIMER:

Če veter piha z določeno konstantno hitrostjo preko nekega obdobja bomo dobili 4 krat manj energije, kakor, če bi veter pihal z dvakratno hitrostjo v polovici tega obdobja, v drugi polovici obdobja pa vetra ne bi bilo. V obeh primerih je povprečna hitrost skozi celotno obdobje enaka.

Iz ekonomskih razlogov sta mehanski in električni del vetrnice različno dimenzionirana, tako, da ima dejanska karakteristika vetrnice oblike, kot jo prikazuje slika 3. Pri določeni hitrosti vetra (ca 13 m/s - omejitev električnega dela) začne elektrarna obratovati s konstantno močjo (obrne lopatke izven položaja za pridobivanje maksimalne moči), pri določeni hitrosti vetra (večina pri 25 m/s) pa se elektrarna izklopi, zablokira rotor in se postavi v položaj v katerem najlaže prenese mehanske obremenitve (omejitev mehanskega dela).

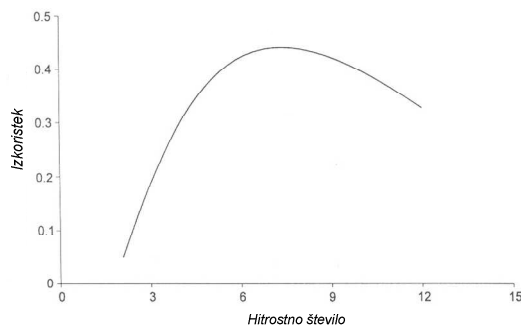


Slika 3: Karakteristika moči tipične vetrne elektrarne

Zaradi trenja zračnih plasti ob podlago, z višino v splošnem hitrost vetra narašča. To naraščanje je v bližini površja približno logaritemsko.

Za razliko od npr. vodnih turbin vetrne turbine tudi teoretično ne morejo izkoristiti vse kinetične energije medija (zraka). Teoretično mejo predstavlja t.i. Betzov faktor, ki znaša $\frac{16}{27}$ oz. ca. 59%. Dejanski izkoristek vetrnice je manjši in znaša do ca. 45%. Na sliki 4 vidimo

izkoristek za tipično trolistno vetrnico v odvisnosti od hitrosti vetra.

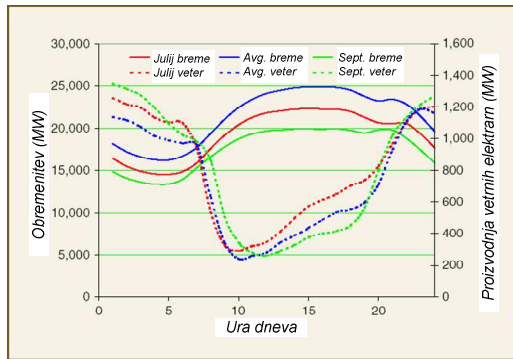


Slika 4: Izkoristek tipične trolistne vetrnice

SENČNA STRAN ZGODBE

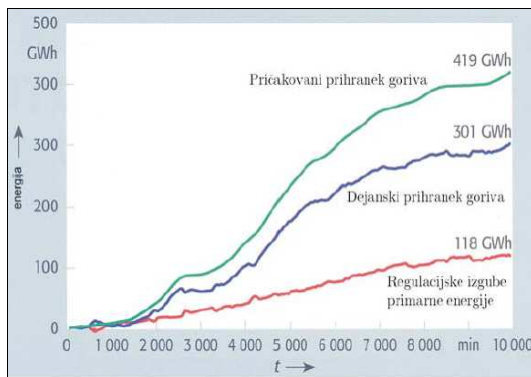
Vetrne elektrarne so del tako imenovane zelene energije oziroma okolju prijazne energije, saj izkoriščajo obnovljivi vir, t.j. energijo vetra, pri tem pa se ne sproščajo naravi nevarne snovi. Ta trditev je sicer resnična za normalno obratovanje, vendar pa ne smemo pozabiti tudi drugih posrednih dejavnikov, ki pa v nekaterih pogledih celo bolj vplivajo na okolje kot neobnovljivi viri energije. V nadaljevanju podajamo nekatera včasih zamažena dejstva, ki jih je potrebno upoštevati in odločilno vplivajo na odločitve za ali proti vetrnim elektrarnam.

- Vetrne turbine glede na ceno niso najbolj učinkovite. Uvrščamo jih med t.i. kvalificirane proizvajalce, ki imajo zagotovljeno odkupno ceno ali dodatek k na trgu prodani energiji. V Sloveniji trenutno veljajo za vetrne elektrarne do 1 MW naslednje približne vrednosti: 65 €/MWh ali dotacija 12 €/MWh, če energijo prodamo na trgu oz. za večje elektrarne 62. €/MWh ali dotacija 10 €/MWh, če energijo prodamo na trgu. Glede na kakovost električne energije (slaba napovedljivost, težko zagotavljanje dogovorjene količine) je to bistveno več, kakor je moč v povprečju doseči na trgu. Z drugimi besedami – brez subvencioniranja se gradnja vetrnih elektrarn ne izplača, njihova cena pa tudi več ne upada. Indikativen je primer iz ZDA, kjer se je po skokoviti rasti po ukinitvi subvencij rast tako rekoč v trenutku ustavila (leta 1991 1709 MW, leta 1997 pa 1611 MW) in v 8 letih je instalirana moč celo upadla.
- Vetrne elektrarne potrebujejo rezervne zmogljivosti v elektroenergetskem sistemu (EES) ali možnost shranjevanja energije. V ta namen so primerne vodne, črpalne ali plinske elektrarne. To dejstvo vetrno energijo še bistveno podraži.
- Izkoristek elektrarn je slab saj veter ne piha ves čas z optimalno hitrostjo. Podatki kažejo na 15 - 25 % učinkovitost. Na severu Nemčije, kjer so razmere dobre poročajo o 18% izkoriščenosti. To pomeni, da je energetski prispevek vetrnih elektrarn v primeru potreb po energiji reda 5 x manjši, kot enako velikih elektrarn na fosilna goriva ali jedrskih elektrarn. Ko govorimo o instalirani moči pove s stališča proizvodnje energije podatek za klasično termoelektrarno nekaj povsem drugega, kot za vetrno elektrarno. Teh pojmov nikakor ne gre zamenjevati.
- Potrebe po električni energiji in razpoložljiva vetrna energija so velikokrat diametralno nasprotni. Problem ilustrira slika 5, ki prikazuje potek potreb po moči in razpoložljivo moč vetrnih elektrarn za tipične dni v zimski, poletni oz. pomladno / jesenski sezoni v sistemu konkretnega dobavitelja električne energije v ZDA. O identični problematiki poročajo Grki.

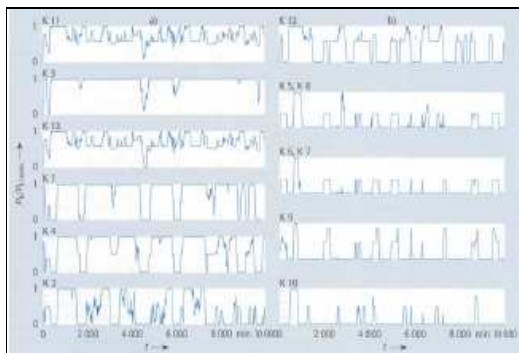


Slika 5: Proizvodnja vetrnih elektrarn in poraba v tipičnih dneh

- Prihranek emisij CO₂ zaradi elektrike iz vetrnih elektrarn je marsikje bistveno manjši, kot se zdi na prvi pogled. Ker vetrne elektrarne delujejo močno neenakomerno, morajo ostale elektrarne na fosilna goriva biti vedno v pripravljenosti, kar prav tako povzroča emisije, razen tega morajo prilagajati proizvodnjo potrebam, če ni dovolj ostalih elektrarn za pokrivanje koničnih obremenitev (vodnih, plinskih). Indikativen je nemški primer [4] (slika 6). Ker morajo termoelektrarne prilagajati proizvodnjo, se njihov izkoristek bistveno zniža.



Slika 6: Moči posameznih regulacijskih termoelektarn

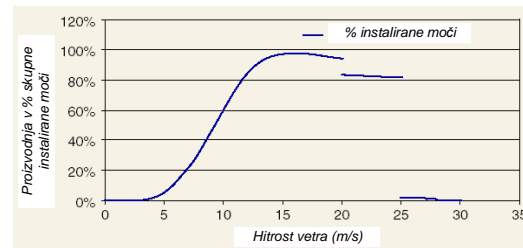


Prihranek goriva

Obratovanje velikega deleža vetrnih elektrarn je lahko problematično s stališča ohranjanja stabilnosti sistema. Zaradi tehničnih značilnosti obstoječih vetrnih turbin lahko prihaja do skoraj trenutnih velikih izpadov proizvodnje, in to takrat, ko bi podporne točke pravzaprav najbolj potrebovali, t.j. ob motnjah v omrežju. Izračuni so pokazali, da bi v določenih obratovalnih pogojih napaka na določenem delu omrežja v Nemčiji imela za posledico

izpad tako velike količine proizvodnje električne energije iz vetrnih elektrarn, da bi to preseгло zmoglost evropskega EE sistema, da si opomore. Zelo verjeten bi bil razpad celotnega UCTE sistema na posamezne dele in/ali popoln razpad posameznih področij (blackout). To spoznanje je botrovalo spremembi sistemskih zahtev za priključitev vetrnih elektrarn v Nemčiji.

- Problem predstavlja premočan veter (nad 25 m/s – glej sl. 4), ki povzroči izklop vetrnih elektrarn. Ker gre za skok iz maksimalne moči na 0 je ta učinek za sistem še posebno neugoden. Na sliki 7 vidimo odvisnost skupne proizvodnje vetrnih elektrarn Danske od hitrosti vetra.



Slika 7: Proizvodnja vetrnih elektrarn Danske v odvisnosti od hitrosti vetra

- Zaradi hitrih sprememb moči vetrnih elektrarn je obnašanje pretokov moči po omrežju nepredvidljivo. To je bil eden od dejavnikov, ki so botrovali razpadu UCTE sistema septembra 2006 na 3 ločene dele. Porabniki sicer tega niso občutili, vendar ni veliko manjkalo pa bi bil scenarij mnogo hujši.
- Spremeniti je potrebno filozofijo regulacije napetosti v distribuciji (če so VE priklopljene na distribucijsko omrežje)
- Spremeniti je potrebno filozofijo zaščite v distribuciji (če so VE priklopljene na distribucijsko omrežje)
- Vetrne turbine potrebujejo veliko prostora.
- Vetrne turbine ne zmanjšujejo onesnaževanja. V primerjavi s proizvodnjo elektrike, ki je proizvedejo, in gradnjo ter razgradnjo same elektrarne škodljivega vpliva na okolje ne zmanjšamo bistveno. Onesnaževanje povzroča promet, gradnja in razgradnja gradbenih konstrukcij ter industrija, ki proizvaja komponente za vetrne turbine.
- Vetrne elektrarne proizvajajo zelo majhen delež električne energije. Npr. v Nemčiji proizvedejo reda 2 % vse električne energije.
- Vetrne elektrarne niso tihe. Hrup pride še bolj do izraza, če so postavljene na tihih pokrajinah ali na podeželju. Ljudje, ki živijo blizu poročajo, da je hrup moteč.
- Vetrne turbine so tudi neke vrste vizualni onesnaževalci. Na Finskem jih zaradi videza že umikajo iz krajev, kjer se ne skladajo z infrastrukturo.
- Vetrne elektrarne vplivajo tudi na televizijo ter mikrokomunikacijo. Prihaja do mikrokomunikacijske interference, možno je povzročanje telefonskih motenj.
- Leteča populacija živali je ogrožena. Tako lahko v neposredni okolici vetrnih turbin najdemo veliko ptičev, ki so se zaleteli v vetrnico (konice krakov se lahko gibljejo s hitrostmi v rangu hitrosti zvoka). Čeprav statistike kažejo, da je to število v primerjavi z ptiči umrlimi v prometu zanemarljivo majhno.
- Vetrne elektrarne predstavljajo potencialno nevarnost vodovarstvenih zajetij z pitno vodo. Za delovanje, hlajenje in mazanje potrebujejo od 200 do 370 litrov sintetičnega olja, ki se nahaja na vrhu vetrne turbine.
- Motijo tok svetlobe. Ko sonce vzhaja ali zahaja, so kraji izza vetrnih elektrarn postavljeni v nekako

migotanje svetlobe (senčno migotanje), ki ga povzročajo kraki vetrnih turbin s svojim vrtenjem, kar nekaterim povzroča dezorientacijo, glavobole in migreno. Nekatere vetrne turbine so ponoči osvetljene, kar dodatno moti okolico.

ZAKLJUČEK

V članku prikazan je nekoliko pogled na problematiko uvajanja sonaravnih virov električne energije (v konkretnem primeru vetrnih elektrarn) iz druge, dovolil bi si reči senčne, strani. Glede na uvodna razmišljanja in prikazane probleme bi si bilo mogoče ustvariti vtis, da je pot, ki smo si jo začrtali v Evropi, in za katero upamo, da ji bodo sledili tudi drugod po svetu, napačna. Seveda namen prispevka v nobenem primeru ni bil takšen. Osnovni namen je bil pojasniti tudi drugo plat zgodbe, ki se je zlasti promotorji "zgodbe" prevečkrat izogibajo. V javnosti to zbuja lažna pričakovanja in je odlično gojišče za različna špekulativna razmišljanja, uveljavljanje parcialnih interesov na lokalnem nivoju, politično promocijo, ali preprosto za opozarjanje posameznikov, ki čutijo potrebo po pozornosti, nase. Neredko gre za grobo zavajanje javnosti. Verjamem, da pometanje problemov pod preprogo na dolgi rok ne more obroditi sadov, zato je potrebno problematiko oskrbe z energijo vedno obravnavati celovito, saj je le na ta način moč zagotoviti, da bodo odločitve blizu optimalnim glede na potrebe ljudi, ekonomiko in ohranjanje naravne in kulturne dediščine.

VIRI

- [1] <http://www.earthpolicy.org/Indicators/Wind>
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power
- [3] www.renewableenergyworld.com/assets/documents/story/2008/windmap-08g.pdf.
- [4] W. Leonhard, K. Muller, Ausgleich von Windenergieschwankungen mit fossil befeuerten Kraftwerken - wo sind die Grenzen?, EW, Jg. 101, Heft 21 - 22, str. 30 - 37, 200268.

Vizitka:

Prof. Dr. Rafael Mihalic

Fakulteta za elektrotehniko

Trzaska 25

1000 Ljubljana

Slovenija

Tel: +386 1 4768 438 ali +386 1 4768 415

E-Mail: rafael.mihalic@fe.uni-lj.si