

Vetrne elektrarne, njihova učinkovitost in vplivi na okolje

Avtor:

Ferdinand Deželak, dr. tehničnih znanosti, ZVD, Zavod za varstvo pri delu

V članku so najprej prikazane nekatere splošne pomanjkljivosti in negativne posledice postavitve vetrnih elektrarn. V drugem delu pa je poudarek na hrupu, ki ga vetrne elektrarne povzročajo med svojim obratovanjem.

SPLOŠNI VPLIVI IN POSLEDICE GRADNJE VETRNIH ELEKTRARN

Ali imajo vetrne elektrarne prednosti pred drugimi?

V nasprotju s prepričevanjem nekaterih lastnikov vetrna energija ne predstavlja neke idealne zelene energije, ki bi rešila elektroenergetsko preskrbo ter težave, povezane z globalnim segrevanjem. Že sama proizvodnja sestavnih delov za vetrne elektrarne je energetsko potratna in povezana z nečisto tehnologijo. Še večji okoljski problem pa potem povzročita montaža in končno še razgradnja po prenehanju njihovega obratovanja. Vetrne elektrarne tudi ekonomsko niso najbolj upravičene, zato jih njihovi lastniki le redkokdaj financirajo iz lastnih sredstev, temveč v veliki večini iz subvencij oziroma iz proračunskega denarja. Prikazovanje vetrne energije kot zelene energije bodočnosti je zato seveda potrebno presoditi v bolj kritični luči.

S tem v zvezi se uvodoma postavlja vprašanje, zakaj klasičnih elektrarn preprosto ne zaprejo in namesto njih gradijo samo še elektrarne z obnovljivimi viri, na primer z vetrnimi. Na to vprašanje obstaja več preprostih odgovorov:

- Obratovanje vetrnih elektrarn je odvisno od vetra, ki je precej nestabilen vir in seveda ne zagotavlja energije takrat, ko bi jo najbolj potrebovali.
- Delež energije, proizvedene v vetrni elektrarni, le redkokje presega odstotek energije, proizvedene v klasičnih elektrarnah, kljub velikim dosedanjim posegom v nekaterih državah.
- Gradnja in razgradnja vetrne elektrarne predstavlja glede na proizvedeno energijo zelo velik strošek, ki ga morajo pokrivati davkoplačevalci.
- Električna energija, proizvedena iz vetrne elektrarne, sploh ni zelena, kot jo prikazujejo nekateri krogi v javnosti.

Da so možnosti izkoriščanja vetrne energije pri nas močno omejene, so leta 2015 po naročilu Ministrstva za infrastrukturo ugotovili tudi avtorji Študije o potencialno

ustreznih območjih za izkoriščanje vetrne energije v Sloveniji. Povprečne hitrosti vetra pri nas niso primerne za ekonomično obratovanje vetrnih elektrarn. Bistvene možnosti za gradnjo vetrnih elektrarn v Sloveniji pa zmanjšuje še značilna razpršena poselitev prebivalstva, zaradi katere večinoma ni možno upoštevati zadovoljivih varnostnih razdalj med vetrno elektrarno in izpostavljenimi objekti.

Možnost izkoriščanja vetrne energije so pri nas močno omejene, saj povprečne hitrosti vetra niso primerne za obratovanje vetrnih elektrarn.





Slika 1: Za montažo temelja vetrne elektrarne in okolico elis je nemalokrat potrebno žrtvovati ogromne gozdne površine. Slika 2a, b: Dodatno degradacijo okolja predstavljata izgradnja cest skozi neokrnjeno naravo in transport delov za VE velikih razsežnosti.

IZGRADNJA IN MONTAŽA

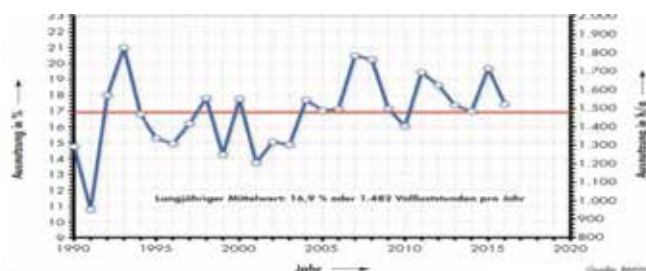
Utemeljeno vprašanje o zeleni energiji iz vetrnih elektrarn se torej pojavi že v fazi njihove izgradnje in montaže. Njihova postavitve v slovenskih razmerah, največkrat v gozdovih, bi resno ogrozila že tako osiromašene slovenske gozdove, ki so že doslej močno prizadeti z žledom, vetrolomi, požari in izsekavanjem. Za izgradnjo vetrne elektrarne je v tem primeru potrebno žrtvovati zelo velike gozdne površine, in sicer za postavitve samega temelja vetrne elektrarne in zagotovitve učinkovitega vetrnega polja pod elisami (slika 1), dodatno pa seveda še za izgradnjo transportnih poti, kar dolgoročno povsem uniči znatne gozdne površine (slika 2a in b).

Dodatno škodo pa seveda povzroči tudi gradnja spremljajoče infrastrukture (ceste, daljnovodi). S tem se uničujejo gozdovi in druga vegetacija, ki so naravni regulatorji toplogrednih plinov.

NIZKA UČINKOVITOST VETERNE ELEKTRARNE

Izkoristek vetrnih elektrarn je majhen, praviloma v praksile redkokdaj presega 20 %. Spodaj je prikazan izkoristek nemških vetrnih elektrarn v obdobju 1990 in 2016 (Slika 3).

Za razliko od Nemčije pa so razmere za vetrne elektrarne v Sloveniji še bolj neugodne. Odstotek dni v letu z vetrom,



Slika 3: Izkoristek nemških vetrnih elektrarn v obdobju 1990 in 2016.

optimalnim za obratovanje vetrnih elektrarn, je v Sloveniji nižji kot v večini drugih držav.

Študije, ki dajajo prednost vetrnim elektrarnam pred drugimi tipi (na primer nuklearnimi), so marsikdaj pomanjkljive, saj poleg neprimerno manjšega izkoristka in ekonomičnosti niti v samem izhodišču ne upoštevajo bistveno večje degradacije okolja oziroma površin, potrebnih za postavitev velikega števila vetrnic, ki bi lahko proizvedle enako množino energije. Na primer za nadomestitev kapacitete Nuklearne elektrarne Krško bi bila potrebna postavitev okrog 1000 vetrnic, ki bi degradirale neprimerno večjo površino (Slika 4).



Slika 4: Degradirane površine ob postavitvi polja VE so neprimerno večje kot v primeru postavitve nuklearne elektrarne z enako kapaciteto.

RAZGRADNJA VETERNE ELEKTRARNE

Nadaljnje težave, ki so s strani lastnikov vetrnih elektrarn v javnosti praviloma povsem zamolčane, se pojavijo tudi pri razgradnji le teh. Tovrstni stroški znašajo približno 80 evrov/kW. Demontaža vetrnih elektrarn v francoskem departmaju Aisne je tako na primer stala 350.000 evrov, brez davkov. To pomeni, da bi nas razgradnja vetrne elektrarne Razdrto v prihodnosti stala okrog 80.000 evrov.. Ker se investitorji oziroma lastniki vetrnih elektrarn tovrstnim vprašanjem vztrajno izmikajo, obstaja velika nevarnost, da bo tudi njihova razgradnja v celoti ponovno obremenila zgolj davkoplačevalce.

Tudi v Nemčiji in Avstriji, kjer poskušajo lobisti gradnje vetrnih elektrarn prikazati kot vzor, gradnja novih vetrnih elektrarn in njihov doprinos k proizvedeni energiji nezadržno padata. Verjetno v tem tudi tičijo razlogi oziroma pritiski tujega kapitala za gradnjo vetrnih elektrarn na slovenskem ozemlju, dodatno korist pa vidijo tudi v subvencijah, pokritih s strani slovenskih davkoplačevalcev.

Vzporedno s to razgradnjo pa nastaja tudi ekološka škoda, saj je znaten del teh odpadkov nerazgradljiv. Njihovih odpadkov, še zlasti elis, ni možno sežigati v sežigalnicah kot pri nekaterih drugih odpadkih. Ekološko neosveščeni lastniki vetrnih elektrarn jih zato najpogosteje zgolj enostavno zakopljejo globoko pod zemljo v povsem nerazgrajenem stanju, kar praktično seveda ne predstavlja nobene rešitve.

S tem očitno v celoti prenašajo tovrstne težave in stroške na breme bodočih generacij davkoplačevalcev.



Slika 5: Razgradnja vetrne elektrarne po zaključku njihovega obratovanja je vprašanje, kateremu se njihovi investitorji trmasto izmikajo, a). Najpogosteje jih nerazgrajene zakopljejo v zemljo b).

VPLIVI VETERNIH ELEKTRAREN NA ŽIVALI

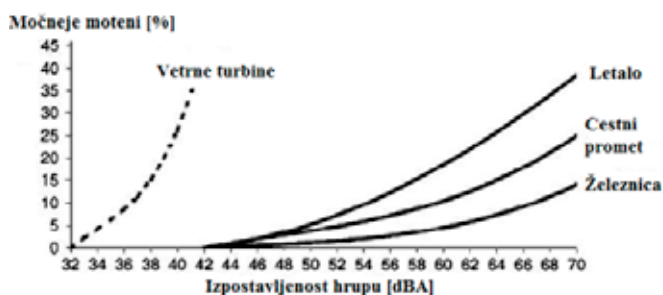
Povsem zanemarjen je tudi negativni vpliv vetrnih elektrarn na domače in divje živali (zlasti ptice). Vetrne elektrarne imajo namreč negativen vpliv ne samo na ljudi, ki živijo v njihovi okolici, temveč tudi na številne živalske vrste, na primer na ptice. Obodne hitrosti na koncu kril vetrne elektrarne tako lahko med njihovim obratovanjem presegajo hitrosti dirkalnih avtomobilov, kar predstavlja smrtno nevarnost za številne ptice. Protiargumenti nekaterih pobudnikov gradnje vetrnih elektrarn, češ da naj bi daljnovodi povzročili stokrat večjo smrtnost med ptičjo populacijo, promet pa tisočkrat večjo kot vetrne elektrarne, so seveda cinični in povsem neresni.

VPLIV VETERNIH ELEKTRARN NA HRUP

Vetrne elektrarne so nameščene na velikih višinah in poleg tega predstavljajo tudi vir nizkofrekvenčnega hrupa, vključno z infrazvokom.

Za razliko od visokofrekvenčnega zvoka, ki ga zadržijo oziroma odbijejo že manjše ovire, sta nizkofrekvenčni in infrazvok izredno prodorna, poleg tega se na ovirah močno uklanjata in se posledično širita okrog vogalov raznih objektov in celo preko visokih hribov. Poleg tega pa prodirata tudi v notranjost prostorov, celo tistih, zaščiteneh z masivnimi stenami. Dodatno nevšečnost pri tem predstavlja tudi dejstvo, da se nizkofrekvenčni zvok v zaprtih stanovanjskih prostorih še dodatno ojača zaradi vpliva resonančnih nihanj.

Raziskave kažejo, da kar 85 % izpostavljenih prebivalcev jasno zaznava hrup vetrnih elektrarn že pri ravneh 35 dBA. Prav tako je bilo ugotovljeno, da postane približno 30 % vseh prebivalcev močno vznemirjenih, kadar raven hrupa cestno-prometnih virov presega 70 dBA, medtem ko je enak odstotek prebivalcev močno vznemirjen zaradi hrupa vetrnih elektrarn, katerega raven dosega »komaj« 40 dBA, še zlasti v nočnem času – Slika 6.



Slika 6: Primerjava nadležnosti različnih vrst hrupnih virov pri sicer enakih ravneh hrupa

Hrup vetrnih elektrarn je namreč, za razliko od velike večine drugih hrupnih virov, tudi amplitudno moduliran. Takšna vrsta hrupa je invazivna in jo hrup ozadja (na primer ceste) težje zamaskira. Kot pove že samo ime, se pri amplitudno moduliranem hrupu njegova amplituda spreminja s časom, običajno periodično, kot na primer pri sirenah vozil na nujnih vožnjah. Takšen utripajoči hrup močno pritegne našo pozornost, saj izstopa iz ozadja celo v primeru majhnih amplitud oziroma ravni. Običajno nas takšen utripajoč zvok opozarja na previdnost oziroma nevarnost, če traja predolgo, pa postane nadležen in stresen. Pri vdoru v spalnico lahko takšen hrup onemogoči miren spanec in povzroči druge neprijetnosti prizadetim stanovalcem.

Ne glede na to pa trenutno veljavna Uredba, ki omejuje ravni hrupa v okolju, omejuje hrup vetrnih elektrarn v nočnem času kar na 48 dBA, v dnevnem pa celo na 58 dBA za veliko večino stanovanjskih območij (III. stopnja varstva pred hrupom). Večina razvitih držav ima glede hrupa vetrnih elektrarn bistveno strožje omejitve kot to velja pri nas.

V zvezi s tovrstnimi negativnimi vplivi tudi Nacionalni inštitut za javno zdravje (NIJZ) predlaga previdnostno načelo in priporoča, da naj bodo vetrne elektrarne od bivališč oddaljene vsaj 2 km.

VETRNE ELEKTRARNE KOT VIR NIZKOFREKVENČNEGA ZVOKA IN INFRAZVOKA

Znano je, da gibanje velikih mas pogosto spremlja hrup, včasih pa tudi zamolklo bobnenje. To se v naravi običajno dogaja ob nevihtah, močnejšem morskem valovanju, ob potresih, izbruhih vulkanov, zemeljskih ter snežnih plazovih in podobno. To bobnenje dejansko predstavlja nizkofrekvenčni zvok in infrazvok (NF in IZV). Čeprav neprijetno in strah vzbujajoče pa nas takšno bobnenje opozarja tudi na prihajajočo nevarnost in s tem v zvezi nosi s seboj tudi koristno informacijo; po drugi strani pa običajno traja le krajši čas. Povsem drugače pa je z velikimi vetrnimi elektrarnami, ki se v zadnjem času postavljajo pri nas.

Tudi letala (celo na velikih višinah oziroma oddaljenostih) oddajajo infrazvok in vemo, kako nadležen pojav je to, čeprav običajno traja le kratek čas. Zaradi tega bi morala biti načrtovanju velikih vetrnih elektrarn in njihovemu umeščanju v prostor posvečena velika pozornost, kar pa se pri nas žal ne dogaja.

Povprečne stanovanjske stavbe imajo nizko zvočno izolirnost v območju nizkofrekvenčnih in še zlasti infrazvočnih frekvenc, zato so te v primeru nekoliko močnejših hrupnih virov lahko slišne oziroma zaznavne tudi v notranjosti stanovanj. Povprečna zvočna izolirnost stanovanjskih fasad pri zaprtih oknih je v frekvenčnem območju 10 do 25 Hz nižja od 10 dB.

Vendar pa je pri tem potrebno poudariti še eno dodatno značilnost nizkofrekvenčnega hrupa in infrazvoka. Za razliko od visokofrekvenčnega zvoka, ki ga zadržijo oziroma odbijejo že manjše ovire, sta nizkofrekvenčni hrup in infrazvok izredno prodorna. Poleg tega se na ovirah močno uklanjata in se posledično širita okrog vogalov raznih objektov in celo preko visokih hribov. Poleg tega pa prodirata tudi v notranjost prostorov, celo tistih, zaščiteneh z masivnimi stenami. Dodatno nevšečnost pri tem predstavlja tudi dejstvo, da se nizkofrekvenčni zvok v zaprtih stanovanjskih prostorih še dodatno ojača zaradi vpliva resonančnih nihanj, podobno kot na primer zvok kitare v njeni votlini (struna kitare pripeta na golo steno bi sama zase namreč proizvedla izredno šibak zvok).

OJAČANJE POSAMEZNIH NIZKOFREKVENČNIH KOMONENT V PROSTORU – STOJEČA VALOVANJA

Raven nizkofrekvenčnega hrupa se lahko občutno spreminja z lego v prostoru. Kadar je geometrija prostora enostavna, na primer kvadrata, in so dimenzije prostora primerljive z valovno dolžino zvoka, lahko pride do izrazitih nihanj zvočnega tlaka v njem. Pri nepravilnih geometrijah

prostorov in krajših valovnih dolžinah tovrstni načini nihanj običajno niso izraziti, ker prihajajo do izraza drugi učinki, predvsem difuzija oziroma sipanje.

Spremembe ravni zvočnega tlaka v zaprtih prostorih so sicer lahko znatne in za razliko od visokih frekvenc presegajo 20 dB. Tudi subjektivni občutek glasnosti in še zlasti njegove spremembe so bistveno večje pri nizkih kot pri visokih frekvencah. Prirastek 5 dB pri frekvenci 30 Hz je na primer enakovreden prirastku 10 dB pri 1 kHz, glede na spremembe subjektivnega občutka glasnosti. Ko torej enkrat zaznamo nizkofrekvenčni zvok, postane hitro izredno neugoden. V zaprtih prostorih so prisotni različni načini nihanja zvoka, kar je posledica nastanka stoječih valov, do katerih pride z interferenco med vpadlimi in odbitimi zvočnimi valovi od posameznih sten oziroma raznih ovir v prostoru. Kot rezultat je lahko raven hrupa kot posledica takšnega stoječega valovanja močno odvisna od lege v prostoru. Načini takšnega nihanja se pojavijo pri določenih frekvencah, ki jih imenujemo resonančne frekvence (eigenfrekvence), pri katerih je oddaljenost med posameznimi amplitudami določena z mnogokratnikom pripadajoče valovne dolžine.

Resonančne frekvence f_0 kvadraste sobe lahko izračunamo s pomočjo enačbe:

$$f_0 = \frac{c_0}{2} \sqrt{\left[\left(\frac{1}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{m}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_z}\right)^2\right]}$$

kjer

f_0 = frekvenca lastnega nihanja Hz

c_0 = hitrost zvoka – 343 m/s pri 20 °C

l = način nihanja po dolžini sobe

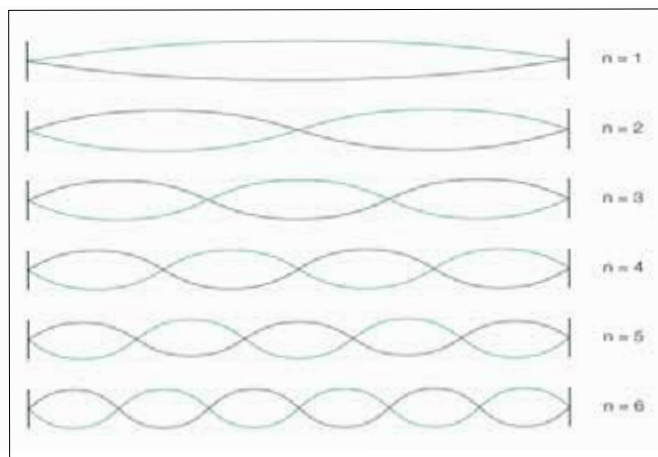
m = način nihanja po širini sobe

n = način nihanja po višini sobe

L_x, L_y, L_z = dolžina, širina in višina sobe v metrih

Osnovni način aksialnega nihanja se označi kot način prvega reda, je sinusne oblike in ima ob stenah maksimume zvočnega tlaka, kot je razvidno iz Slike 7a, medtem ko ima 2. način nihanja obliko, prikazano na Sliki 7b

Tam, kjer so zvočni tlaki največji, so hitrosti gibanja delcev najmanjše in obratno. To se običajno dogaja ob stenah oziroma podobnih ravnih ovirah. Slikovito lahko to prikažemo za prvih šest načinov nihanja, z ničelnimi hitrostmi oziroma maksimalnimi zvočnimi tlaki ob stenah, kot je prikazano na spodnji Sliki 8.



Slika 8: Prvih šest načinov nihanja med dvema vzporednima stenama

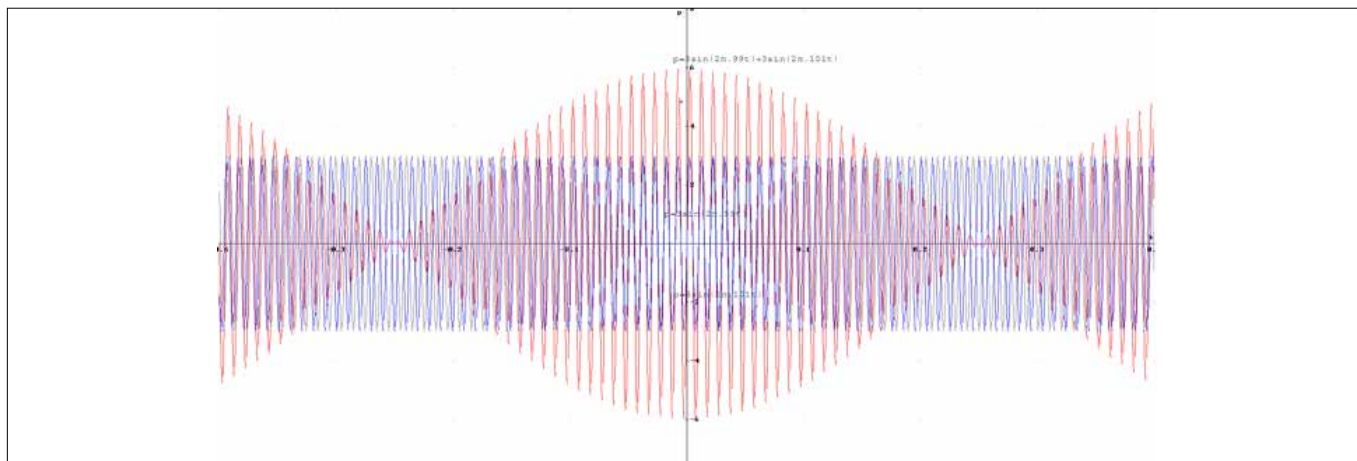
AMPLITUDNA MODULACIJA

Glavni vzrok za motenost okolja s hrupom vetrnih elektrarn pa je predvsem amplitudna modulacija. Med rotacijo njihovih turbinskih lopatic se namreč ustvarja periodični amplitudno moduliran signal, ki ne odstopa bistveno od sinusne oblike. Vzroki za to so predvsem usmerjenost aerodinamičnega hrupa sproščenega na koncu lopatic ob združitvi tokovnic iz njenega začetka ter Dopplerjeve ojačitve.



Slika 7: Prvi način nihanja stoječega valovanja (a) in drugi način (b).





Slika 9: Amplitudnomoduliran val

Amplitudna modulacija vetrnih elektrarn ima najpomembnejši vpliv med psihoakustičnimi učinki in s tem povezanimi pritožbami izpostavljenih prebivalcev. Primer časovnega poteka zvočnega tlaka amplitudnomoduliranega vala vidimo na Sliki 9.

Pri vdoru v spalnico lahko takšen zvok povsem onemogoči miren spanec prizadetim stanovalcem.

VPLIV STABILNOSTI ATMOSFERE

Celodnevna nihanja osončenosti vzpostavljajo pogoje za cikle segrevanja in ohlajevanja mejnih atmosferskih plasti, ki se odražajo tudi v spreminjanju dinamičnih vetrnih razmer. Ponoči je zrak stabilno porazdeljen, ker je površina tal hladnejša od zraka. Ko prične tekom jasnega dne sonce vzhajati, prične sončno sevanje ogrevati tla hitreje kot zrak. Takoj po sončnem vzhodu prične turbulentni tok prevladovati nad tokom stabilnega nočnega zraka. Z naraščajočo višino se učinek strižnih napetosti na površini, ki vzdržuje turbulenco zmanjšuje, naraščati pa začne vzgonski učinek. Prihaja do živahnega mešanja s toplejšim zrakom.

Debelina plasti s konvektivnim vplivom narašča tekom dneva zaradi nadaljevanja segrevanja površine. Pozno popoldne doseže zrak enako temperaturo kot tla, temperaturni profil postane adiabatski, ker ni več toplotnega toka iz tal. Proti večeru pa temperatura zraka preseže temperaturo tal in rezultirajoč toplotni tok proti tlom povzroči stabilen temperaturni profil. Takšna stabilna plast se tekom noči debeli, podobno kot narašča nestabilna plast tekom dneva.

Vetrni profil, z njim pa tudi pogoji za razširjanje hrupa, je močno odvisen od stabilnosti atmosfere. Van den Berg (2003) je pokazal, da lahko ravni hrupa vetrne elektrarne zaradi takšnih sprememb tekom dneva nihajo tudi do 15 decibelov, celo pri konstantni hitrosti in smeri vetra na višini 10 m. Atmosferska stabilnost, ki se tekom dneva lahko izrazito spreminja, ima močan vpliv na strižni profil vetra oziroma na vertikalni gradient njegove hitrosti. Pogoji za stabilno atmosfero se tako v večini primerov ustvarjajo ponoči, kadar so hitrosti vetra pri tleh nižje kot 2 m/s, hitrosti na višini osi veterne elektrarne pa presegajo minimalne hitrosti, potrebne za obratovanje veterne elektrarne, torej več kot 4 m/s. Stabilna atmosfera nastopi, ko se prično tla ohlajati, to je po sončnem zahodu in

so hitrosti vetra pri tleh razklopljene od tistih pri vrhu. Mirni vetrovi pri tleh poskrbijo za tiho ozadje oziroma nizek hrup drugih nižje ležečih virov. V takšnih razmerah se zvočni žarki lomijo navzdol, kar občutno poveča ravni hrupa pri tleh tistih virov glede na pogoje v nestabilnih tipih atmosfere. Še zlasti tistih virov, ki se nahajajo na velikih višinah, kar seveda v prvi vrsti velja za vetrne elektrarne kot praktično najvišje vire hrupa.

V takšnih razmerah lahko prihaja tudi do sprememb v geometrijski divergenci upadanja hrupa, še zlasti v nizkofrekvenčnem območju. Takrat se na določeni višini ustvari odbojna plast, zvočno valovanje pa je ujeta v kanal. V tem primeru je upadanje ravni hrupa blizu 3 dB/podvojitve oddaljenosti, namesto 6 dB/podvojitve, kot se običajno dogaja pri sferičnem razširjanju. V svetu so tako zabeleženi primeri, ko je nizkofrekvenčni hrup vetrnic lahko slišen tudi na razdalje več kilometrov. Zato bi morale tudi meritve hrupa vetrnih elektrarn, še zlasti velikih, zajeti predvsem obdobja, ko prevladuje stabilna atmosfera. Torej v ugodnih razmerah razširjanja hrupa, kot narekujejo tudi predpisi. Po drugi strani bi bilo za ugotavljanje lastnosti vetrnega profila na velikih vetrnih elektrarnah primerno opremiti njihove stebre z merilniki hitrosti in smeri vetra na različnih višinah.

Vpliv vetrnih elektrarn je torej običajno največji pri stabilni atmosferi v nočnem času, v tem času pa je običajno tudi hrup ozadja bistveno nižji, kar še dodatno poveča motenost okolja s hrupom veterne elektrarne.

Dosedanja prepričevanja zagovornikov vetrnih elektrarn, da zadoščajo samo ene meritve hrupa veterne elektrarne (običajno v dnevnem času ali celo ta ne) in da le-tega tako ali tako močno preglasi prometni hrup po okoliških cestah, so zavajajoča in neresnična, saj imajo pri razširjanju hrupa meteorološke razmere zelo pomembno vlogo. To seveda ne velja samo za neposreden vpliv vetra v smeri proti oziroma od izpostavljenih stanovanjskih objektov. Pri tem igra dodatno pomembno vlogo še stabilnost atmosfere. V primeru stabilne atmosfere, kar se dogaja večinoma ponoči, so vertikalna gibanja zračnih plasti močno zadušena. Posledično zrak pri tleh skoraj miruje, hitrost vetra pa narašča z višino skoraj konstantno in lahko veter na večjih višinah (na primer na 100 m) dosega precej velike hitrosti. Posledica tega je, da je cestni hrup (katerega izvor je praktično na tleh) pri določenih smereh vetra, še zlasti ponoči, bistveno manj slišen in moteč kot hrup

iz virov na velikih višinah, kot v primeru veterne elektrarne. Če k temu dodamo še dejstvo, da je gostota cestnega prometa v nočnem času 5- do 10-krat nižja kot podnevi, vidimo, da so tovrstni argumenti zagovornikov vetrnih elektrarn dostikrat neutemeljeni, pritožbe prizadetih stanovalcev (predvsem v nočnem času) pa očitno na svojem mestu. Tovrstnim pritožbam izpostavljenih prebivalcev smo priča tudi pri nas.

Ugodni pogoji razširjanja hrupa nastopijo pri stabilni atmosferi oziroma pri toplotni inverziji to je pri vremenskih razmerah, ko se zvočni žarki, ki izhajajo iz veterne elektrarne, lomijo navzdol, proti izpostavljenim objektom. Takrat se običajno ravni hrupa občutno povečajo. Zato so kratkotrajne meritve hrupa zgolj v lepem sončnem (čeprav vetrovnem) vremenu pomanjkljive in nezadostne.

POMANJKLJIVOSTI NAŠIH PREDPISOV GLEDE HRUPA VETERNIH ELEKTRAREN

Pri nas trenutno veljavna Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Ur. list RS št. 43/2018) eksplicitno ne obravnava vetrnih elektrarn kot problematičnih hrupnih virov. Njena vsebina ni relevantna za vrednotenje hrupa vetrnih elektrarn, saj ne upošteva niti amplitudne modulacije kot glavnega motilnega faktorja za okolje pri obratovanju vetrnih elektrarn. Prav tako ne upošteva drugih zvočno emisijskih značilnosti vetrnih elektrarn, kot nizkofrekvenčnega zvoka. Največja napaka Uredbe pa je, da ne glede na tovrstne neugodnosti enači mejne ravni hrupa veterne elektrarne z mejnimi ravni drugih hrupnih virov. Nekoliko naprednejša v tem pogledu je smernica WHO, ki v svoji zadnji izdaji priporoča omejitve s hrupom vetrnih elektrarn z A uteženo ravni, vendar na povsem drugačen način, oziroma za povsem drug kazalec kot Uredba. WHO namreč uporablja bistveno strožje omejitve 45 dBA, kot jo uporablja Uredba za katerega koli izmed treh najpomembnejših kazalcev hrupa ($L_{dan} = 58$ dBA, $L_{večer} = 53$ dBA, $L_{noč} = 48$ dBA). Po drugi strani se omejitve 45 dBA, ki jo obravnava smernica WHO, nanaša na L_{dvn} in za katerega uredba dovoljuje kar za 13 dBA višjo vrednost. Energijsko to predstavlja dvajsetkratno razliko v mejnih ravneh hrupa med Uredbo in WHO smernico, kar je za izpostavljene stanovalce seveda nesprejemljivo. V kolikor bi se želeli držati kriterijev WHO, bi torej v dnevnem času morala omejitve s hrupom vetrnih elektrarn znašati 45 dBA, v večernem 40 dBA in v nočnem 35 dBA, da kazalec L_{dvn} ne bi bil presežen. Alternativno v primeru kontinuiranega obratovanja vetrne elektrarne z enakimi emisijami in imisijami hrupa v vseh obdobjih (kar je v praksi zelo težko izvedljivo) imisijska raven njihovega hrupa v nobenem obdobju ne bi smela presegati 39 dBA. Glede na takšno stanje sodimo med države z najvišjimi dovoljenimi ravni hrupa, ki ga povzročajo veterne elektrarne.

ZAKLJUČEK

Gradnja vetrnih elektrarn ima številne negativne vplive okoljskega in ekonomskega značaja, ki so dostikrat zamolčani pred javnostjo. Finančne izgube za izgradnjo, montažo in razgradnjo vetrnih elektrarn v veliki večini pokrivajo davkoplačevalci. Negativni okoljski vplivi pa so opazni tudi zaradi degradacije širših območij ob njihovi postavitvi. Enako

velja tudi za neposredne in posredne negativne vplive na ljudi in živali med njihovim obratovanjem ter ob njihovi razgradnji. Tudi trditve lastnikov oziroma upravljavcev o možnosti odpiranja novih delovnih mest pri novih vetrnih elektrarnah so se izkazale kot neutemeljene, vsaj za domačine. Potencialni lastniki in upravljavci vetrnih elektrarn se večinoma vztrajno izmikajo temeljnim vprašanjem, kot so:

- Koliko gozda in drugih površin bo uničenih zaradi nameravane gradnje vetrnih elektrarn?
- Kakšne okoljske vplive imajo veterne elektrarne?
- Kdo je njihov dejanski investitor?
- Kolikšna bo nova cena elektrike po njihovi postavitvi?
- Koliko novih (domačih) delovnih mest bo zagotovila nova veterna elektrarna?

LITERATURA

1. J. Cooper, T. Evans, V. Alamshah: Influence of non-standard atmospheric conditions on turbine noise levels near wind farms, *Internoise 2014*, Melbourne 2014
2. John L. Davy, Kym Burgemeister, David Hillman: Wind turbine sound limits: Current status and recommendations based on mitigating noise annoyance; *Applied Acoustics* 140 (2018) 288–295.
3. Victor Desarnaulds, Ronan Féclier, Dimitri Magnin: Influence of background noise and frequency analysis of wind turbine noise; 24th International Congress on Sound and Vibration; 23 – 27 July 2017, London 2017
4. EC 61400 11, 2006/11, Wind turbine generating systems; Part 11: Acoustic noise measurement techniques
5. Akinori Fukushima, Hideki Tachibana, Mimi Nameki: Assessment of wind turbine noise and residual noise in immission areas around wind power plants; *Proceedings of the Internoise 2016 Conference*, Hamburg 2016
6. Steffen Körper, Andrea Bauerdorff German Environment Agency, Germany Wind turbine noise – German regulations and further research activities; *Proceedings of the Internoise 2017 Conference*, Hong Kong 2017
7. Till D. Kühner, Cervus Consult GmbH, Germany: Amplitude modulation of noise from wind turbines due to propagation through the atmosphere; *Proceedings of the Internoise 2016 Conference*, Hamburg 2016
8. S. Lee, K. Kim, W. Choi, S. Lee: Annoyance caused by amplitude modulation of wind turbine noise; *Noise Control Engineering Journal* 59 (2011)
9. H. Larsen: Reverberation Process at Low Frequencies, *Bruel&Kjaer Technical Review* No. 4, 1978
10. Yasuaki Okada, Tomoaki Uemura, Koichi Yoshihisa: Study on empirical formula for the sound directivity around a wind turbine; *Proceedings of the Internoise 2016 Conference*, Hamburg 2016
11. E. Pedersen, F. Berg, Why is wind turbine noise poorly masked by road traffic noise, *Internoise 2010*, Lisbon 2010
12. Richard A Perkins and Michael J Loting: A method to control amplitude modulation in wind turbine noise within the UK planning regime; 24th International Congress on Sound and Vibration; 23 – 27 July 2017, London 2017
13. M.A. Pereira, N. A.A. C. Branco: Public health and noise exposure: The importance of low frequency noise; *Proceedings of the Internoise 2007 Conference*, Istanbul 2007
14. Lagö Thomas, Persson, Bertil: Wind Turbine Noise Challenges in Sweden; *Proceedings of the Internoise 2019 Conference*, Madrid 2019
15. Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju; Ur. list RS št. 43/2018
16. WHO Regional Office for Europe: Environmental Noise Guidelines for the European Region; World Health Organization 2018
17. Diego Loredan: Je vetrna energija prava izbira za Slovenijo, Mednarodni znanstveni posvet o hrupu vetrnih elektrarn in možnih vplivih na življenjsko okolje; SDA v sodelovanju s Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo, januar 2020.