

Tutkija, FT Anu Turunen
Johtava tutkija, dosentti, FT Timo Lanki
Terveysten ja hyvinvoinnin laitos
Asuinympäristö ja terveys -yksikkö, Kuopio

Tuulivoimamelun terveys- ja hyvinvointivaikutukset

Tuulivoimamelun mahdolliset vaikutukset terveyteen ja hyvinvointiin aiheuttavat usein huolta tuulivoima-alueiden lähellä asuvissa, ja osin siksi jotkut hankkeet ovat kohdanneet paikallista vastustusta. Valitettavasti vaikutuksista on edelleen vähän laadukkaita tieteellisiä tutkimuksia.

Tuulivoimamelu koetaan kuitenkin varsin häiritseväksi ja se sisältää pientaajuista ääntä, joka tunkeutuu tehokkaasti sisätiloihin. Varovaisuus on siis perusteltua ja tuulivoima-alueet tulisi sijoittaa riittävän kauas asutuksesta. Kun noudatetaan käytössä olevia ohjeita ja toimenpiderajoja, on epätodennäköistä, että merkittäviä terveys- ja hyvinvointihaittoja aiheutuu. On erittäin tärkeää, että suunnitteluvaiheessa tuulivoimamelun mallinnus on luotettavaa, ja tuotantovaiheessa on suositeltavaa seurata toteutuvia äänenpainetasoja sekä lähialueiden asukkaiden kokemuksia. Tieteellistä tutkimustietoa tarvitaan lisää erityisesti tuulivoimamelun häiritsevyydestä ja univaikutuksista.



Suomen energia- ja ilmastostrategian mukaan tuulivoimatuotannon tulisi kymmenkertaistua nykyisestä vuoteen 2025 mennessä. Tuulivoima on lähes päästötöntä uusiutuvaa energiaa, ja fossiilisten polttoaineiden käytön korvaaminen tuulivoimalla suojelee väestön terveyttä vähentämällä haitallisia pienhiukkaspäästöjä ja hidastamalla ilmastonmuutosta. Tästä huolimatta tuulivoimarakentamiseen ja -tuotantoon on kohdistunut sekä Suomessa että muualla paikallista vastustusta. Osa suunnitteilla olevien tuulivoima-alueiden lähellä asuvista on huolissaan tuulivoimatuotannon mahdollisista haitoista, erityisesti turbiinien tuottaman melun terveysvaikutuksista. Toimenpiteitä vaatineita paikallisia meluongelmia onkin esiintynyt myös Suomessa. Toisaalta tarpeetontakin huolta ovat aiheuttaneet paljon julkisuutta saaneet ulkomaiset ei-tieteelliset tapausselostukset, joissa on raportoitu tuulivoimalan läheisyydessä asuvien ihmisten tuulivoimameluun liittämiä hyvin moninaisia oireita. Lisäksi huoli terveys- ja hyvinvointihaitoista saattaa toisinaan sekoittaa huoleen muista haitoista, kuten maiseman muuttumisesta, luontovaiikutuksista ja tuulivoiman koetusta kalleudesta energiantuotantomuotona. Keskustelu tuulivoimamelun terveysvaikutuksista onkin voimakkaasti polarisoitunut.

Mitä terveys- ja hyvinvointivaikutuksista tiedetään?

Tuulivoimamelun terveys- ja hyvinvointivaikutuksista on vain vähän epidemiologisia vertaisarvioituja tutkimuksia, ja niidenkin menetelmällinen laatu vaihtelee. Tiedon tarpeesta kertoo, että tieteellistä näyttöä yhteen vetäviä systemaattisia katsauksia ja raportteja on lukumääräisesti enemmän kuin alkuperäistutkimuksia.

On selvää, että tuulivoimalan tuottama melu häiritsee ja aiheuttaa unihäiriöitä,

jos tuulivoimala sijoitetaan hyvin lähelle asutusta. Ulkomaisissa epidemiologisissa tutkimuksissa tuulivoimamelun äänenpainetaso onkin ollut yhteydessä häiritsevyyden kokemukseen joidenkin olemassa olevien tuulivoimapuistojen läheisyydessä. Tutkimuksissa ei kuitenkaan ole ollut nähtävissä selvää annos-vastesuhdetta eli häiritsevyyden kokemuksen johdonmukaista yleistymistä äänenpainetason kasvaessa, tai kynnyksarvoa, jonka jälkeen häiritsevyyden yleistyisi selvästi (Kuвано ym. 2014, Pawlaczyk-Łuszczczyńska ym. 2014, Janssen ym. 2011, Pedersen 2011, Pedersen ym. 2009). Tuulivoimamelun yhteydestä unihäiriöihin (Kuвано ym. 2014, Pedersen 2011, van den Berg ym. 2008) ja elämänlaatuun (Shepherd ym. 2011) ei juurikaan ole selkeää epidemiologista näyttöä. Tämänhetkisen tutkimustiedon perusteella on joka tapauksessa epätodennäköistä, että tuulivoimamelulla olisi vaikutuksia terveyteen tai hyvinvointiin ainakaan alle 40 dB:n (ulko)äänepainetasoilla.

Tutkimuksissa on havaittu, että äänenpainetason lisäksi häiritsevyyteen vaikuttavat mm. asenteet tuulivoimaa ja tuulivoimahanketta kohtaan, huoli terveysvaikutuksista, maiseman muuttuminen tuulivoimarakentamisen seurauksena, mahdollinen taloudellinen hyötyminen tuulivoimasta ja yksilöllinen meluherkkyys. On kuitenkin hyvä tiedostaa, että aiheuttajasta riippumatta voimakas häiritsevyyden kokemus, stressi, huoli, pelko tai muut negatiiviset tunteet sekä vakavat unihäiriöt voivat pitkään jatkuaessaan johtaa terveyden ja hyvinvoinnin heikkenemiseen. Useissa tutkimuksissa onkin havaittu, että häiritsevyyden kokemus selittää unihäiriöitä ja muita terveys- ja hyvinvointivaikutuksia enemmän kuin mitattu tai mallinnettu äänenpainetaso (Kuвано ym. 2014, Pawlaczyk-Łuszczczyńska ym. 2014, Pedersen 2011, Pedersen ja Persson Wayne 2007).

Tuulivoimaloiden tuottaman melun

sanotaan usein olevan häiritsevämpää kuin esimerkiksi liikennemelu. Tämä on raportoitu ainoastaan yhdessä epidemiologisessa tutkimuksessa (Janssen ym. 2011), jonka mukaan sisätiloissa tuulivoimamelusta häiriintyneiden osuus alkaa kasvaa alhaisemmilla ulkomelutasoilla kuin teollisuusmelusta tai lento-, tie- ja raideliikenteen melusta häiriintyneiden osuus. Aiheesta on myös yksi kokeellinen altistumistutkimus, jossa tutkittavat kokivat tuulivoimamelun yhtä häiritseväksi kuin valtatiemelua samalla äänenpainetasolla, mutta melulähteen tunnistaminen lisäsi tuulivoimamelun häiritsevyyttä (Van Renterghem ym. 2013). On kuitenkin uskottavaa, että tuulivoimalan tuottama ääni on akustisten ominaisuuksiensa vuoksi häiritsevämpää kuin vaikkapa tasainen liikennemelu. Tuulivoimamelussa esiintyy luontaisesti turbiinin lapojen tuottamaa äänenvoimakkuuden ajallista vaihtelua (amplitudimodulaatiota, merkityksellistä sykintää), jota kuvaillaan suhahtavaksi, jyskyttäväksi tai hakkaavaksi ääneksi, johon on vaikeaa tottua. Lisäksi tuulivoimamelussa on pientaajuista ääntä, joka vaimenee edetessään vähemmän kuin korkeammat taajuudet ja tunkeutuu tehokkaasti rakenteiden läpi.

Meluhäiriöiden esiintymiseen vaikuttaa myös se, että useimmista muista ympäristömelun lähteistä poiketen tuulivoimalan ääni syntyy korkealla, joten sen eteneminen on esteetöntä. Tuulivoimamelu ei myöskään vaimene yöksi kuten esimerkiksi liikennemelu, vaan pikemminkin korostuu, kun taustamelutaso on matalampi kuin päiväaikaan. Lisäksi illalla ja yöllä esiintyy päiväaikaan useammin meteorologisia olosuhteita, jotka saattavat voimistaa ääntä.

Ajoittain myös tuulivoimamelun sisältämä infraääni on herättänyt huolta. Sen määrästä on erilaisia näkemyksiä, mutta vallitsevan käsityksen mukaan nykyaikaiset vastatuuliturbiinit tuottavat infraääntä hyvin vähän verrattuna aiemmin raken-

nettuihin myötätuuliturbiineihin (Jakobsen 2012). Infraäänen vaikutuksista terveyteen ei juurikaan ole tieteellistä näyttöä – toisaalta tutkimuksia on varsin vähän (Health Protection Agency 2010). On kuitenkin epätodennäköistä, että infraäänellä olisi terveys- tai hyvinvointivaikutuksia tuulivoimaloiden ympäristössä toteutuvilla äänenpainetasoilla.

Toisinaan tuulivoimaloiden lähellä asuvat kokevat tuulivoimamelun aiheuttavan yleisluonteisia oireita kuten väsymystä, päänsärkyä, pahoinvointia, huimausta, levottomuutta, sekavuutta, keskittymisvaikeuksia ja paineen tunnetta korvissa. Tämän tuuliturbiinisyndroomaksi kutsutun oireilun taustalla saattavat olla tuulivoimatuotantoon liittyvät pelot ja nk. nocebo-vaikutus, jossa negatiiviset odotukset synnyttävät negatiivisia vaikutuksia (Salminen 2013).

Tuulivoimamelun sääntely Suomessa

Tällä hetkellä Suomessa suunnitteluvaiheessa olevien tuulivoima-alueiden vähimmäisetäisyys lähimmistä asuinrakennuksista määritetään mallintamalla laskennalliset äänenpainetasot ulkona turbiinivalmistajan antaman melupäästön takuuarvon perusteella, ja vertaamalla niitä ympäristöministeriön tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjearvoihin (Ympäristöministeriö 2012) (Taulukko 1). Tulevaisuudessa suunnitteluohjearvot korvaa valmisteilla oleva valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden melutason ohjearvoista asuinrakennuksen ulkopuolella. Asetusluonnoksessa (17.11.2014) on ehdotettu vapaa-ajan asutukselle samoja päivä- ja yöajan ohjearvoja kuin pysyväle asutukselle, jolloin vapaa-ajan asutusta koskevat ohjearvot nousisivat asetuksen myötä 5 dB nykyisestä. Tämä on terveysnäkökohdista perusteltua, koska loma-asunnossa vietetään tyypillisesti vähemmän aikaa. On

Taulukko 1. Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason suunnitteluohjeavrot.

	Päiväajan keskiäänitaso ulkona L_{Aeq} (klo 7–22)	Yöajan keskiäänitaso ulkona L_{Aeq} (klo 22–7)
Asumiseen käytettävillä alueilla, loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamissa, virkistysalueilla	45 dB	40 dB
Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamien ulkopuolella, leirintäalueilla, luonnonsuojelualueilla*	40 dB	35 dB
Muilla alueilla	ei sovelleta	ei sovelleta

Mikäli tuulivoimalan ääni on laadultaan erityisen häiritsevää eli ääni on tarkastelupisteessä soivaa (tonaalista), kapeakaistaista tai impulssimaista tai se on selvästi sykkivää (amplitudimoduloitua eli äänen voimakkuus vaihtelee ajallisesti), lisätään laskenta- tai mittaustulokseen 5 dB ennen suunnitteluohjeavrotta.

* Yöarvoa ei sovelleta luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

vielä epävarmaa, sisällytetäänkö asetukseen merkityksellinen sykintä yhdeksi kriteeriksi erityisen häiritsevälle äänelle, johon sovelletaan 5 dB matalampia ohjeavroja.

Terveys- ja hyvinvointivaikutusten kannalta sisämelutaso on ratkaiseva. Sisätiloissa

tuulivoimameluun sovelletaan uutta sosiaali- ja terveysministeriön asetusta asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista 545/2015 (Taulukko 2) (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015). Asetuksessa laajennettiin yöaikaisen musiikkimelun

Taulukko 2. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista (545/2015).

Päivä- ja yöajan keskiäänitasojen toimenpiderajat asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa:

	Päiväajan keskiäänitaso sisällä L_{Aeq} (klo 7–22)	Yöajan keskiäänitaso sisällä L_{Aeq} (klo 22–7)									
<i>Asuinhuoneistot, palvelutalot, vanhaikodit, lasten päivähoitopaikat ja vastaavat tilat</i>											
Asuinhuoneet ja oleskelutilat	35 dB	30 dB									
Muut tilat ja keittiö	40 dB	40 dB									
<i>Kokoontumis- ja opetushuoneistot</i>											
Huonetila, jossa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä	35 dB	-									
Muut kokoontumistilat	40 dB	-									
<i>Työhuoneistot (asiakkaiden kannalta)</i>											
Asiakkaiden vastaanottotilat ja toimistohuoneet	45 dB	-									
Yöajan pientaajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason toimenpiderajat nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa $L_{eq, 1h}$ (klo 22–7)											
Kaista, Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
$L_{eq, 1h}$	74 dB	64 dB	56 dB	49 dB	44 dB	42 dB	40 dB	38 dB	36 dB	34 dB	32 dB

tiukempaa ohjearvoa ($L_{eq,1h}$ 25 dB) nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa koskemaan myös muuta vastaavaa mahdollisesti nihäiriöitä aiheuttavaa ja selvästi taustamelusta erottuvaa melua. Tällaista voi olla myös tuulivoimamelu. Tuulivoimamelun kannalta on lisäksi merkittävää, että asetuksessa on huomioitu erikseen yöaikainen pientaajui-nen melu.

Haittojen ehkäiseminen

Tämänhetkisen tutkimustiedon perusteella on epätodennäköistä, että tuulivoimamelusta aiheutuisi merkittäviä terveys- tai viihtyvyyshaittoja lähialueen väestölle, kun noudatetaan Suomessa käytössä olevia ohjearvoja ja toimenpiderajoja. Sosiaali- ja terveysministeriön kanta on, että tuulivoimaloita voidaan rakentaa alle 2 km:n etäisyydelle asutuksesta vain, jos terveysvaikutusten arviointi on huolellista, vakuuttavaa ja perustuu luotettaviin lähtöarvoihin (Keinänen ja Pekkola 2014).

Asenteet vaikuttavat häiritsevyyteen, joten haittojen kokemista voidaan pyrkiä vähentämään lisäämällä tuulivoimatuotannon hyväksyttävyyttä. Tähän onkin panostettu tuulivoimaa pitkään tuottaneissa maissa kuten Tanskassa, Alankomaissa, Saksassa, Yhdysvalloissa ja Kanadassa (IEA Wind 2013). Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa toimiviksi keinoiksi on todettu tuulivoimapuiston läheisyydessä asuvien henkilöiden ottaminen mukaan jo varhaisessa vaiheessa ja taloudellisen hyödyn tarjoaminen esimerkiksi omistajuuden muodossa, puolueettoman tiedon antaminen kaikkien asianosaisten käyttöön, avoin ja oikeudenmukainen päätöksentekoprosessi, osapuolten näkökantojen kunnioittaminen ja tuulivoimatoimijan integroituminen alueelle (Jobert ym. 2007; Musall ja Kuik 2011; Petrova 2013). Toiminnan alkuvaiheessa haittoja voidaan pyrkiä ehkäisemään ja asukkaiden huolta vähentämään seura-

malla toteutuvia äänenpainetasoja asuin-alueilla ja tiedottamalla niistä asukkaille. Myös asukkaiden kokemuksia on hyvä seurata aktiivisesti.

Epävarmuuksien vähentämiseksi tarvitaan joka tapauksessa uutta tutkimustietoa tuulivoimamelun terveys- ja hyvinvointivaikutuksista. Uusissa tutkimuksissa tulisi toistaiseksi keskittyä häiritsevyyteen ja nihäiriöihin, joiden voidaan olettaa olevan yleisimpiä tuulivoimamelun mahdollisia haittoja. Lisäksi olisi syytä tutkia esimerkiksi tuulivoimamelun häiritsevyyttä suhteessa muuhun ympäristömeluun sekä sitä, kuinka moni tuulivoimapuistojen läheisyydessä asuva kokee tuulivoimamelun aiheuttavan ongelmia. Tutkimukset Suomen olosuhteissa ovat tärkeitä erityisesti siksi, että tuulivoimamelun terveysvaikutuksia on tutkittu pääasiassa Keski-Euroopassa, jossa rakennusten ääneneristävyys on selvästi huonompi. Tuulivoimamelun häiritsevyyteen ja terveysvaikutuksiin liittyviä tutkimusprojekteja on käynnissä tai alkamassa mm. Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa sekä Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksella.

Lähteet

Health Protection Agency 2010. Health effects of exposure to ultrasound and infrasound: Report of the independent advisory group on non-ionising radiation. Health Protection Agency, Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards.

IEA Wind 2013. Social acceptance of wind energy projects: expert group summary on recommended practices. International Energy Agency Implementing Agreement for Co-operation in the Research, Development, and Development of Wind Energy Systems (IEA Wind).

- Jakobsen J. Infrasound emissions from wind turbines. *J Low Freq Noise V A* 2005; 24:145–155.
- Janssen SA, Vos H, Eisses AR, Pedersen E. A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *J Acoust Soc Am* 2011; 130:3746–3753.
- Jobert A, Laborgne P, Mimler S. Local acceptance of wind energy: Factors of success identified in French and German case studies. *Energy Policy* 2007; 35:2751–2760.
- Keinänen J, Pekkola V. Tuulivoimarakentaminen terveydensuojelun näkökulmasta. *Ympäristö ja Terveys* 2014; 45:8–13.
- Kuwano S, Yano T, Kageyama T, Sueoka S, Tachibana H. Social survey on wind turbine noise in Japan. *Noise Control Eng J* 2014; 62:503–520.
- Musall FD, Kuik O. Local acceptance of renewable energy: a case study from southeast Germany. *Energy Policy* 2011; 39:3252–3260.
- Pawlaczyk-Łuszczynska M, Dudarewicz A, Zaborowski K, Zamojska-Daniszezwska M, Waszkowska M. Annoyance related to wind turbine noise. *Arch Acoust* 2014; 39:89–102.
- Pedersen E. Health aspects associated with wind turbine noise: results from three field studies. *Noise Control Eng J* 2011; 59:47–53.
- Pedersen E, Persson Waye K. Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments. *Occup Environ Med* 2007; 64:480–486.
- Pedersen E, van den Berg F, Bakker R. Response to noise from modern wind farms in The Netherlands. *J Acoust Soc Am* 2009; 126:634–643.
- Petrova MA. NIMBYism revisited: public acceptance of wind energy in the United States. *Climate Change* 2013; 4:575–601.
- Salminen E. Ympäristöherkkyys – taistelu tuulimyllyjä vastaan? *Lääkärilehti* 2013; 19(68):1404–1405.
- Shepherd D, McBride D, Welch D, Dirks KN, Hill EM. Evaluating the impact of wind turbine noise on health-related quality of life. *Noise Health* 2011; 13:333–339.
- Sosiaali- ja terveysministeriö 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.
- van den Berg F, Pedersen E, Bouma J, Bakker R 2008. WINDFARMperception: visual and acoustic impact of wind turbine farms on residents. Final report.
- Van Renterghem T, Bockstael A, De Weirt V, Botteldoorn D. Annoyance, detection and recognition of wind turbine noise. *Sci Total Environ* 2013; 456–457:333–345.
- Ympäristöministeriö 2012. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012. ■