

YMPÄRISTÖ

Kuinka ympäristöasiat otetaan huomioon tuulivoimapuistoa suunniteltaessa?

Ympäristöministeriö on antanut Suomessa ohjeet tuulivoiman rakentamiselle huomioiden muiden viranomaisten ja sidosryhmien näkökulmat. Tuulivoimalaitokset tarvitsevat samat luvat kuin muutkin teolliset rakennelmat. Pienet, kiinteistökohtaiset tuulivoimalat tarvitsevat rakennus- tai toimenpideluvan. Teollisen kokoluokan tuulivoimalat tarvitsevat aina suunnittelutarveratkaisun, yleis- tai asemakaavan tai ranta-alueilla poikkeusluvan sekä rakennusluvan.

Suurille tuulivoimapuistoille on yleensä tehtävä laaja ympäristövaikutusten arviointi (YVA). YVA tulee tehdä aina tuulipuistoista, joissa on yli 10 voimalaa, tai joiden teho on yli 30 MW. Tätä pienempien hankkeiden YVA:n tarve ratkaistaan tapauskohtaisesti. Lain mukaan toiminnanharjoittajalla tulee olla tiedossa toimintansa aiheuttamat mahdolliset ympäristöhaitat. Siksi myös YVA-kynnyksen alittavista hankkeista selvitetään ympäristövaikutukset hankkeen suunnittelun aikana.

Tuulivoimarakentamisen vaikutusten merkittävyys riippuu kohdealueen herkkyydestä, hankkeen sijaintialueesta, sen ympäristöarvoista, alueen muusta käytöstä sekä hankkeen koosta (tuulivoimalaitosten lukumäärä, korkeus sekä teho ja tarvittava siirtolinja). Ympäristöltään herkkään paikkaan sijoittuvan yksittäisen tuulivoimalaitoksen vaikutukset voivat olla merkittävämpiä kuin esimerkiksi teollisuusalueelle sijoittuvan tuulivoimapuiston.

Merkittävimmät välittömät vaikutukset kohdistuvat maisemaan: korkeina rakennelmina tuulivoimalat näkyvät maisemassa. Tämän lisäksi tuulivoiman rakentamisella, kuten muullakin rakentamisella, on tapauskohtaisesti ja sijaintipaikasta riippuen vaikutuksia useisiin muihin tekijöihin, kuten esimerkiksi kasvistoon ja eläimistöön sekä kulttuuriperinnön säilymiseen.

Tuulivoimala voi tarvita ympäristölupaa, mikäli siitä aiheutuu naapurussuhdelain mukaista kohtuutonta haittaa (ääni tai valon ja varjon vaihtelu) lähikiinteistöille. Vesilupa tarvitaan, mikäli tuulivoimalalla voi olla vaikutusta vesistöön. Käytännössä merituulivoimalat tarvitsevat aina vesiluvan. Myös tuulivoimahankkeen vaikutukset kiinteisiin muinaisjäänneksiin ja laivalöytöihin on tutkittava.

Vaarantaako tuulivoima nisäkkäiden tai lintujen elinolot?

Tuulivoimahankkeiden suunnittelun aikana selvitetään aina alueen sen hetkinen tila, ympäristöarvot ja suojeltavien eläinten ja kasvien esiintyminen. Kun lähtötilanne on tiedossa, pyritään tuulivoima-alueen huolellisella suunnittelulla vähentämään ympäristölle koituvaa haittaa.

Lintujen elinoloihin huonosti sijoitetuilla tuulivoimaloilla voi olla paikallista vaikutusta. Siksi lintujen esiintyminen ja niiden muuttoreitit selvitetään aina osana tuulivoimahankkeiden suunnittelua. Oikealla sijoittelulla tuulivoimaloiden riskit linnuille voidaan minimoida ja hyvin sijoitetut voimalat eivät lisää merkittävästi lintukuolemien määrää. Suurempia lintukuolemien aiheuttajia ovat liikenne, sähkölinjat, lasirakenteet, rakennukset ja metsästys.

Suomessa lintujen seurantatutkimusta on tehty maatuulipuistojen alueella Perämeren koillisrannikolla, jossa on paljon tuulivoimaa ja jonne sijoittuu myös merkittävä lintujen muuttoreitti. Tutkimuksessa tarkkailtiin lintujen käyttäytymistä kevät- ja syysmuuton aikana lin ja Simon rannikkoalueelle viime vuosina rakennettujen maatuulipuistojen alueella. Rannikkoalueelle sijoittuu mm. merkittävä Lapissa pesivien petolintujen muuttoreitti.

Kahden ensimmäisen vuoden tarkkailutulokset osoittavat, että muuttavat linnut selvästi havaitsevat tuulivoimalat ja väistävät yksittäisiä voimaloita tai kiertävät koko tuulivoimapuiston. Tätä tukee myös se, että tarkkailujaksojen aikana ei havaittu yhtään linnun törmäystä tuulivoimalaan eikä löydetty kuolleita lintuja voimaloiden alapuolelta maastosta.

Työ- ja elinkeinoministeriö teetti selvityksen tuulivoiman vaikutuksista linnustoon ja lepakoihin keväällä 2017. Tuulivoimaloiden vaikutuksia arvioitiin kansainvälisen ja kotimaisen tutkimuskirjallisuuden ja vaikutusraporttien pohjalta. Selvityksen perusteella tuulivoimaloihin törmäävien lintujen ja lepakoiden määrä vaihtelee paljon eri lajien ja lajiryhmien välillä. Voimaloiden sijoituspaikalla on keskeinen merkitys eläinten törmäyskuolleisuudessa.

Luonnontieteellisen keskusmuseon tekemän arvion perusteella tuulivoiman lisärakentaminen ei todennäköisesti aiheuta Suomessa merkittävää uhkaa lintujen ja lepakoiden populaatioille, jos tuulivoimalat sijoitetaan sellaisille alueille, joissa lajien tiheydet ovat alhaisia ja törmäysten todennäköisyydet mahdollisimman vähäisiä. Tarve lisätutkimuksiin on kuitenkin olemassa, jotta varmistetaan, ettei rakentaminen uhkaisi törmäyksille tai häirinnälle alttiiden lajien populaatiokokoja tulevaisuudessakaan.

Riistaeläinten sopeutuminen tuulivoima-alueille huolettaa paikoitellen metsästäjiä. Ruotsissa tehdyn selvityksen mukaan maanisäkkäät todennäköisesti häiriintyvät alueella rakentamisesta sekä alueen lisääntyneestä aktiivisuudesta, jos esimerkiksi tuulivoimaloiden luo johtavat tiet lisäävät ulkoilu- ja metsästystoimintaa alueella. Sen sijaan itse tuulivoimaloiden toiminta ei näyttäisi niitä häiritsevän. Kotimaassa on nähty esimerkkejä siitä, että riistaeläimet itseasiassa hakeutuvat tuulivoimaloiden läheisyyteen.

Kasvillisuudelle tuulivoimalaitoksista ei ole juuri haittaa, kunhan vältetään voimaloiden ja teiden sijoittamista kohtiin, joissa on uhanalaisia kasveja. Tuulen pyörteisyyden vähentämiseksi tuulivoimalaitoksen läheisyydessä ei ole suotavaa olla korkea tai ainakaan epätasaista metsää. Niinpä voimalaitokset useimmiten pyritäänkin sijoittamaan jo valmiiksi aukeille paikoille.

Kaikella energiantuotannolla on ympäristövaikutuksia. Oleellisinta kokonaisuuden kannalta on hyötyjen ja haittojen tasapaino. Tuulivoimatuotannon päästöttömyys on sen merkittävin etu ja ympäristö hyöty siten sähköntuotannon päästöjen pienenemisestä.

Lähteet:

- Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5 | 2016. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4634-3>

Miten tuulivoimaloiden maisemavaikutusta arvioidaan?

Tuulivoimalat vaikuttavat maiseman rakenteeseen, luonteeseen ja laatuun. Tuulivoimaloiden suuren koon vuoksi niiden visuaaliset vaikutukset korostuvat tuulivoimarakentamisessa. Maiseman osatekijöiden tunnistaminen ja maisemaan liittyvien vuorovaikutussuhteiden ymmärtäminen, sekä maiseman tilallisten ja esteettisten ominaisuuksien hahmottaminen on pohja tuulivoimarakentamisen maisemavaikutusten arvioinnille ja haitallisten vaikutusten lieventämiselle. Tuulivoimarakentamisen maisemavaikutuksia koskeva tietämys on lisääntynyt ja arviointimenettelyt ovat kehittyneet tuulivoimarakentamisen edetessä. (Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa 2016.)

Tuulivoimaloiden maisemavaikutusten arvioinnissa aineistona käytetään muun muassa näkemäaluekarttaa ja havainnekuvia. Näkemäaluekartta huomioi maanpinnan muodot sekä peitteisyyden ja näiden perusteella antaa kuvan alueista, mistä voimalat on mahdollista nähdä. Havainnekuvilla tai -videoilla suunnitellut tuulivoimalat on sijoitettu sen hetkiseen maisemaan. Kuvia voidaan ottaa eripuolilta ja eri etäisyyksiltä suunnitellusta voimalapaikasta. Näiden avulla voidaan arvioida maisemavaikutuksia huomioiden erityisesti mm. valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet. Aineiston perusteella voidaan tuottaa analyysi hankkeen vaikutusalueen maisemakuvasta ja maisemarakenteesta, jonka perusteella saadaan käsitys siitä, mikä on maiseman sietokyky. Tähän tietoon pohjautuen voidaan arvioida tuulivoimahankkeesta aiheutuvien maisemavaikutusten merkittävyttä ja ylittyykö maiseman sietokyky.

Lähteet:

- Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa. Suomen ympäristö 1 | 2016. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/160313>

Kuinka lähelle asutusta tuulivoimalan voi rakentaa?

Tuulivoimaloiden sopiva etäisyys asutuksesta riippuu alueen maastosta, alueelle suunnitellusta tuulivoimalasta ja alueen muusta maankäytöstä. Tuulivoimalan äänen kantautuminen asutukseen sekä valon ja varjon vaihtelu asuinrakennusten pihassa arvioidaan aina tapauskohtaisesti mallinnuksilla. Mallinnustuloksia arvioidaan voimassa oleviin ohjearvoihin.

Pientuulivoimalaitosten etäisyyttä asutuksesta ei ole näin tarkasti määritelty. Niiden osalta rakennus- ja toimenpideluvat ja niihin liittyvä naapurien kuulemismenettely on katsottu riittäväksi.

Lähteet:

Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016, <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4634-3>

- OH 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/OH_22014_Tuulivoimaloiden_melun_mallinta\(28436\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/OH_22014_Tuulivoimaloiden_melun_mallinta(28436))
- Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista, <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>

Kuinka suuri alue tuulivoimapuisto on?

Tuulivoimapuistolla tarkoitetaan useiden lähelle toisiaan rakennettujen tuulivoimaloiden muodostamaa kokonaisuutta. Näin ollen tuulivoimapuiston pinta-ala riippuu siitä, montako tuulivoimalaa siihen kuuluu.

Tuulivoimalat sijoitetaan useiden satojen metrien etäisyydelle toisiinsa nähden muun muassa roottorin koosta, voimaloiden lukumäärästä ja sijoituskuviosta riippuen. Suuret tuulivoimalat (3–5 MW) sijoitetaan tavallisesti 400–1000 metrin etäisyydelle toisistaan. Suomen oloissa iso 50 MW tuulivoimapuisto vaatii noin 2 km x 3 km alueen.

Voiko tuulivoimapuiston aluetta käyttää samanaikaisesti muuhun tarkoitukseen?

Rakentamisvaiheen jälkeen tuulivoimapuistoalueella voi harjoittaa maa- ja metsätaloutta normaalisti aivan tuulivoimaloiden vierustoja lukuun ottamatta. Aluetta voi käyttää edelleen normaalisti metsästykseseen, marjastukseen tai muuhun ulkoiluun. Hyvin hoidettu tiestö helpottaa usein metsäalueille pääsyä.

Tanskassa ja Saksassa tuulivoimapuistot sijaitsevat tyypillisesti pelloilla, joilla lehmät laiduntavat. Ruotsissa taas tuulivoimalaitoksia on paljolti rakennettu syrjäisille metsäalueille. Tuulivoimaloiden toiminnan kannalta on parempi, että lähialueella ei kasva korkeaa eikä etenkin epätasaista metsää, joka aiheuttaa tuuleen pyörteitä ja vähentää energian tuotantoa.

Merituulivoimapuistojen alueella voi rakentamisvaiheen jälkeen yleensä harjoittaa veneilyä ja kalastusta, lukuun ottamatta pohjatroulausta, joka voisi vahingoittaa kaapeleita (tai kaapelit voisivat vahingoittaa troolia).

Lentääkö tuulivoimaloiden lavoista jäätä?

Talviaikaan tuulivoimaloiden lapoihin voi kertyä kylmän ilman ja ilmassa olevan veden kohtaamisesta johtuvaa jääkertymää. Tästä johtuen tuulivoimaloiden lapoihin asennetaan anturit, jotka tunnistavat jään aiheuttaman epätasapainon. Voimala osataan näin ollen pysäyttää, mikäli jäätä pääsee syntymään.

Vaikka tuulivoimalan lavoista voi tietyissä olosuhteissa tippua jäätä, on hyvin epätodennäköistä, että voimalasta irtoava jää osuisi ihmiseen. Jäätymistä tapahtuu pääosin niinä aikoina, jolloin alueen muu käyttö on vähäistä – esimerkiksi metsien virkistyskäyttö on talviaikaan vähäisempää. Suomessa tuulivoima-alueilla, joissa liikutaan paljon talvisinkin, on paikoitellen asennettu varoituskyttilit ja -valot, joissa kehoitetaan valojen vilkkuessa välttämään oleskelua voimaloiden läheisyydessä.

Ilmatieteenlaitoksen julkaisemasta jäätämislaksesta (<http://www.tuuliatlas.fi/jaatamisatlas/>) tarkistetaan etukäteen, onko odotettavissa, että suunnitellulla tuulivoima-alueella on korkea riski jään kertymisestä lapoihin. Tällaisille alueille rakennettaviin voimaloihin on suositeltua asentaa lapalämmitys, joka estää jään kertymisen voimalan lapoihin tai sulattaa lapaan kertyneen jään.

Aiheuttavatko tuulivoimalat melua?

Lähes kaikesta ihmisen toiminnasta syntyy ääntä, niin myös tuulivoimasta. Mikäli ihminen kokee äänen häiritseväksi, ääni lasketaan meluksi. Ihmisten on siedettävä jonkin verran toistensa aiheuttamia ääniä. Esimerkiksi suuri osa suomalaisista altistuu päivittäin liikenteen melulle. Ihmiset ovat yksilöllisiä melun kokemisen suhteen.

Tuulivoimaloiden ääni on uudenlainen elementti suomalaisten äänimaisemassa. Vieräs äänilähde herättää helposti kysymyksen siitä, onko tuulivoimaloiden ääni jotenkin haitallisempaa kuin muut äänet. Uudet ja uudenlaiset äänilähteet koetaan yleensä häiritsevämmäksi kuin jo olemassa olevat ja ennestään tutut äänet. Tuulivoimaloiden aiheuttamat melutasot ovat yleisesti selvästi pienempiä kuin melutasot esimerkiksi

vilkkaiden teiden ja katujen läheisyydessä. Tutkimusten mukaan tuulivoimalan äänessä ei myöskään ole mitään sellaista komponenttia, jota ei jo olisi meitä ympäröivissä äänilähteissä.

Ihmistoiminnoille sallittavista melutasoista säädetään Suomessa melutasoja koskevin ohjearvoina, joita sovelletaan maankäytön suunnittelussa, uusien toimintojen suunnittelussa ja lupakäytännöissä. Ohjearvot on asetettu siten, että niiden mukaiset tasot eivät aiheuta kohtuutonta haittaa tai häiriötä.

Kuitenkin, vaikka äänitasot alittaisivat selvästi toiminnalle asetetut ohjearvot, voi joku kokea äänen häiritseväksi. Tuulivoima-alueiden tapauskohtainen ja huolellinen äänimallinnus onkin onnistuneen hankekehityksen edellytys.

Lähteet:

- Hongisto & Oliva 2017

Miten tuulivoimaloiden ääntä arvioidaan etukäteen?

Tuulivoimaloiden suunnitteluvaiheessa tehtävillä melumallinuksilla arvioidaan äänitasoja, joita tuulivoimalat voivat aiheuttaa normaalissa tilanteessa. Melumalleilla ei kuitenkaan voida arvioida luotettavasti esimerkiksi tuulivoimaloiden aiheuttamia äänitasoja voimakkaissa inversiotilanteissa. Tämä koskee kaikkea muutakin äänen laskennallista arviointia (liikennemelu, teollisuusmelu) tuulivoimaloiden ääni ei tässä tapauksessa ole mikään poikkeus. Melun laskentamallit toimivat kuitenkin hyvin normaaleissa leviämisolosuhteissa ja mittaustulokset vastaavat hyvin laskennallisesti arvioituja melutasoja.

Alalla on noudatettu kulloinkin parasta tietotaitoa mallinuksissa. Ympäristöministeriön (YM) äänen mallinnusohjeet on julkaistu 2/2014 ja VTT:n suositus valmistui kesällä 2013. Valtioneuvoston asetuksessa tuulivoimamelun ohjearvoista on tuulivoimaloille annettu 5-10 dB alemmat ohjearvot kuin muille melulähteille. Mallinnusohjeissa suositellaan käyttämään huomattavasti tiukempia parametreja kuin Euroopassa pääasiassa käytetään. Näin varmistetaan, etteivät mallinnuksen antamat arvot ylity kiinteistöillä.

Lisäksi ohjeissa edellytetään mallintamaan erikseen matalataajuisen melun leviäminen, jolloin varmistetaan, ettei matalataajuinen ääni aiheuta kohtuutonta häiriötä. Ennen vuotta 2014 rakennettuja voimaloita ei ole voitu mallintaa ao. ohjeiden mukaisesti eivätkä näiden mittaustulokset ole osoitus siitä, etteivät mallinnusohjeet toimi.

Mallinuksia verrataan tuulivoimaloiden ääniohjearvoihin. Valtioneuvoston asetus (2015) tuulivoimaloiden ääniohjearvoista linjaa, että Suomessa tuulivoimaloiden ääni ei

saa talojen tai loma-asuntojen välittömässä läheisyydessä ylittää päivällä 45 desibeliä ja yöllä 40 desibeliä.

Lähteet:

- Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016, <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4634-3>
- OH 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/OH 22014 Tuulivoimaloiden melun mallinta\(28436\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/OH_22014_Tuulivoimaloiden_melun_mallinta(28436))
- Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista, <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>

Aiheuttavatko tuulivoimalat välkettä?

Välkettä syntyy tuulivoimalan liikkuvien lapojen varjosta, kun voimala sijaitsee auringon ja tarkastelupaikan välissä. Keskellä kesäpäivää aurinko on korkealla ja heittovarjo on pieni. Syksyisenä ja talvisena auringonpaisteisena päivänä, kun aurinko paistaa matalalta, varjo ulottuu kauemmas.

Tuulivoimapuiston rakennuslupaa myönnettäessä tämä välke otetaan huomioon. Kun voimalaitosten sijoittelussa huomioidaan riittävä melusuojaetäisyys asutukseen, vältetään yleensä samalla myös välkkymishaitoilta.

Valon ja varjon vaihtelulle ei ole Suomessa ohjearvoja, mutta vaihtelun vaikutuksia mallinnetaan ja sitä verrataan Saksan ja Ruotsin arvoihin. Valon ja varjon vaihtelulla voi olla vaikutuksia hyvinvointiin, mutta johtuen suurten voimaloiden hitaasta pyörimisnopeudesta varsinaista terveysriskiä ei muodostu. Lisäksi valon ja varjon vaihtelu on havaittavissa vain aurinkoisina päivinä ja tiettyinä kellonaikoina, eli vain joinain tunteina vuodessa.

Miten tuulivoimaloiden lentoestevalot vaikuttavat ympäristöön?

Suomen ilmaturvallisuusmääräysten vuoksi kaikissa yli 60 metriä korkeammissa rakennelmissa tulee olla varoitusvalot. Tuulivoimaloiden lentoestevalot takaavat voimaloiden näkymisen lentäjille myös öiseen aikaan. Yöt ovat myös aikaa, jolloin valoista voidaan kokea eniten häiriötä. Lentoestevalojen kirkkausvaatimuksista vastaa Suomessa Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi.

Lentoestevalovaatimuksia on lievennetty vastaamaan lähemmin monien muiden maiden vastaavia vaatimuksia. Lievennyksen myötä yöllä sallitaan lähiasukkaita vähemmän häiritsevä tasaisesti palava punainen valo välähtävän kirkkaan valon sijaan.

Uusi säädös tuli voimaan 2013 keväällä, joten käytännössä sen vaikutukset näkyvät vasta tämän jälkeen rakennetuissa voimaloissa.

Euroopassa on kehitetty tutkajärjestelmiä, joiden ansiosta valot voisivat olla sammuksissa, kunnes tutka havaitsee lentokoneen tai helikopterin. Suomen oloissa järjestelmää aletaan testata lähiaikoina.

Myös vanhoihin voimaloihin voidaan vaihtaa uusien ohjeiden mukaiset lentoestevalot, mikäli vanhoista lentoestevaloista on ollut haittaa alueen asukkaille. Kaikkialla valojen vaihto ei kuitenkaan onnistu ihan helposti, sillä tällä hetkellä Trafi edellyttää erillisten tornivalojen laittamista yli 150 m korkeisiin voimaloihin. Tornivalojen laittaminen vanhoihin voimaloihin taas ei aina ole voimalarakenteen tai voimalavalmistajan turvallisuussäädösten vuoksi yksinkertaista, joten jossain tapauksissa uusien ohjeiden mukaisten lentoestevalojen asentaminen ei onnistu.

TERVEYS

Onko tuulivoimalla kuultavalla äänellä terveysvaikutuksia?

Tuulivoimaloiden äänen vaikutuksia asuinympäristössä on tutkittu sekä Suomessa että kansainvälisesti. Nykyisen tutkimustiedon mukaan tuulivoimaloiden äänellä ei ole havaittu suoria terveysvaikutuksia. Ainoa negatiivinen terveysvaikutus voi olla äänen häiritsevyys. Tuulivoimalan ääni voi häiritä ollessaan hyvin kuultavaa, mutta erot kokemusten suhteen ovat hyvin yksilöllisiä. Suomessa tuulivoiman ääniohjearvot ovat tasolla, jolla häiritsevyyden on tutkimuksissa osoitettu olevan pientä.

Tuulivoimaloiden äänitasot asutuksen luona ovat yleisesti selvästi pienempiä kuin äänitasot esimerkiksi vilkkaiden teiden ja katujen läheisyydessä. Tutkimusten mukaan tuulivoimaloiden äänen häiritsevyyteen vaikuttavat äänitasoa enemmän erilaiset välilliset muuttujat kuten voimalan näkyminen asuntoon tai pihamaalle, asenteet maisemavaikutuksia kohtaan, taloudellinen hyötyminen tuulivoimaloista ja se kuinka kauan voimalat ovat olleet toiminnassa sekä luottamus paikallisiin viranomaisiin.

Tuulivoimaloiden sijoittaminen tapahtuu aina viranomaisten antamia selkeitä ohjeita noudattaen. Ympäristöministeriö on laatinut tuulivoimaloiden äänelle omat mallinnus- ja mittausohjeensa (2014) ja tuulivoimaloiden ulkoäänentaso on määritelty lainsäädännössä (2015). Lisäksi määräykset sisätiloissa sallituista äänitasoista koskevat tuulivoimaa siinä missä muitakin äänilähteitä.

Tuulivoimaloiden ääni on luonteeltaan vaihtelevaa, mistä syystä ihminen voi kokea sen helposti muita samantasoisia ääniä häiritsevämpänä. Äänen vaihtelevuus on myös huomioitu valtioneuvoston asettamissa tuulivoiman ääniohjearvoissa, ja tuulivoiman ääntä säädelläänkin Suomessa muita äänilähteitä tiukemmin. Mallinnusohjeita on testattu Suomessa myös käytännössä ja ohjeen mukaisten äänimallinnusten on todettu vastaavan hyvin käytännön mittaustuloksia.

Tutkimusten perusteella noin 10 % väestöstä kokee tuulivoimaloiden äänen häiritseväksi asunnon sisäpuolella, kun äänitaso ulkona ylittää 40 dB(A). Tiedeyhteisö on kuitenkin yksimielinen siitä, että yhteyttä esimerkiksi tuulivoimalamelun äänitason ja unenlaadun välillä ei ole löytynyt puhuttaessa alle 45 desibelin ulkoäänitasosta. Valtioneuvoston asetus (2015) tuulivoimaloiden ääniohjearvoista linjaa, että Suomessa tuulivoimaloiden ääni ei saa talojen tai loma-asuntojen välittömässä läheisyydessä ylittää päivällä 45 desibeliä ja yöllä 40 desibeliä.

Vaikka ääni ei itsessään ongelmaa aiheuttaisikaan, voivat kielteiset odotukset ja uskomukset äänen terveysvaikutuksesta itsessään aiheuttaa tai lisätä oirekokemuksia. Jotta epätieteelliset väitteet eivät pääsisi leviämään ja aiheuttamaan huolta, on aihetta hyvä tutkia lisää.

Tutkimustietoa:

Bauer M, Sander-Thömmes T, Ihlenfeld A, Kühn S, Kühler R, Koch C. 2015. Investigation of perception at infrasound frequencies by functional magnetic resonance imaging (fMRI) and magnetoencephalography (MEG):

Referoidussa tutkimuksessa tutkittiin, aiheuttavatko eritasoiset infraäänit aivovasteita. Äänet soitettiin kuulokynnystasolla sekä tästä korkeammilla tasoilla, ja näillä äänitasoilla aivoissa voitiin havaita vasteita. Äänen voimakkuudet olivat kuitenkin kuulokynnyksen tuntumassa tai selvästi kuulokynnyksen yläpuolella; tutkimus ei siis kerro mitään ei-kuultavista infraäänistä, koska kaikki käytetyt infraäänit ovat todennäköisesti aiheuttaneet kuuloaistimuksen samalla kun aivovaste on mitattu. Tieteelliset tutkimukset ovat toistuvasti todenneet, että tuulivoiman infraääni ei ylitä kuulokynnystä, eli on ei-kuultavaa ääntä.

Tachibana. H., Yano. H., Fukushima. A. & Sueoka. S. 2014. Nationwide field measurements of wind turbine noise in Japan. Noise Control Engr. J 62 (2).

Tutkimus edustaa tähän saakka laajinta tuulivoimaloiden ääntä koskevaa tutkimusta. Tulokset ovat erityisesti infraäänien mittausten osalta kattavimmat. Japanissa tutkittiin noin 3 vuoden aikana ääntä 29 tuulipuistossa ja 164 eri pisteessä. Kyseessä olivat pääasiassa 1 – 3 MW voimalat noin 100 – 1000 metrin etäisyydellä mittauspisteistä. Mittaustulosten mukaan infraäänien tasot jäivät merkittävästi alle kuulokynnyksen. Vastaava tulos saatiin myös tarkoista infraäänimittauksista Suomessa (TEM raportti, 2017). Infraäänitasot olivat tässä mittauksessa selvästi alle kuulokynnyksen jo voimalan lähellä emissiomittausetäisyydellä (noin 200m).

Crichton. F., Dodd. G., Schmid. G., Gamble. G. & Petrie. K. J. 2013. Can Expectations Produce Symptoms From Infrasound Associated With Wind Turbines? Health Psychology, vol 33.

Tutkimuksessa testattiin ennakkotietojen vaikutusta kokemukseen tuulivoimaloiden äänestä. 54 koehenkilöä altistettiin tutkimuksessa 10 minuutin jaksoille infraääntä ja valeinfraääntä. Puolet osallistujista ohjattiin informaation pariin, joka viittaa infraäänien aiheuttavan negatiivisia terveysvaikutuksia ja puolelle esitettiin todisteita siitä, että tuulivoimaloiden infraäänillä ei ole terveysvaikutuksia. Tutkimustulosten mukaan ryhmä, joka oli saanut tietoa negatiivisista terveysvaikutuksista, raportoi kasvaneista oirekokemuksista ja vaikutuksista molempien äänialtistusten kohdalla. Tulokset viittaavat siihen, että esimerkiksi tiedotusvälineissä tai internetissä jaettu tieto

negatiivisista terveysvaikutuksista voi itsessään vaikuttaa lisäävästi oireiden kokemiseen.

Salminen. E. 2013. Ympäristöyliherkkyys – taistelua tuulimylyjä vastaan? Suomen Lääkärilehti 19. Lataa julkaisu täältä: [http://www.potilaanlaakarilehti.fi/.../ymparistoherkkyys.../...](http://www.potilaanlaakarilehti.fi/.../ymparistoherkkyys.../)

Erilaisista keskusteluista voi saada kuvan, että ympäristövaikutusten aiheuttama terveysoireilu on yleismaailmallinen ilmiö, joka seuraa teknistä kehitystä. Nocebo -ilmiö liittyy terveysoireiluun, missä kielteiset odotukset tuottavat haitallisia terveysvaikutuksia. Kielteisen ajattelun katsotaan aiheuttavan oireiluksi muuttuvaa sairastumiskierrettä. Tällöin oireilun taustalla on vahva usko siihen, että jokin syytekijä vaikuttaa oireitten syntyyn. Teoria on vahvistunut, kun tutkimuksissa on todettu, että kohdehenkilöiden oireilu lisääntyy, jos heille painotetaan jonkin ympäristötekijän mahdollista vaikutusta terveyteen. Vain pieneltä osalta tuulivoimaloista oireilevista potilaista – samoin kuin sähköherkkydestä kärsiviltä – löytyy objektiivisesti tunnistettavia ja hoidettavia sairauksia.

KANADAN LAAJA TERVEYSTUTKIMUS

Kanadan terveysviranomaisen (Health Canada) on yhdessä kansallisen tilastoinnista vastaavan viranomaisen kanssa toteuttanut laajan epidemiologisen tutkimusprojektin, jonka tavoitteena on selvittää tuulivoimaloiden äänen yhteyttä raportoituihin oireisiin tuulivoimaloiden lähialueilla ja kerätä tietoa äänen mahdollista vaikutuksista lähiasukkaisen terveyteen. Tutkimusprojektin tuloksista on julkaistu seitsemän eri tutkimusraporttia.

Tutkimus on merkittävä, sillä se on ensimmäinen, jossa kerättiin fysiologisia näytteitä tuulivoimaloiden lähellä asuvilta. Aineistonhankinta tehtiin keräämällä itseraportoitua aineistoa ja objektiivista terveydentilan mittausta aineistoa (hiusten kortisolipitoisuus, verenpaine, syke, unimonitorointi) tuulivoimaloista 600 metrin – 10 kilometrin etäisyydellä asuvilta henkilöiltä. Tämän lisäksi tehtiin äänimittauksia (4000 tuntia).

Tulokset toistavat pitkälti samaa, mitä aiempi tutkimus aiheesta: Terveysvaikutusten ja tuulivoimalan äänen väliltä ei löytynyt yhteyttä. Tutkimustulosten mukaan subjektiivisesti arvioidulla ja objektiivisesti mitatulla stressitasolla ei ole yhteyttä tuulivoimaloiden äänelle altistumiseen (46 dB L_{Aeq} saakka ulkotiloissa). Tutkimuksen tulokset eivät myöskään tue sitä, että unenlaadun häiriintymisellä ja tuulivoimaloiden äänellä (46 dB L_{Aeq} saakka ulkotiloissa) olisi tilastollisesti merkittävää yhteyttä.

Lähteet:

- Hongisto. V. 2014. Tuulivoimalamelun terveysvaikutukset. Työterveyslaitos.
- Turunen. A. & Lanki. T. 2015. Tuulivoimamelun terveys- ja hyvinvointivaikutukset. Ympäristö- ja Terveys -lehti nro 5.

- Janhunen, S., Hynynen, K., Grönman, A., Hujala, M., Kuisma, M., Härkönen, P., Rantonen, J. & Kolari, P. 2016. Tuulivoimamelun häiritsevyys kahdella tutkimuspaikkakunnalla Suomessa. LUT School of Business and Management.
- Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results

Onko tuulivoimaloiden infraäänellä terveysvaikutuksia?

Infraääni on ääntä, jonka taajuus (Hz) on alle 20 Hz. Voimakkuudesta riippuen infraääni on joko kuultavaa tai jää kuulokynnyksen alapuolelle. Sitä on jatkuvasti joka puolella ympärillämme, niin luonnossa, omassa kehossamme kuin erilaisissa teollisissa prosesseissakin. Altistumme ei-kuultavalle infraäänelle väistämättä joka päivä. Infraääntä tuottavat esimerkiksi tuuli, aallot, liikenne, pyykinpesukone, keinuminen, kävely jne.

Tuulivoimaloiden infraäänien äänenpainetasoja on mitattu ympäri maailmaa, myös Suomessa. Mittaustulokset osoittavat poikkeuksetta, että tuulivoimaloiden ääni jää selkeästi alle kuulokynnyksen. (mm. H. Tachibana ym 2014.). Tutkimusten mukaan infraäänien pitäisi olla korvin kuultavissa, jotta sillä olisi vaikutuksia terveyteen (G. Leventhall 2007.)

Näyttöä infraäänien haitallisista vaikutuksista ihmisen hyvinvointiin ei ole saatu, mutta tutkimukset ovat osoittaneet, että huoli mistä tahansa asiasta voi aiheuttaa todellisia oireita. Ilmiötä kutsutaan nocebo -efektiksi, ja sitä on tutkittu myös tuulivoimaloiden infraäänien osalta.

On hyvä, että tuulivoiman äänen vaikutusta tutkitaan lisää. Lisätiedon avulla voidaan toivottavasti estää virheellisen tiedon leviäminen ja huolen syntyminen.

Lähteet:

- Crichton, F., Dodd, G., Schmid, G., Gamble, G. & Petrie, K. J. 2013. Can Expectations Produce Symptoms From Infrasound Associated With Wind Turbines? *Health Psychology*, vol 33.
 - Leventhall, G. 2007. *What is infrasound*. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, vol 93.
 - Tachibana, H., Yano, H., Fukushima, A. & Sueoka, S. 2014. *Nationwide field measurements of wind turbine noise in Japan*. *Noise Control Engr. J* 62 (2).
-

YHTEISKUNTA

Onko tuulisähkö kallista?

Kun tarkastellaan sähköntuotannon uusia investointeja, on maalle rakennettava tuulivoima tällä hetkellä kustannuksiltaan yksi edullisimmista tavoista tuottaa sähköä.

Lähteet:

- Vakkilainen E. ja Kivistö A, 2017: Sähkön tuotantokustannusvertailu. <http://www.doria.fi/handle/10024/143861>
- <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-10-06/solar-wind-reach-a-big-renewables-turning-point-bnef>
- <http://about.bnef.com/press-releases/wind-solar-boost-cost-competitiveness-versus-fossil-fuels>
- <https://www.lazard.com/media/2390/lazards-levelized-cost-of-energy-analysis-90.pdf>
- Energia- ja ilmastostrategia 2016: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>
- Uusiutuvan sähkön investoinnit 2016: <http://gwec.net/global-figures/wind-in-numbers/>
- IEA: <https://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2015SUM.pdf>

Mistä tuulivoiman kustannukset muodostuvat?

Tuulivoiman kustannukset muodostuvat investointikustannuksista sekä käytön aikaisista huolto- ja käyttökustannuksista. Polttoainekustannuksia tuulivoimassa ei ole. Nyökkisäännön mukaan maatuulivoiman investointikustannukset ovat noin 1500–1700 €/kW, meritulivoimalaitoksissa 1,5 – 2 kertaa näin suuret (Syöttötariffityöryhmän väliraportti, 2009).

Harvalla toimijalla on valmiina investoinnin mahdollistavia taloudellisia resursseja ja tuulivoimahankkeet rakennetaan lainarahoituksella. Rahoituskustannukset voivat olla jopa 40 prosenttia hankkeen tuotantokustannuksista. Tuulivoiman tuotantokustannusten kannalta onkin erittäin olennaista, millä ehdoin lainaa saa. Mitä suurempi oman pääoman osuusvaatimus ja mitä korkeampi lainan korko ovat, sitä korkeammat ovat tuulivoiman tuotantokustannukset. Tästä syystä investointiympäristön riskittömyydellä on suuri merkitys tuotantokustannusten määräytymiseen: Riskialtis ja heittelevä investointiympäristö tarkoittaa myös suurempia rahoituskustannuksia

Vuotuiset kunnossapitokustannukset ovat 1,5 – 3 % luokkaa investointikustannuksista (tai 12 – 18 EUR/MWh) (Syöttötariffityöryhmän väliraportti, 2009). Mitä suurempi tuulivoimapuisto, sitä edullisempaa on voimalaitosten ylläpito.

Merituulivoimapuistoissa huoltokuluja lisää erikoiskaluston tarve kuljetuksissa sekä ajoittainen vaikeapääsyisyys tuulivoimaloihin. Muut käyttökustannukset, vakuutukset ym. ovat pieni osa huoltokustannuksista.

Tuulivoiman tuotantokustannuksiin (€/kWh) vaikuttaa investointikustannusten ja käyttö- ja kunnossapitokustannusten lisäksi se, kuinka paljon tuulivoimala tuottaa energiaa ja mikä voimalan elinikä on.

Lähteet:

- Työ- ja elinkeinoministeriön asettaman Syöttötariffityöryhmän väliraportti, 2.4.2009
Wind energy, the Facts, vol 2, EWEA
-

Mitä tarkoitetaan energiamurroksella?

Energiamurroksella tarkoitetaan siirtymää fossiilispainotteisesta energiantuotannosta ja -käytöstä uusiutuvaan ja hiilidioksidipäästöttömään energiaan. Käytännössä tämä tarkoittaa puhtaiden energiantuotantotapojen (esim. tuuli-, aurinko-, ja aaltovoima) laajempaa käyttöönottoa ja vanhojen tapojen (esim. kivihiili, maakaasu, öljy) poistumista markkinalta. Tämän lisäksi murrokseen liittyy sähkömarkkinoiden rakenteellinen muutos, kun siirrytään kulutuksen ohjaamasta sähköjärjestelmästä tuotantopainotteiseen järjestelmään. Kulutuksen joustamisen tapoja lisätään ja siitä tulee yksi uusi tapa säätää sähkömarkkinaa.

Murroksen suurimpana ajurina on ilmaston lämpeneminen ja sen haitalliset vaikutukset ympäristölle. Energiamurroksen kautta pyritään pääsemään tilanteeseen, jossa maapallon lämpeneminen saadaan pysäytettyä ja energiaa voidaan tuottaa paitsi riittävästi myös kestävästi.

Energiamurros on jo laajasti käynnissä Euroopassa ja muualla maailmassa, missä energiajärjestelmiä muutetaan yhä kiihtyvämällä tahdilla uusiutuviksi. Esimerkiksi Ruotsissa on voimakas tahtotila pyrkiä kohti 100 prosenttisesti uusiutuvaa energiajärjestelmää 2040 mennessä. Lisäksi Ruotsi on sitoutunut lisäämään 18 TWh uusiutuvaa sähköntuotantoa 2030 mennessä. Myös Saksa on sitoutunut jatkamaan uusiutuvan sähköntuotannon lisärakentamista. Suomi linjaa energia- ja ilmastostrategiassaan (2016), että vuonna 2030 uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta ylittää noin 50 prosenttiin ja energian hankinnan omavaraisuus 55 prosenttiin. Lisäksi Suomi pyrkii täysin hiilidioksidineutraaliin energiajärjestelmään 2050 mennessä.

Lähteet:

- <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79189>

Voiko Suomi jättäytyä energiamurroksen ulkopuolelle?

Suomi on osa pohjoismaista sähkömarkkinaa ja muiden pohjoismaiden ratkaisut vaikuttavat sähkömarkkinaan, sähkön hintaan sekä meillä kulutettavaan energiaan (sähköstä n. 20 – 25 % tuodaan Suomeen vuosittain). Ruotsilla ja Tanskalla on sitoumukset lisätä vielä huomasti uusiutuvaa energiaa, mikä on pääosin tuulivoimaa.

Suomi voi jättää uusiutuvan energian investoinnit tekemättä ja niiden tuomat työllisyys-, vero- ja muut hyödyt saamatta, mutta maailmanlaajuista tai edes pohjoismaista energiamurrosta Suomi ei pysty pysäyttämään. Maailmalla uusiutuvaan energiaan panostetaan mitään muuta energiantuotantomuotoa enemmän.

Haluavatko suomalaiset lisää tuulivoimaa Suomeen?

Tuulivoima on ollut pitkään aurinkovoiman jälkeen Suomen toiseksi halutuin tapa tuottaa sähköä, ja tutkimuksen mukaan suomalaiset haluavat tuulivoimaa edelleen lisättävän. Vuotuisen Energiateollisuus ry:n Energia-asenteet tutkimuksen mukaan 80 % (2018) suomalaisista haluaa lisää tuulivoimaa. Myös Tampereen teknillisen yliopiston vuonna 2016 suorittaman selvityksen mukaan kansalaisista 77 % ja päättäjistä 74 % haluavat lisätä tuntuvasti tai jonkin verran tuulivoiman käyttöä Suomessa.

Tuulivoimapaikkakunnilla tehtyjen tutkimusten mukaan alueen asukkaat ovat pääsääntöisesti sopeutuneet tuulivoimaan hyvin ja vain hyvin harvat kokevat siitä haittaa. Kuntapäättäjille syksyllä 2016 tehdyn kyselyn mukaan valtaosa kuntapäättäjistä, 64 %, on tyytyväisiä kunnassaan toteutettuihin tuulivoimahankkeisiin (Aula Research 2017).

Lähteet:

- Energiateollisuus Aula Reseach 2017
- <https://el-tran.fi/2017/10/31/energia-alan-paattajien-ja-kansalaisten-asenteellinen-etaisyys-on-supistunut-vuosina-2007-2016/>

Työllistääkö tuulivoima?

Tuulivoimahankkeiden suunnittelu ja rakentaminen työllistävät Suomessa noin 2200 henkilöä ja tuulivoimakomponenttien valmistus noin 2000 – 3000 henkilöä. Yhteensä puhutaan siis noin 5000 työpaikasta.

Tuulivoimaloiden työllistävää vaikutusta selvittäneessä raportissa (Sweco 2015) todetaan, että suurin tuulivoimaloiden työllistävä vaikutus tulee käyttövaiheessa. Yhden tuulivoimalan työllistävä vaikutus on arvioitu olevan yhteensä noin 37 henkilötyövuotta, joista käyttövaiheen osuus on 24 henkilötyövuotta.

Huollossa on monta tasoa, joista nopean vasteajan tiimin tulee aina sijaita tuulipuistoa lähellä. Tuulivoimalavalmistaja tai itsenäinen huoltoyritys palkkaa nämä tiimit omiin nimiinsä tai ostaa paikalliselta palvelun tarjoajalta. Erityisosaamista vaativa voimalakohtainen osaaminen tulee tuulivoimavalmistajalta. Myös tuulivoimaloiden etäseuranta hoidetaan usein ulkomailta keskitetysti, mutta tämä on vain pieni osa kokonaisuutta.

Suomessa on monta tuulivoimahuoltoihin erikoistunutta yritystä, jotka kasvattavat osuuttaan huoltomarkkinoilla ja ovat pystyneet palkkaamaan lisää suomalaista henkilökuntaa. Lisäksi Suomessa on lapahuoltoon, - säätöön ja - korjauksiin erikoistuneita yhtiöitä, jotka ovat kasvattaneet toimintaansa kotimaassa ja myös ulkomailla.

Tuulipuisto vaatii muutakin kunnossapitoa kuin tuulivoimaloiden huollon. Tähän kuuluu muun muassa teiden, rakennelmien ja sähköverkon ylläpito sekä kunnostustyöt. Näistä vastaa suurelta osin paikallinen henkilöstö, koska vaadittavat vasteajat ovat lyhyitä ja työn tarve ennalta arvaamatonta. Lisänä tulevat epäsuorat työpaikat, jotka syntyvät hankepaikkakunnille etenkin vilkkaan rakennusvaiheen aikana. Usealla paikkakunnalla esimerkiksi hotellit ovat olleet koko rakentamisajan täynnä tuulivoimahankkeiden vuoksi.

Lähteet:

- Sweco 2015
- [http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/622-Tuulivoiman tyollistava vaikutus Raportti 20 1 2015.pdf](http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/622-Tuulivoiman%20tyollistava%20vaikutus%20Raportti%201%202015.pdf)
- Teknoliateollisuus 2015
- Tuulivoimateollisuuden tiekartta 2014-2017:
- [http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/520-finnish-wind-industry-roadmap-2014 2017.pdf](http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/520-finnish-wind-industry-roadmap-2014-2017.pdf)

Kuinka paljon Suomeen voisi rakentaa tuulivoimaa?

Suomen tuulivoimapotentiaali on moninkertainen nyt käytössä olevaan kapasiteettiin (2041 MW / 6 TWh) nähden. STY:n keväällä 2019 päivitetyn hankelistan mukaan Suomessa on yli 16 000 megawattia suunnittelussa olevia tuulivoimahankkeita. Kaikki hankkeista eivät todennäköisesti toteudu eri syistä, kuten alueen tuulisuuden tai luontoarvojen vuoksi. Suuri osa hankkeista on kuitenkin jo pitkällä, sillä noin 7000

MW:lla hankkeista on jo kunnan myöntämä kaava tai kaava ja rakennuslupa. Tuulivoimalla (2018) Suomen sähkönkulutuksesta katetaan noin 7 prosenttia.

Teknologian tutkimuskeskus VTT:n mukaan uusi tuulivoimateknologia mahdollistaa Suomessa yli 300 terawattitunnin vuotuisen tuotannon, kun huomioidaan vain hyvätuulisimmat kohteet ja maankäytön rajoitukset. Tuulivoiman potentiaali ylittää siten moninkertaisesti Suomen vuotuisen sähkön kulutuksen, joka oli vuonna 2016 86 terawattituntia. (VTT 2017.)

Lähteet:

- STY:n hankelista (päivitetty 02/2019)

Miten kunta ja paikalliset asukkaat hyötyvät tuulivoimasta?

Jatkossa kunnan tehtävissä korostuu entistä voimakkaammin alueen elinvoiman turvaaminen. Tuulivoima on hajautettua sähköntuotantoa, joten useat kunnat hyötyvät tuulivoiman mukanaan tuomista miljoonainvestoinneista.

Tuulivoimarakentamisessa erityisesti maanrakennustöiden osalta käytetään mahdollisuuksien mukaan paikallista työvoimaa, eikä suuren perustuksen betoniakaan tuoda matkojen takaa. Moni paikallinen maanrakennusalan yrittäjä onkin voinut kasvattaa toimintaansa tuulivoimatyömaiden myötä. Koko tuulipuiston elinkaaren ajan on paljon kysyntää myös majoitus-, ravintola- ja muille tuulivoima-alan ulkopuolisille palveluille. Etenkin rakennusaikana tuulivoimaloiden pystyttämiseen erikoistuneet työmiehet piristävät paikallista elinkeinoelämää huomattavasti. Esimerkiksi lissä ja Sodankylässä majoituskapasiteetti on ollut kovassa käytössä vuosien ajan tuulivoimahankkeiden ansiosta.

Tuulivoiman suurin työllistävä vaikutus tulee kuitenkin käytöstä ja kunnossapidosta. Nyrkkisäännön mukaan kymmenisen voimalaa vaatii kaksi huoltajaa työssäkäyntialueelle. Voimalatoimittajat ovat perustaneet kattavan huoltoverkoston ympäri maata Sodankylästä Hyrynsalmelle, listä Luhankaan ja Haminaan. Voimalavalmistajat ovat rekrytoineet kymmeniä ja kymmeniä huoltoteknikoita viime vuosina, ja moni onkin voinut palata kotiseudulleen saatuaan töitä tuulivoima-alalta.

Kunta saa tuulivoimasta kiinteistöverotuloa. Verokertymän suuruus vaihtelee monista tekijöistä riippuen, mutta karkeasti arvioiden veroa kertyy ensimmäisenä vuonna noin 23 000 euroa voimalalta. Verokertymä pienenee voimalan iän myötä, mutta tuulivoimala ei saavuta elinkaarensa aikana minimiverotusarvoaan.

Voimalaitoksen maksimikiinteistöveroprosentilla (3,1 %) yhdestä 3 MW tuulivoimalasta elinkaaren aikana maksettava kiinteistövero on yli 410 000 euroa. Etenkin pienelle kunnalle, jossa tuulivoimaloita on paljon, verokertymä on merkittävä tulollisä kuntataloudelle.

Tuulivoimasta maksetaan tyypillisesti korvausta laajemmalle alueelle kuin vain tuulivoimalan sijaintikohdan maanomistajalle. Suomessa onkin jo suuri joukko maanomistajia, jotka saavat lisätuloa tuulivoimasta. Tuulivoima sijoittuu Suomessa tyypillisimmin ennestään muokattuun metsätalousmaastoon. Maanomistajan näkökulmasta tuulivoiman tuoma tuotto on parempi kuin saman alueen tuotto vain metsätaloukskäytössä.

Tuulivoimalan välitön lähiympäristö raivataan puustosta vapaaksi, mutta pääsääntöisesti alue säilyy metsätalouden, virkistystoiminnan ja muun toiminnan käytössä. Sen lisäksi, että tuulivoima tuo maanomistajalle vuokratuloja, hyödyttää parannettu tieverkosto esimerkiksi metsätalous-, metsästy- ja virkistyskäyttöä.

Kuinka paljon tuulivoimalat tuovat kiinteistöverotuloja kunnille?

Vuoden 2017 loppuun saakka tuulivoimaloiden kiinteistövero määräytyi kunnan yleisen kiinteistöveroprosentin mukaan, joka vuonna 2016 oli kunnasta riippuen 0,80 – 1,55 prosenttia. Vuoden 2018 alusta lähtien tuulivoimalat kuuluvat kunnan voimalaitosten kiinteistöveron piiriin, joka voi olla maksimissaan 3,1 prosenttia. Käytännössä tämä tarkoittaa, että yli 10 MW suuruisten tuulipuistojen kiinteistöverokertymä kaksin-kolminkertaistuu riippuen kunnassa käytössä olevista kiinteistöveroprosenteista. Kunnat määrittävät itse kiinteistöveroprosenttinsa.

Tuulivoimalasta kiinteistöverotettavaa kiinteistöä ovat perustukset, torni sekä konehuoneen runko. Koneet ja laitteet eivät kuulu kiinteistöveron piiriin. Nyrkkisäännön mukaan tuulivoimalan investointikustannuksista noin 30 % kuuluu kiinteistöveron piiriin. Tuulivoimalan ikäalennus on 2,5 %, jolla verotusarvo laskee vuodessa, kunnes saavuttaa minimiverotusarvon. Ikäalennus on niin matala, että tuulivoimala ei saavuta minimiverotusarvoaan koko elinkaarensa aikana.

Voidaan arvioida, että korkeimmalla voimalaitoksen kiinteistöveroprosentilla (3,1 %) yli 10 MW maatuulipuistossa sijaitsevan 3 MW tuulivoimalan elinkaaren (23 vuotta) kiinteistöverokertymä on noin 410 000 euroa. Kymmenen voimalan puisto tuottaa tässä tapauksessa kunnalle elinkaarensa aikana siis yli 4 miljoonaa euroa. Koska merituulivoimalassa on maatuulivoimalaa kalliimpi perustus ja torni, on merituulivoimaloista maksettava kiinteistövero noin kolminkertainen maatuulivoimalasta maksettavaan kiinteistöveroon verrattuna.

Ruotsissa tuulivoimaloiden kiinteistöverotus on huomattavasti alhaisempi; samasta yksittäisestä 3 MW voimalasta maksettaisiin siellä veroa koko elinkaaren ajalta noin 86 000 euroa.

Valuvatko tuulivoimaan satsatut rahat ulkomaille?

Suurin osa Suomeen rakennetuista tuulivoimahankkeista on suomalaisessa omistuksessa ja ne rakennetaan suomalaisvoimin. STY:n tilastojen mukaan Suomeen rakennetuista tuulivoimaloista 70 prosenttia oli vuoden 2018 lopussa suomalaisomistuksessa.

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) selvitti vuonna 2015 tuulivoimasta kotimaahan jäävien rahavirtojen suuruuden. Selvityksen mukaan tuulivoiman elinkaaren aikaisista rahavirroista 59 % jää Suomeen hyödyttämään kotimaista yritystoimintaa. Saman selvityksen mukaan tuulivoimahankkeen elinkaaren aikana tehdystä työstä on 76 % suomalaisilla toimijoilla teetettyä työtä.

Lähteet:

- Laasonen, Työ- ja elinkeinoministeriö, 2015 STY:n tilastot

Miksi tuulivoimaa ei rakenneta kauas asutuksesta?

Tuulivoima-alueen valinnassa punnitaan tuotantokustannusten lisäksi vaikutukset ihmistoimintoihin ja luontoon. Tuulivoimahanke tarvitsee toteutuakseen kattavan teknisen infrastruktuurin (tiestö, sähköverkko) olemassaolon. Jo asutuilla paikoilla tämä infrastruktuuri on yleensä jo valmiiksi olemassa, jolloin tuotetun sähkön tuotantokustannukset pysyvät alhaisempina. Myös yhteiskunta hyötyy edullisesta sähköstä. Tuulivoima muuttaa maisemaa ja siitä syystä on luonnollista, että sitä suunnitellaan alueelle, jossa maisema on jo valmiiksi ihmisen muokkaama. Rakennetuilla alueilla tuulivoimaloiden ääni ei myöskään nouse samalla tavalla huomion arvoiseksi tekijäksi kuin erämaan hiljaisuudessa.

Tarvitaanko tuulivoimalle kilometriperustaista etäisyyttä asutukseen?

Eri voimalamallit ovat ominaisuuksiltaan erilaisia. Myös sijoituspaikat ovat erilaisia maaston muotojen, vesistöjen sijainnin ja monien muiden äänen kantautumiseen vaikuttavien seikkojen suhteen. Jokaisen tuulivoimahankkeen kohdalla on syytä mallintaa erikseen voimalat sekä arvioida niiden vaikutukset ja sopiva etäisyys asutukseen. Myös tuore Suomessa toteutettu tuulivoiman äänen häiritsevyyttä koskeva tutkimus antaa tukea sille, että suojaetäisyys tulisi valita tuulivoima-alueen melupäästön mukaan. (Hongisto, Oliva & Keranen 2017)

Tuulivoimalle sallittavista äänitasoista säädetään Suomessa ääniohjearvoilla, joita sovelletaan maankäytön ja uusien toimintojen suunnittelussa sekä lupakäytännöissä. Valtioneuvosto hyväksyi tuulivoimaloille uudet ohjearvot elokuussa 2015. Asetus

linjaa, että tuulivoimaloiden ääni ei saa pysyvän tai vapaa-ajan asutuksen ulkoalueilla ylittää yöllä 40 dB(A) ja päivällä 45 dB(A) rajaa.

Ääniohjearvoilla ei pyritä siihen, ettei tuulivoimalan ääni olisi koskaan kuultavissa, vaan ohjearvot on asetettu tasolle, jolla tuulivoimalan ääni ei aiheuta ihmisille kohtuutonta häiriötä. Kuitenkin, vaikka äänitasot alittaisivat selvästi toiminnalle asetetut ohjearvot, voi joku kokea äänen häiritseväksi.

Lisäksi Suomessa on käytössä alan huipputasoa oleva tuulivoimaloiden äänen mallinnus- ja mittausohjeistus (Ympäristöministeriö 2014). Tuulivoima-alueiden tapauskohtainen ja huolellinen äänimallinnus on onnistuneen hankekehityksen edellytys.

Lähteet:

- Valtioneuvosto 2015
- Ympäristöministeriö 2014
- Valtteri Hongisto, David Oliva & Jukka Keranen: Indoor noise annoyance due to 3–5 megawatt wind turbines—An exposure–response relationship <https://www.epressi.com/tiedotteet/kotimaa/tutkimus-ei-tue-kiinteita-suojaetaisyksia-tuulivoimaloihin.html>

Vaikuttaako tuulivoima matkailuun?

Skotlannissa on tutkittu tuulivoimaloiden vaikutuksia matkailuun. Tulosten perusteella tuulivoimaloiden vaikutus matkailijoiden innokkuuteen palata turistikohteeseen näyttää olevan pieni. Tuulivoimapuistot voidaan sijoitella niin, että luontomatkakohteista osa säilyy tuulivoimalattomina. Toisaalta tuulivoimapuistoja voi myös hyödyntää alueen ympäristöystävällisyyden markkinoinnissa.

- <http://www.scotland.gov.uk/resource/doc/214910/0057316.pdf>

Joidenkin arvioiden mukaan tuulivoimaloita voidaan pitää turistinähtävyyksinä, jotka lisäävät alueen houkuttelevuutta matkailijoiden silmissä.

- [http://www.offshore-stiftung.com/60005/Uploaded/Offshore Stiftung%7C2013 04SBO SOW tourism study final web.pdf](http://www.offshore-stiftung.com/60005/Uploaded/Offshore%20Stiftung%7C2013%2004SBO%20SOW%20tourism%20study%20final%20web.pdf)

Vaikuttaako tuulivoima kiinteistöjen arvoon?

Maailmalla (mm. USA, Tanska, UK) on tehty useita tutkimuksia tuulivoimaloiden vaikutuksesta kiinteistöjen arvoon. Tutkimukset eivät ole osoittaneet, että

tuulivoimalla olisi vaikutusta kiinteistöjen myyntihintoihin – hintatasoa selittävät useat muut tekijät. Ruotsissa tehty selvitys esimerkiksi toteaa, että voimaloiden lähellä olevat asunnot olivat tyypillisesti muuta maata edullisempia esim. syrjäisen sijainnin tai teollisuuslaitosten takia jo ennen voimaloiden suunnittelua.

Laajin tutkimuksista on tehty USA:ssa vuonna 2013. Tutkimuksessa tarkasteltiin noin 50 000 asuntokauppaa yhdeksässä eri osavaltiossa ja kaikissa hankevaiheissa valmiit tuulivoima-alueet mukaan lukien. Aineistosta ei löytynyt tilastollisia viitteitä kiinteistöjen arvon alenemisestä tuulivoima-alueiden lähialueilla.

- http://emp.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-6371e_0.pdf
- <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/vindication-don-quixote>
- <http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm/RenewableUK-Cebr-Study-The-effect-of-wind-farms-on-house-prices>
- USA: <http://emp.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-6362e.pdf>
- https://www.natverketforvindbruk.se/Global/Planering/Vindkraftisikte10091_5.pdf

Miksi ei mieluummin rakenneta kiinteistökohtaista kuin teollisen kokoluokan tuulivoimaa?

Pienillä ja suurilla tuulivoimalaitoksilla on molemmilla oma luontevin käyttökohteensa. Tuuli- ja aurinkosähkön tuotantoon on markkinoilla tarjolla kiinteistökohtaisia laitteita, samoin kuin on olemassa polttoöljyllä toimivia sähköaggregaatteja.

Kiinteistökohtaisilla tuuli- ja aurinkovoimaloilla voidaan varmistaa sähkönsaanti kohteissa, jotka ovat kaukana sähköverkosta. Niillä voidaan myös kattaa osa sähkökulutuksesta ja vähentää riippuvuutta sähköyhtiöistä kiinteistöissä, jota on liitetty sähköverkkoon. Kiinteistökohtaisten voimaloiden sähköntuottoteho on huomattavasti pienempi kuin teollisen kokoluokan tuulivoimalan tuottama sähkö. Yksi 3 MW tuulivoimala tuottaa vuodessa saman verran sähköä, mitä 300 omakotitaloa kuluttaa vuodessa.

SÄHKÖMARKKINAT

Miten tuulivoima vaikuttaa Suomen huoltovarmuuteen?

Suomessa, Pohjoismaissa ja Euroopassa sähkön hinta nousi merkittävästi 2021 loppukesän ja syksyn aikana saavuttaen Suomessa tähänastisen huippunsa joulukuussa 2021. Sähkön tukkumarkkinahintojen nousun taustalla on moninaisia erilaisia syitä, jotka vaikuttavat markkinahintoihin ja vaikutussuhteet ovat monimutkaisia. Euroopassa

vallitseva sotatilanne on entisestään hämärtänyt tulevaisuudenkuvaa ja energian saatavuuden varmuutta. Sähkön hintaa on nostanut liiallinen riippuvuus fossiilisista polttoaineista ja epävakaa maailman tilanne.

Merkittävin tekijä melko pitkään vallinneiden nousseiden ja kalliiden sähkön hintojen taustalla on Euroopassa kaasun riittävyys huolista seurannut kaasun, ja sen perässä hiilen kohonnut hinta. Myös päästöoikeuksien voimakkaasti kohonneet hinnat nostavat fossiilisen energiantuotannon

Suomessa on rajallinen määrä tuonnista täysin riippumattomia energiantuotantomuotoja. Energiaturvallisuuden vuoksi tällaiset kotimaiset energialähteet kannattaa hyödyntää täysimääräisesti. Näin emme ole niin riippuvaisia ulkovaltojen energiapolitiikasta. Tuulivoima on kotimaista, uusiutuvaa, polttoainevapaata energiaa. Mitä enemmän sitä rakennetaan Suomeen, sitä enemmän meillä on omaa tuotantoa, mikä lisää huoltovarmuutta.

Suurin riski energian saatavuuteen on tunnistettu Suomen kansallisessa riskiarviossa tilanteeksi, jossa tapahtuu samanaikaisesti kaksi suurta häiriötilannetta huippukulutuksen aikana. Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi suuren ydinvoimalaitoksen ja siirtoyhteyden yhtäaikainen vikaantuminen. Tuulivoima on hajautettua kotimaista energiantuotantoa, joka vähentää siirtoyhteyksien ja suurten laitosten tuotannon merkittävyyttä tällaisissa häiriötilanteissa.

Lähteet:

- Liski 2015 https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2907997
- https://energia.fi/energiapolitiikka/ajankohtaista_sahkomarkkinoista

TUULIVOIMALAT

Mikä on tuulivoimalan elinkaari ja voiko ne kierrättää?

Tuulivoimaloiden tekninen käyttöikä on 20 – 25 vuotta. Tekniikan kehitys on tähän asti ollut niin nopeaa, että voimalaitosten taloudellinen käyttöikä on kuitenkin usein jäänyt teknistä käyttöikää lyhemmäksi, ja samoille paikoille on rakennettu uusia suurempia ja tehokkaampia voimaloita ennen 20 vuoden täyttymistä.

Minne käytetyt voimalaitokset joutuvat? Lähes 80 prosenttia koko tuulivoimalasta on kierrätettävissä. Voimaloiden metallikomponenttien (teräs, kupari, alumiini, lyijy) osalta kierrätysaste on jo nykyisin hyvin korkea, yleensä jopa lähes 100 %.

Betoniperustukset voidaan jättää paikoilleen, jos alueen teollisena alueena käyttö jatkuu, tai ne kerätään ja murskataan täyttömaaksi tai kaatopaikalle. Itse turbiinin

sisältävät mekaaniset ja sähkötekniset laitteet romutetaan ja hyödynnettävät aineet otetaan talteen samaan tapaan kuin muistakin koneista. Muoviosat voidaan hyödyntää energijätteenä.

Kierrätyksen kannalta ongelmallisimpia ovat lavoissa käytetyt lasikuitu- ja epoksimateriaalit, joiden uusiokäyttö ei sellaisenaan vielä ole mahdollista. Näin ollen lavat pitää toimittaa jätteenkäsittelylaitokselle, jossa ne murskataan, ja murska sijoitetaan keräilyalueelle. Joissain tapauksissa lavoista voidaan tehdä käyttö- tai taidesineitä.

Lähteet:

- B Nalukowe et al, Life Cycle Assessment of a Wind Turbine
- Vestas, 2005, Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0 MW turbines. Retrieved on 20/05/2006

Kuinka nopeasti tuulivoimala maksaa sen rakentamisen ja pystyttämiseen käytetyn energian takaisin?

Pystytetyn tuulivoimalan energiantuotanto riippuu sijoituspaikan tuulisuudesta ja voimalan ominaisuuksista. Suomessa kannattavaksi arvioidulle sijoituspaikalle rakennettu yksi kolmen megawatin maatuulivoimalaitos tuottaa 7500 – 9000 MWh sähköä vuodessa.

Euroopan tuulienergiajärjestö EWEA on arvioinut, että tuulivoimala tuottaa sen valmistamiseen, pystyttämiseen, kunnossapitoon ja käytöstä poistoon tarvittavan energian takaisin 3 – 6 kuukaudessa (EWEA). Toisissa lähteissä on varovaisesti päädytty noin yhden vuoden energiatakaisinmaksu-aikaan (esim Nalukowe et al, 2006).

Lähteet:

- EWEA, European wind Energy Association web pages, FAQ
- B Nalukowe et al, Life Cycle Assessment of a Wind Turbine

Kuinka paljon tuulivoimalaitoksien rakentamiseen kuluu harvinaisia materiaaleja?

Tuulivoimalaitoksen tornit ovat terästä tai betonia, eli ne koostuvat varsin tavallisista materiaaleista. Perustukset, kuten mitkä tahansa rakennusten perustukset, ovat betonia ja terästä. Konehuone rakennetaan varsin tavanomaisista sähköteknisistä ja mekaanisista laitteista, joissa on terästä, valurautaa, kuparia ja jonkin verran alumiinia (Nalukowe et al, 2006). Roottorit tehdään lasikuidusta ja hiilikuiduista.

Kestomagneetteja käyttävissä generaattoreissa käytetään neodymiumia. Neodymiumia käytetään yleisesti elektroniikassa esim. kaiuttimissa, puhelimissa, sähkömoottoreissa jne. Tuulivoimaloihin käytetään vain häviävän pieni osa koko maailmassa käytettävästä neodymiumin määrästä. Magneetteja valmistetaan myös Suomessa.

Lähteet:

- B Nalukowe et al, Life Cycle Assessment of a Wind Turbine

Jääkö tuulivoimaloiden purkaminen maanomistajan huoleksi?

Purkamiseen liittyvistä asioista sovitaan maanomistajan ja tuulivoimayhtiön välillä jo maanvuokrasopimuksessa. Tuulivoimaloiden purusta vastaa aina voimaloiden omistaja. Tuulivoimahankkeen yhteydessä voidaan perustaa rahasto tai asettaa vakuus, josta purkukustannukset katetaan, jos omistaja ajautuisi konkurssiin tai tapahtuisi jotakin muuta odottamatonta. Omistajayritysten konkurssit ovat kuitenkin Suomen markkinoilla epätodennäköisiä. Esimerkiksi kunnallisten sähkölaitosten tai suurten sähkön käyttäjien yhdessä omistamien, niin kutsuttujen mankalatoimintamallin yhtiöiden tapauksessa konkurssia ei tyypillisesti pidetä mahdollisena omistajayhtiöiden merkittävän koon vuoksi.

Hankkeiden lainarahoitusta myöntäessään pankit arvioivat toimijan vakavaraisuuden ja hankkeen taloudellisen potentiaalin erittäin kriittisesti ja kattavasti. Mahdollisen konkurssin kuitenkin sattua voimat siirtyvät pankin omaisuudeksi, mikäli lainapääomaa ei ole maksettu takaisin. Tämän jälkeen omistus jää konkurssipesälle, joka voi myydä omaisuuden jälkimarkkinoille. Mikäli voimalaa ei myydä asennettavaksi toiseen paikkaan, voidaan 80 % voimalan osista kierrättää.

Myös tuulivoimalle kaavoitetulla ja rakennutulla alueella on jälkimarkkinat: mikäli paikalla on hyvät tuuliolosuhteet, valmis infrastruktuuri houkuttelee uusia toimijoita, jotka vastaavat myös vanhojen voimaloiden purkamisesta, mikäli alkuperäinen omistaja ei niin tee.

Lähteet:

- <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietopankki/tuulivoimaloiden-purku-ja-kierratys>

Paljon tuulivoimalat tuottavat sähköä ja mitä tarkoittaa huipunkäyttöaika?

Tuulivoimalaitokset tuottavat sähköä täydellä nimellistehollaan (esim. 3 MW), kun tuuli on varsin voimakas. Täyden tehon saavuttamisraja on laitekohtaista, mutta useimmiten raja on noin 12-14 m/s. Heikommilla tuulilla voimalaitokset tuottavat vähemmän energiaa ja aivan alhaisilla tuulenopeuksilla (noin 4 m/s ja sen alle) ne pysähtyvät.

Huipunkäyttöajalla tarkoitetaan sitä laskennallista tuntimäärää, jonka tuulivoimalaitoksen pitäisi toimia täydellä teholla tuottaakseen saman energian, mitä se todellisuudessa vuodessa tuottaa. Myös vesivoimalaitosten yhteydessä käytetään samaa termiä.

Tuulivoimaloiden huipunkäyttöajat ovat kasvaneet voimakkaasti teknologian kehittymisen, korkeampien tornien ja pitempien lapojen ansiosta. Suomessa hyvätuulisella paikalla maatuulivoimalan huipunkäyttöaika on vuonna 2017 noin 3000 tuntia. Merituulivoimalan huipunkäyttöaika on huomattavasti tätä korkeampi, noin 3700 - 4000 tuntia.

Tuottavatko tuulivoimalaitokset sähköä pakkasella?

Me ihmiset havaitsemme tuulen alle kahden metrin korkeudella maanpinnasta ja useimmiten kaukana sieltä, missä tuulivoimaa tuotetaan – suojaisella asuinalueella toimistotalon seinänvierustalla tai metsän siimeksessä. Tuulenopeus kasvaa kuitenkin nopeasti ylöspäin mentäessä. Reilusti yli sadan metrin korkeudella maanpinnasta avoimella merenrannalla tai tunturin huipulla tuulee useimmin myös pakkasilla. Tuulisuus kuitenkin vaihtelee päivittäin ja myös tuulettomia pakkaspäiviä voi esiintyä.

Tuulivoiman tuotanto vaihtelee kuukausittain ja vuosittain. Suomessa talvikuukaudet ovat selvästi kesäkuukausia tuulisempia ja tuulienergiaa tuotetaan eniten juuri kylminä kuukausina, jolloin myös energiankulutus on suurinta. Suuremmasta ilmantiheydestä johtuen pakkasella tuulesta saadaan enemmän energiaa kuin lämpimällä ilmalla. Tuulivoiman tuotanto painottuu loka - maaliskuulle, joiden aikana on yleisesti tuotettu noin 60 % vuotuisesta tuulisähkötuotannosta.

Miksi tuulivoimalat pysähtyvät myrskyssä?

Tuulivoimalat pysäytetään, kun tuulenopeus ylittää sen kestävyys- ja turvallisuusvaatimukset, jotta laiterikoilta tai vaaratilanteilta vältyttäisiin.

Tuulivoimaloiden suunnittelustandardeissa (IEC 61400) on asetettu vaatimukset sille, minkälaiset kestävyys- ja turvallisuusvaatimukset voimalan on täytettävä. Nämä vaatimukset vaihtelevat sijoituspaikan tuulisuuden mukaan. Käytännössä tämä

tarkoittaa sitä, että kovatuuliselle paikalle rakennetaan rajumpaa tuulta kestävä ja kovia tuulia paremmin hyödyntävä voimala kuin heikkotuuliselle alueelle, jossa tavoitellaan maksimaalista energiantuotantoa vallitsevilla heikoilla ja keskimääräisillä tuulilla.

Heikon tuulen voimalaitosten tuotantokyky on hyvä alhaisemmilla tuulilla mm. pitempien lapojen ja korkeamman tornin vuoksi. Ne kuitenkin pysäytetään tyypillisesti jo 20 - 25 m/s tuulella ja lavat ohjataan asentoon, jossa voimalaan kohdistuu mahdollisimman pieni mekaaninen rasitus.

Kovatuulisten paikkojen voimalat vastaavasti antavat parhaimman tuotantonsa selvästi navakammilla tuulilla, ja niitä voi käyttää aina 30 m/s tuulennopeuksiin saakka, joskus jopa pidempään. Tilastollisesti voimalat pysäyttäviä tuulennopeuksia esiintyy Suomessa vain hyvin harvoin.

Lähteet:

- IEC 61400-1