



Na srednjem Vrhju (foto: Igor Maher)

Do gorske narave prijazna energija

V času, ko se ob načrtih za izkoriščanje vetrne energije – predvsem na Primorskem – krešejo mnenja zagovornikov in nasprotnikov graditve vetrnih elektrarn, Planinski vestnik prispeva nekaj pogledov na to problematiko, ki zadeva tudi gorski svet. V tokratni številki začenjamo sklop prispevkov o okolju prijaznih virih energije v gorah, pa tudi o problemih izrabe take energije. Tomaž Vrhovec predstavlja prednosti in slabosti izkoriščanja vetrne energije v gorskem svetu, Martin Šolar pa spregovori o upravičenosti postavljanja vetrnic v Triglavskem narodnem parku. V marčevski številki bo Zvone Tavčar predstavil slovenske izkušnje pri oskrbi planinskih koč z električno energijo iz okolju prijaznih virov.

Vetrne elektrarne v gorah

Prednosti in slabosti izkoriščanja vetrne energije

Besedilo: Tomaž Vrhovec

V razgibani pokrajini, kakršna je Slovenija, veter blizu tal ne piha povsod enako močno. Po kotlinah in dolinah so vetrovi šibki in zvečine pihajo vzdolž dolin. Prav tako so v zavetrju vzpetin in predmetov vetrovi šibki; čim više smo, močnejši so, zato močnejše piha na vrhovih gora in na grebenih, prepisna pa so tudi sedla in prelazi – seveda če veter piha skozi in ne povprek. Nad zmernimi geografskimi širinami prevladujejo vetrovi iz zahodne smeri, Slovenija pa je na jugovzhodni strani Alp, zato so zaradi zavetrja pri nas splošni vetrovi šibki – skoraj za polovico šibkejši kot na atlantski

obali zahodne Evrope.

Razgiban relief lahko veter tudi pospeši: če se gorski verigi bližata druga drugi, veter pa piha vzdolž zožujoče se doline, bo na zatrepu zelo močan. Enako se zgodi pri zožitvi struge, skozi katero teče reka: široko razlite reke so počasne, skozi ožine pa voda dere.

Le približno 2 odstotka sončne energije, ki pade na zemljo, se pretvori v kinetično energijo vetra in večina je je v višjih plasteh ozračja; tam vedno močno piha, pri tleh pa so vetrovi zaradi ovir in trenja šibkejši.



Veter kot alternativni vir energije

Naftna kriza v 70-tih letih 20. stoletja je vzbudila zanimanje za izrabo že precej pozabljene vetrne energije. Zavedanje, da uporaba fosilnih goriv (premog in nafta) močno vpliva na ozračje, tako da se zaradi povečanih izpustov ogljikovega dioksida (CO₂) povečuje atmosferski učinek tople grede in se s tem spreminja tudi podnebje na zemlji, sta v 90-ih letih spodbudila politike in energetike k izkoriščanju obnovljivih virov energije.

Najobilnejši obnovljivi energijski vir je sicer sončna energija (gostota energijskega toka je opoldne ob jasnem vremenu tudi v naših krajih lahko do 1000 W/m² – to velja za ploskev, pravokotno na sončne žarke). Pretvarjanje sončne energije v toploto s sončnimi kolektorji za ogrevanje vode je poceni in učinkovito – toda kaj, ko poleti, ko je sončne energije na pretek, ni treba ogrevati bivalnih prostorov. V oblačnem zimskem vremenu, ko je sonce nizko in je morda še megla, pa sončne energije ni dovolj. Veliko manj učinkovito je pretvarjanje sončne energije v električno s sončnimi celicami. Majhen izkoristek (kakih 10 %) je združen z razmeroma visokimi stroški. Sončne celice so tako za zdaj ekonomične le na odmaknjenih krajih, kjer ni mogoče drugače priskrbeti elektrike (planinske in planšarske koč, komunikacijske antene).

Z energijo toka vetra je drugače kot s sončno energijo. Gostota energijskega toka vetra je odvisna od tretje potence hitrosti vetra – dvakrat močnejši veter od osemkrat večjo moč. Hkrati je odvisna tudi od gostote zraka, ta pa z nadmorsko višino pada približno eksponentno, zato se gostota energije vetra z nadmorsko višino zmanjšuje. Pri hitrosti vetra 10 m/s je gostota vetrne energije že povsem primerljiva z gostoto sončne energije.

Vetrna energija je kinetična energija, tako da za njeno pretvarjanje v elektriko potrebujemo le še primerno turbino in generator, kot pri izkoriščanju kinetične energije tekoče vode v hidroelektrarnah. Če bi želeli iz vetra izveliči vso kinetično energijo, bi morale biti za vetrno elektrarno popolno zatišje. Sedanje vetrne elektrarne zmanjšajo hitrost vetra za tretjino, tako da je izkoristek do 60%. Moč, ki jo prestreže vetrna elek-

trarna, je odvisna še od ploskve, s katero prestrezamo veter. Če ima vetrnica 50 m dolgo krilo, je dobljena moč 25-krat večja pri vetrnici z 10-metrskim krilom.

Vetrne elektrarne

Vetrna energija ima hudo pomanjkljivost, saj je na voljo le tedaj, ko piha veter. Če želimo z vetrom pridobivati večje količine energije, potem morajo biti vetrnice razmeroma velike. Velike vetrnice pa potrebujejo za začetek vrtenja določeno najmanjšo hitrost vetra; po večini je potrebna hitrost vsaj 5 m/s (18 km/h, veje na drevju se gibajo – spodnji prag delovanja). Z naraščajočo hitrostjo vetra moč narašča, optimalna hitrost vetra za velike vetrnice pa je približno 15 m/s (54 km/h, drevesa se začno majati). Pri večjih hitrostih vetra se krila vetrnice začno obračati okoli svoje osi, tako da imajo manjši dinamični vzgon in je hitrost vrtenja vernice enaka. Pri hitrostih nad 25 m/s



*Ukrivljene krošnje pričajo o vetrovni legi
(foto: Igor Maher)*

(90 km/h, veter odnaša s streh nepritrjeno opeko) vetrnice po navadi zaustavijo. Na njihovo delovanje slabo vpliva tudi sunkovit veter. Projektirane so tako, da se pri obremenitvah, ki jih povzroči veter s hitrostjo 70 m/s (250 km/h, hitrost vetra najhujših tropskih orkanov, ki podirajo vse stavbe) konstrukcijski deli ne poškodujejo ali zlomijo. Če naj bo uporaba vetrne energije smiselna in ekonomična, je treba vetrne elektrarne postaviti tam, kjer je veter pogost in kjer je njegova povprečna hitrost pogosto večja od spodnjega praga delovanja vetrnice ter redko nad zgornjim pragom.

Izraba vetrne energije kot vira elektrike ima pomen povsod tam, kjer ni drugih virov elektrike, podobno, kot velja za pretvorbo sončne energije. Pri nas so bile tako postavljene manjše vetrovne elektrarne pri planinskih domovih na Kredarici, pri Staničevi koči in na Stolu, združeno s sončnimi celicami in akumulatorji za elektriko. V tujini, predvsem v ZDA, je uporaba manjših vetrnic na

podeželju pogosta za pogon vodnih črpalk in lokalno proizvodnjo elektrike. Takšne majhne vetrne elektrarne imajo ponavadi stolp visok od 10 do 30 metrov, dolžino kril do 10 metrov in moč generatorjev do 30 kW. Še manjše vetrnice z močjo nekaj 100 W se uporabljajo na jahtah za oskrbo jadrancev.

Za elektroenergetske sisteme so zanimive vetrne elektrarne večjih moči, saj je mogoče le z njimi nadomestiti druge vire električne energije. Prvotne vetrnice so bile razmeroma nizke – približno 30-metrske – in tudi njihova moč je bila majhna, do 300 kW. Zaradi skrbi, ki jih povzročajo izpusti ogljikovega dioksida iz klasičnih termoelektrarn na premog, nafto in plin – te so v Evropi po večini poglavitni vir električne energije, poleg nuklearnih elektrarn seveda – so v zadnjih desetletjih po severni in zahodni Evropi začeli pospešeno razvijati tehnologijo vetrnih elektrarn in jih tudi pospešeno graditi. Moč posamezne vetrnice je sedaj že okoli 1000 kW (1 MW), višine stolpov so vsaj 50 metrov, polmer kril pa vsaj 25 metrov. Gradijo tudi že 100 m visoke vetrnice z močjo približno 3 MW. V Evropi združujejo vetrnice v skupine – vetrne elektrarne – s skupno nameščeno močjo do nekaj sto MW (dvesto do tristo vetrnic). Hkrati postavljajo tudi le »šopke« treh ali štirih vetrnic. Deset vetrnic ima lahko do 20 MW moči, to je polovico moči predvidene elektrarne na spodnji Savi. V Evropi, ki v svetovnem merilu vodi, je bilo konec 2001 postavljenih vetrnih elektrarn že za več kot 20 000 MW, od tega v Nemčiji več kot 8750 MW – to je električna moč 12 nuklearnih elektrarn, kakršna je naša v Krškem.

Lokacija vetrne elektrarne

Pri graditvi vetrovni elektrarne je izjemno pomembna izbira kraja za postavitev. Vetrnica sicer lahko proizvaja precej električne energije (instalirana moč), količina proizvedene energije pa je odvisna od hitrosti in trajanja vetra. Ker si proizvajalci elektrike želijo imeti čim bolj stalno proizvodnjo, so zanimive tiste lokacije, kjer vetrovi z zmernimi hitrostmi pihajo skoraj ves čas. Takšna področja so ravnine na Nizozemskem, Danskem in v Nemčiji, otoki in plitvine v Severnem morju, ob Baltiku in tudi po obalnih gorah zahodne Ev-



Vetrnica pri Staničevem domu
(foto: Zvone Tavčar)



rope. Nekatere sodobne vetrne elektrarne postavljajo kar na morju in v njih z elektrolizo proizvajajo vodik, ki ga nato transportirajo do porabnikov. Da se delovanje vetrne elektrane splača, mora obratovati vsaj četrtino časa, to je vsaj 2000 ur na leto. »Osnovno gorivo« vetrne elektrarne – veter – je namreč zastoj in po začetni investiciji so stroški obratovanja veliko manjši kot pri klasičnih termo- in nuklearnih elektrarnah. Pri 2000 urah obratovanja na leto se začetna investicija povrne v približno sedmih letih, življenjska doba vetrne elektrarne pa naj bi bila vsaj 20 let.

Vetrovne lege v gorah so predvsem za dolgimi grebeni, ki stojijo pravokotno na prevladujočo smer vetra, saj tam veter vedno pridobi hitrost. V Sloveniji (razen z jadrnicami, klopotci v vinogradih in z nekaj majhnimi vetrnicami pri planinskih kočah) vetrne energije še ne izkoriščamo. Za Primorsko je bilo narejenih nekaj raziskav vetrovnega potenciala, za preostalo Slovenijo pa še ne. Pri tem se je pokazalo, da so na Primorskem ugodna tista mesta, ki so vzdolž grebenov Dinarskega gorstva: Trnovski gozd od Goljakov do Cola, Nanos, Javorniki, Vremščica, Slavnik, Kraški rob, vetrovni sta tudi obala in morska gladina. Ker je bila ocena vetrovnega potenciala opravljena na podlagi podatkov meteoroloških postaj, na katerih se meri veter 10 metrov nad tlemi, postaje pa ležijo po večini v dolinah, je potencialni investitor (Elektro Primorska) sprva z domačimi, nato pa s tujimi partnerji nekaj let opravljal meritve na nekaterih lokacijah, ki so bile z modelsko študijo ocenjene kot perspektivne (Trstelj, Gora, Banjšice, Nanos, Golič, Kokoš, Volovja reber, Slatna, Pivka). Za te meritve so postaviličasne merilne jambore z anemometri na vrhu. Modelska študija in meritve so pokazale, da je vetrovni potencial na Primorskem dovoljšen, da bi opravičeval ekonomsko izkoriščanje vetrne energije. Povprečne hitrosti so na večini izpostavljenih lokacij presegale hitrost 6 m/s, največja povprečna gostota energijskega toka pa je bila izmerjena na robu planote Trnovskega gozda (Sinji vrh, Gora) – okoli 300 W/m².

Više nad tlemi so gostote energijskega toka še večje zaradi logaritemskega naraščanja z višino – to so potrdile tudi meritve z nekaterimi še višjimi merilnimi jambori (npr. na Goliču). Po oceni tujih strokovnjakov je nekaj lokacij na Primorskem



Merilni stolp na Goliču (foto: Igor Maher)

stališča vetrovnega potenciala dobrih, večina jih je ravno na meji ekonomske sprejemljivosti, izjemno ugodnih lokacij pa pri nas na Primorskem ni. Kraji z močno in sunkovito burjo v Vipavski dolini in na Krasu so za postavljanje vetrnih elektrarn prav zaradi sunkovitosti vetra manj primerni. Kot omejujoč dejavnik se z meteorološkega stališča kaže tudi odlaganje snega, ivja in požleda na vetrnice. V zahodni Evropi so vetrnice postavljene predvsem v krajih z milejšimi zimami, kot so pri nas na grebenih Dinarskega gorstva. Glede na razpoložljivo literaturo je sklepati, da Slovenija ne sodi med države, v katerih je obilo vetrne energije.

Vplivi na okolje

S stališča globalnega ohranjanja okolja (izpusti toplogrednih plinov) so vetrne elektrarne skoraj idealna rešitev, saj pri delovanju ne povzročajo neželenih plinskih emisij. S stališča rabe prostora so vetrne elektrarne v primerjavi z drugimi vrstami elektrarn nekaj povsem novega. Pri hidroelektrarnah je treba preurediti tok rek, zgraditi jezove

in napolniti doline z jezeri. Termoelektrane in nuklearne elektrarne so velike zgradbe, ob TE so pogosto tudi visoki dimniki in hladilni stolpi, pri obojih so problematični odpadki ali dimni izpusti. Pri vetrni elektrarni je prostor, ki ga zajema temelj, razmeroma majhen, morda 10 x 10 m, steber elektrarne je visok do 100 metrov, nad njim pa je nameščena vetrnica, katere krila se tlem ne približajo na manj kot 30 metrov. Okolica stebra je po graditvi lahko povrnjena v prvotno stanje in lahko rabi za prejšnji namen, po navadi v kmetijstvu. Pri graditvi je treba opraviti zemeljska dela, kot je graditev posamezne hiše; do gradbišča je po navadi speljana cesta. Temelj stebra je mora biti zelo masiven, da se steber ne prevrne.

Vetrna elektrarna je visok objekt, saj steber meri v višino od 50 do 100 metrov, krila pa so dolga od 30 do 70 metrov, tako da so po velikosti vetrne elektrane primerljive z najvišjimi stolpnici v mestih, z velikimi dimniki ob mestnih toplarnah ali s televizijskimi oddajniki. Tako veliki objekti seveda spreminijo podobo pokrajine. Če so vetrovne elektrarne postavljene na izpostavljenih mestih, ki so vidna od daleč, potem delujejo moteče. Vendar na nekaterih izpostavljenih gorah že zdaj delujejo za panoramo moteči televizijski oddajniki (na Krvavcu, Na-

nosu, Boču, Uršlji gori in na Gorjancih), podobno kvarijo razgled stolpi mobilne telefonije vzdolž avtocest, stebri žičnic, viadukti in daljnovodi.

Morda bi bilo s stališča ohranjanja vidne podobe pokrajine najbolj pametno postavljati vetrne elektrarne tja, kjer je naravno okolje že uničeno: ob televizijske oddajnike, na monokulturna polja, ob avtoceste, ob kamnolome, peskokope in glinokope, ob pristaniščih in industrijskih conah, ob obstoječih elektro- in termoenergetskih objektih, blizu žičnic, nakupovalnih središč in vojaških poligonov.

Ko je vetrna elektrarna postavljena, lahko začne obratovati. Ko je veter prešibek, vetrnica miruje, ko pa veter preseže prag delovanja, se začne vrteti. Krila pri vrtenju povzročajo šumeč zvok. Glasnost je odvisna od njihove oblike. Energija šuma kril z naraščujočo oddaljenostjo od vetrnice upada s kvadratom razdalje, tako da nekaj sto metrov stran od vetrnice šuma ni več slišati. Čim močnejši je veter, močnejše šumijo krila, vendar pa močan veter povzroča šum tudi pri pihanju okoli naravnih ovir, gozdovi pa v vetru kar bučijo. Tedaj se hrup vetrne elektrarne izgubi v splošnem šumu. Mirujoče vetrnice ne povzročajo nobenega hrupa (pri nas bi bilo to več kot polovico časa), ob zmernem vetru pa je njihov hrup



Ali bodo od vetra bičani makovci na Vremščici dobili visoke sosede? (foto: Igor Maher)



na tleh tik ob stebru primerljiv s hrupom prometa po avtocesti. Čim višji je steber vetrne elektrarne, manj hrupa pride do tal. Zaradi hrupa vetrnih elektrarn ne postavljajo tik ob naseljih, čeravno je hrup z močno obremenjenih cest glasnejši.

Z vrtenjem po zraku lahko vetrnice ovirajo ptice in netopirje v letu. Izjemoma lahko ptica trči v vrtečo se vetrnico, predvsem tedaj, če so vetrovi močni in so v zraku jate ptic ali netopirjev. Zaradi hrupa se ptice vetrnicam izogibajo, tako kot klopotcem. Da se ne bi zaletavale v vrteča se krila, vetrnih elektrarn ne postavljajo blizu njihovih gnezdišč in

zbirališč. Izkušnje kažejo, da se živali na tleh, tako domače kot divje, prilagodijo navzočnosti vetrnih elektrarn in da posebno ograjevanje stebrov elektrarn ni potrebno. Ko se živali navadijo na objekte, se med njimi povsem nemoteno gibljejo.

Zavedati se moramo: električna pride iz vtičnice le, če jo proizvedejo v elektrarni. Vetrnica, ki daje 660 kW električne moči, daje energijo za 30 stanovanj in nadomesti proizvodnjo v termoelektrarni, pri kateri se v zrak sprosti 1100 ton ogljikovega dioksida, 6 ton žveplovega dioksida in 4 tone dušikovih oksidov. ●

Vetrnice v Triglavskem narodnem parku

Lani so postavili novo vetrnico za pridobivanje električne energije pri Staničevem domu, na Kredarici pa povečali tisto izpred štirih let. Vetrnice pri kočah v samem osrčju Triglavskega narodnega parka (TNP)? Zakaj pa ne!

Strategija Planinske zveze Slovenije in TNP za planinske postojanke že vrsto let temelji na okoljskih sanacijah koč. Pri preskrbi z energijo je osnovna usmeritev zamenjava zastarelih in okoljsko spornih motornih agregatov. Najprimernejša je nadomestitev z napravami za izkoriščanje alternativnih virov energije, predvsem sonca in vetra. V TNP danes skoraj ni več planinske koč, ki ne bi imela sončnih celic za pridobivanje električne energije. Ponekod so razmere boljše, drugje slabše, vir energije pa v nekaterih primerih zadostuje, v drugih spet ne.

Od sprejetja Zakona o ohranjanju narave leta 1999 je Javni zavod TNP pristojen za izdajo naravovarstvenega soglasja za poseg v prostor na območju parka. Tako smo obravnavali tudi vloge za postavitev nove vetrnice pri Staničevem domu in postavitev nadomestne (povečane) vetrnice na Kredarici. V obeh primerih smo izdali pozitivno naravovarstveno soglasje. V splošnem gre pri postavitvi vetrnic pri planinskih kočah za pridobivanje energije zgolj in izključno za posamezni objekt (kočo). Pridobivanje električne energije ob pomoči vetra je v skladu z navedeno strategijo okoljskih izboljšav pri postojankah. S postavitvijo vetrnic, katerih višina ne presega višine slemena planinske koč, ne kazimo izgleda, hrup je v primerjavi s hrupom agregatov zanemarljiv, po podatkih ornitologov pa tovrstne vetrnice ne pomenijo motenj za nekaj vrst ptic, ki jih lahko najdemo v bližini obeh koč. Prav tako ni ogrožena biotska raznovrstnost, saj gre v obeh primerih za visokogorski svet, ki je že naravno skoraj brez vegetacije, sama postavitev pa ne posega na rastišča sicer zelo redkih rastlinskih vrst. Najpomembnejša pri odločanju za vetrnico pri planinski koči pa vseeno ostaja odstranitev starih in okoljsko nesprejemljivih agregatov. Potem bi se seveda zmanjšal tudi okoljsko zelo tvegani helikopterski prenos goriva za agregate h kočam.

Martin Šolar, Triglavski narodni park