

Valtteri Hongisto\*, Maija Suokas\*, Johanna Varjo\*, Veli-Matti Yli-Kätkä\*\*

\* Työterveyslaitos

\*\* Ramboll Finland Oy

# Tuulivoimalamelun häiritsevyys kahdella tuulivoima-alueella

## Tiivistelmä

Tavoitteena oli vertailla, miten tuulivoimalamelu koettiin kahden suomalaisen tuulivoima-alueen A ja B lähiympäristössä asuvien parissa. Tutkimukseen pyydettiin vastauksia kotitalouksista, jotka sijaitsivat alle 2 km päässä voimalasta. Melu koettiin alueella A selvästi häiritsevämmäksi kuin alueella B. Yksittäistä syytä eroon ei voitu osoittaa mutta alueella A myös asenteet tuulivoimaa, tuulivoima-alueen toimijoita sekä kunnan virkamiehiä kohtaan olivat negatiivisempia. Unihäiriöitä alueilta raportoitiin kaiken kaikkiaan varsin vähän. Melun koki melko tai erittäin häiritseväksi sisätiloissa 5 % vastaajista, jotka altistuvat äänitasolle 37,5–40,0 dB. Valtioneuvoston 30.8.2015 asettama äänitason ohjearvo 40 dB yöajalle [1] näyttäisi tämän aineiston valossa perustellulta. Äänitason lisäksi häiritsevyyden kanssa olivat yhteydessä erilaiset asenteet, luottamus virkamiehiin ja toimijoihin sekä yksilöllinen meluherkkyys. Vastaajien

kokonaismäärä alueilta A ja B oli noin 150. Aineistoa on tarkoitus kasvattaa ainakin yhdellä tuulivoima-alueella, jotta syntyisi varmempi käsitys siitä, mitkä tekijät selittävät melun häiritsevyyttä.

## Tausta ja tavoite

Tuulivoimaloiden melun häiritsevyyttä koskeva keskustelu on lisääntynyt viime aikoina. Melusta on tullut valituksia kunnille ja tuulivoimaoperaattoreille ja mediassa on runsaasti aihetta koskevia artikkeleita ja mielipidekirjoituksia. Tutkittua faktatietoa on valitettavan vähän.

Ministeriöt alkoivat vuonna 2013 valmistella valtioneuvoston asetusta tuulivoimalamelun ohjearvoiksi ja työ on vastikään saatu valmiiksi [1]. Valmisteluvaiheessa laadittiin kirjallisuustutkimus tuulivoimalamelun terveysvaikutuksista [2]. Samalla heräsi tarve toteuttaa tutkimusta melun häiritsevyydestä myös Suomessa.

Tavoitteena oli vertailla, miten tuulivoi-

Taulukko 1. Tietoja tuulivoima-alueista A ja B.

	A	B
Talouksien määrä alle 2 km voimalasta	107	189
Vastaajamäärä	62	91
Vastausaste %	57.9	48.1
Vapaa-ajan asuntojen osuus otoksessa [%]	52	59
Miesten osuus vastaajista [%]	50	63
Vastaajien keski-ikä (keskihajonta)	61 (13)	58 (15)
Voimaloiden lukumäärä puistossa	12	11
Voimalan sähköteho [MW]	4.5	3.0-3.3
Käyttöönottokuukausi	12-2013	12-2012
Kyselyn ajankohta	1-2015	5-2015

malamelu koettiin kahden suomalaisen tuulivoima-alueen A ja B lähiympäristössä asuvien parissa.

## Aineistot ja menetelmät

Tutkimuskohteiksi valittiin kaksi tuulivoima-aluetta A ja B (Taulukko 1). Kummallakin alueella huomioitiin taloudet, jotka sijaitsivat alle 2 km päässä tuulivoimalasta. Mukana oli sekä ympärivuorokautiseen että vapaa-ajan käyttöön tarkoitettuja talouksia. Kyselytutkimus toteutettiin pääasiassa asukkaiden luona tehdyin haastatteluin. Joka taloudesta vastaukset pyydettiin yhdeltä asukkaalta. Haastattelujen yhteydessä tiedusteltiin, edustaako vastaus koko talouden mielipidettä ja yleensä näin oli. Noin kolmannes vastasi paperikyselyyn tai puhelimitse tehtyyn haastatteluun. Kaikkiin kysymyksiin ei aina saatu vastausta, joten vastaajamäärä vaihtelee hieman kysymysten välillä.

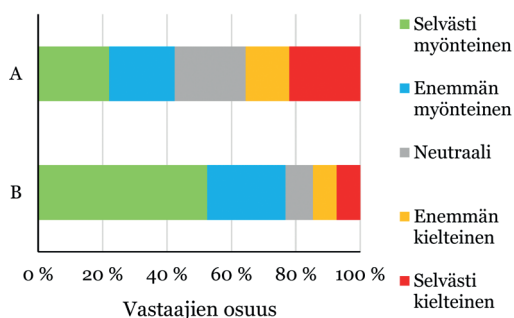
Tutkimusta varten mallinnettiin pihamaalle A-painotetut keskiäänitasot  $L_{Aeq}$  nykyohjeiden mukaisesti hyödyntäen voimaloiden enimmäismelupäästöarvoja [3]. Toisella alueella on myös toteutettu mittauksia kyseisissä tuuliolosuhteissa. Mallinnetut arvot pitivät mittausepävarmuuden rajoissa paikkansa.

Eri tuulivoima-alueilta saatuja vastauksia vertailtiin toisiinsa Mann-Whitneyn U testillä. Tilastollisesti merkitsevän eron kriteerinä oli  $p < 0.05$ . Lisäksi määritettiin Spearmanin korrelaatiokerroin  $r_s$  melun

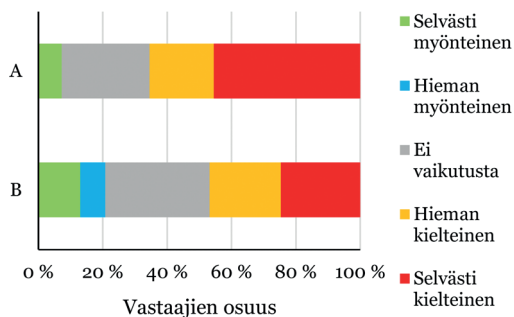
häiritsevyyden ja useiden muuttujien välillä. Tilastollisen merkitsevyyden rajana pidettiin arvoa  $p < 0.01$ .

## Tulokset

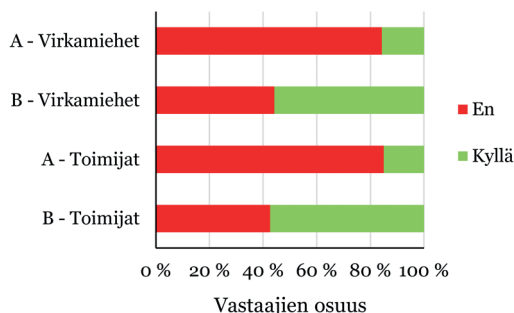
Asenteet tuulivoimaa kohtaan ja voimaloiden maisemavaikutuksia kohtaan olivat kielteisempiä alueella A (Kuvat 1–2). Alueen A vastaajista tuulivoimalan näki asunnostaan 55 % vastaajista, kun alueella B luku oli 69 %. Pihamaalta voimalan näki alueen A vastaajista 81 %, kun alueella B luku oli 71 %.



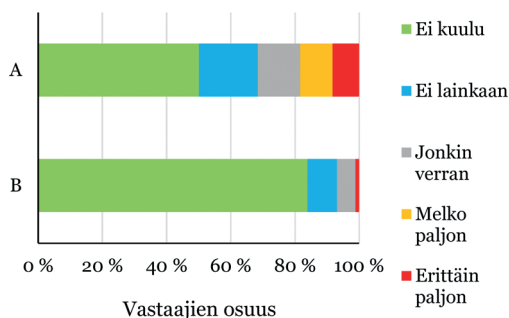
Kuva 1. Asenne tuulivoimaa kohtaan alueilla A ja B ( $p < 0.001$ ). "Mitä mieltä olet tuulivoimalla tuotetusta sähköstä energiamuotona?"



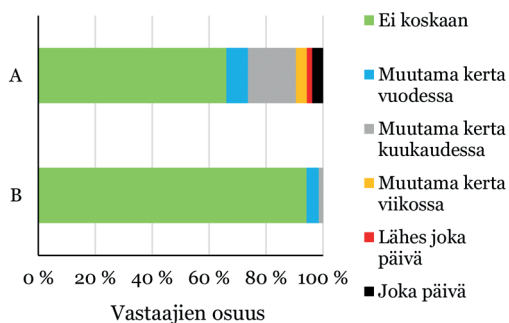
Kuva 2. Asenne maisemavaikutuksia kohtaan alueilla A ja B ( $p < 0.01$ ). "Tuulivoimaloiden vaikutus maisemaan on mielestäni..."



**Kuva 3. Luottamus virkamiehiin ( $p<0.001$ ) ja toimijoihin ( $p<0.001$ ) alueilla A ja B. "Uskotko, että virkamiehet tai toimijat ovat tehneet riittävästi mahdollisten haittojen torjumiseksi?"**



**Kuva 4. Melun häiritsevyyden sisällä ( $p<0.001$ ) alueilla A ja B. "Kuinka häiritsevänä koet tuulivoimaloiden äänet sisällä asunnossa?"**



**Kuva 5. Melun vaikutus uneen ( $p<0.001$ ) alueilla A ja B. "Onko tuulivoimaloista yöllä kuuluva ääni herättänyt tai valvottanut sinua?"**

Alueiden välillä havaittiin ero luottamuksessa kunnan virkamiehiin ja toimijoihin tuulivoimala-alueita koskeissa asioissa (Kuva 3). Luottamus oli alhaisempi alueella A. Alueella A 20 % koki tuulivoimaloista olevan jotain hyötyä omalle kyläyhteisölle, kun alueella B luku oli 40 %.

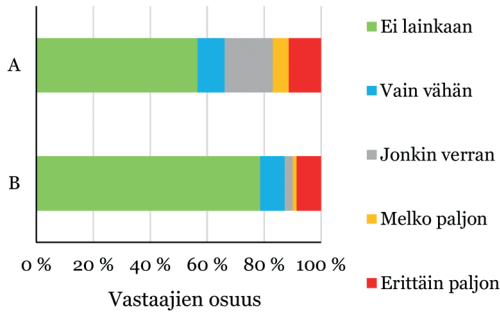
Melu häiritsi merkittävästi enemmän alueen A asukkaita (Kuva 4). Alueen A vastaajista 18 % ( $N=60$ ) koki melun häiritsevän sisätiloissa melko paljon tai erittäin paljon, kun alueella B vastaava luku oli 1 % ( $N=87$ ).

Alueet erosivat myös sen suhteen, miten tuulivoimaloiden melun koettiin vaikuttavan uneen (Kuva 5). Alueella A 9 % ( $N=53$ ) vastaajista raportoi melun haittaavan unta muutaman kerran viikossa tai useammin, kun alueella B vastaava luku oli 0 % ( $N=69$ ). Yhdistetyssä aineistossa luku oli 4 %. Alueella A oltiin myös huolestuneempia tuulivoimalamelun terveysvaikutuksista kuin alueella B (Kuva 6).

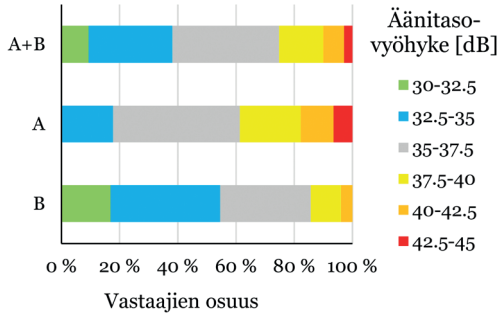
Alueella A vastaajat sijoittuivat meluisammille alueille kuin alueella B ( $p<0.001$ , Kuva 7). Tätä tukee kuvan 4 tulos, jonka mukaan tuulivoimalan ääni kuultiin (värit sinisestä punaiseen) paremmin alueella A kuin alueella B.

Äänitason ja häiritsevyyden välisen relaation määrittämiseksi alueiden A ja B aineistot yhdistettiin, jotta vastaajamäärät eri äänitasovyöhykkeillä olisivat suurempia ja tulokset luotettavampia. Yhteisaineiston pohjalta määritettiin käyrä, joka kuvaa tuulivoimalamelun häiritsevyyttä sisätiloissa eri äänitasovyöhykkeillä (Kuva 8). Äänitasolla tarkoitetaan tässä pihamaalle mallinnettua A-painotettua keskiäänitasoa. Häiritsevyyttä kokevien osuus oli kaikilla kuvan 8 äänitasovyöhykkeillä pienempi alueella B kuin alueella A.

Melun koki häiritseväksi (%A) tai erittäin häiritseväksi (%HA) sisätiloissa 5 % vastaajista, jotka altistuvat äänitasolle 37,5–40,0 dB. Häiritsevyyssaste pysyy hyvin samalla



Kuva 6. Huoli tuulivoimalamelun terveysvaikutuksista alueilla A ja B ( $p=0.005$ ). "Oletko huolestunut tuulivoimaloiden äänien mahdollisista vaikutuksista terveyteesi?"

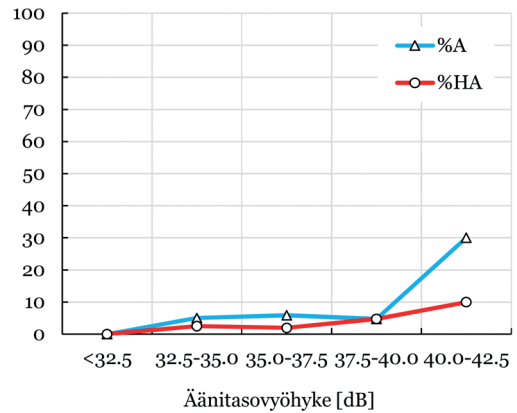


Kuva 7. Vastaajien jakautuminen eri desibeli-ääntasovyöhykkeille alueilla A ja B sekä näiden yhdistelmässä (A+B).

tasolla, kun ääntaso on välillä 32,5–40,0 dB. Kun ääntaso kasvaa yli 40 dB:n, häiritsevyyttä kokevien osuus näyttäisi kasvavan yli 10 %:n. Vastaajamäärä kategoriassa 40,0–42,5 dB oli kuitenkin vain kymmenen ja vastausten jakauma epätasainen, joten kyseisen ääntasovyöhykkeen tulos ei ole yhtä luotettava, kuin pienemmillä ääntasovyöhykkeillä. Ääntasovyöhykkeelle 42,5–45,0 dB sijoittui vain neljä vastaajaa, minkä vuoksi kuvassa 8 ei esitetä tätä vyöhykettä koskevaa tulosta lainkaan.

Sisätiloissa koetun melun häiritsevyyden yhteys ääntasoon, etäisyyteen sekä ei-akustisiin taustamuuttujiin alueiden A ja B yhdistelmässä on esitetty taulukossa 2.

Osuus vastaajista ko. vyöhykkeellä



Kuva 8. Pihamaalle mallinnetun A-painotetun keskiääntason ja sisätiloissa raportoidun häiritsevyyden yhteys alueiden A ja B yhdistelmässä. Käyrä %A kertoo vastaajien osuuden, joita tuulivoimalamelu häiritsi melko paljon tai erittäin paljon. Käyrä %HA kertoo vastaajien osuuden, joita tuulivoimalamelu häiritsi erittäin paljon.

Taulukko 2. Sisätiloissa raportoidun melun häiritsevyyden yhteys erilaisiin muuttujiin. Suuri korrelaatiokertoimen  $r_s$  arvo kertoo voimakkaasta yhteydestä, jos samanaikaisesti p-arvo on pieni.

	$r_s$	p
Etäisyys voimalaan (200 m luokat)	-0.22	*
Ääntaso ulkona $L_{Aeq}$	0.32	**
Vastaajan ikä	-0.16	n.s.
Yksilöllinen meluherkkyys	0.34	**
Voimalan näkyminen pihalle	0.13	n.s.
Asenne tuulivoimaa kohtaan	0.27	*
Asenne maisemavaikutuksia kohtaan	0.33	**
Luottamus virkamiehiin	-0.44	**
Luottamus toimijoihin	-0.46	**
Huoli tuulivoimalamelun terveysvaikutuksista	0.50	**

n.s. Ei tilastollisesti merkitsevää yhteyttä,  $p > 0.01$

\* Tilastollisesti merkitsevää yhteyttä,  $p < 0.01$

\*\* Tilastollisesti erittäin merkitsevää yhteyttä,  $p < 0.001$

Taulukkoon valituista muuttujista ikä ja voimalan näkyminen eivät ole yhteydessä koettuun häiritsevyyteen. Muiden muuttujien kohdalla havaitaan jonkinasteinen yhteys. Koko aineistoa tarkastellen melun häiritsevyys sisätiloissa on suurempi, jos

- äänitaso ulkona on suurempi;
- etäisyys voimaloihin on pienempi;
- asenne tuulivoimaa kohtaan oli kielteisempi;
- asenne maisemavaikutuksia kohtaan oli kielteisempi;
- luottamus virkamiehiin ja/tai toimijoihin oli kielteinen;
- henkilö koki huolta tuulivoimamelun terveysvaikutuksista.

On hyvä huomata, että korrelaatiotarkastelu ei-akustisten taustamuuttujien kohdalla (taulukon 2 rivit 4–10) ei kerro vaikutusten suuntaa.

## Pohdinta

Alueilla A ja B tuulivoimalat koettiin hyvin eri tavoin lähes kaikilla tässä esitetyillä mitareilla. Melun häiritsevyys ja koetut uni-vaikutukset olivat suurempia, luottamus virkamiehiin ja toimijoihin oli alhaisempi ja asenteet tuulivoimaa sekä voimaloiden maisemavaikutuksia kohtaan olivat negatiivisempia alueella A.

Eräksi syyksi korkeampaan melun häiritsevyyteen alueella A voisi ehdottaa sitä, että vastaajat sijoittuivat keskimäärin korkeammille äänitasovyöhykkeille kuin alueella B. Tätä ei kuitenkaan voida pitää ainoana selittäjänä alueiden melun häiritsevyyseroille koska valtaosa vastaajista sijoittui äänitasovyöhykkeille 32,5–37,5 dB kummallakin alueella. Alueella A raportoitiin melun häiritsevyyttä aluetta B enemmän myös näillä vyöhykkeillä. Voimala-alueiden äänenlaatu voi myös poiketa toisistaan. Sitä tässä tutkimuksessa ei selvitetty mittauksin.

Ulkomaisten tutkimusten mukaan voimaloiden ääntä luonnehditaan kuitenkin hyvin samanlaisin attribuutein. Tässä valossa on epätodennäköistä, että voimalaäänet olisivat alueella B jotenkin miellyttävämpiä kuin alueella A.

Maankäytön historia, asukkaiden kokemus rakennusprosessin hoitamisesta ja asukkaiden kokemat hyödyt kyläyhteisölle voivat selittää sitä, miksi luottamus virkamiehiin ja toimijoihin oli alueella B korkeammalla tasolla. Alueella A oli tapahtunut jo useita vuosia erilaisia muutoksia, joihin osa asukkaista oli suhtautunut negatiivisesti. Tuulivoima-alueen rakentaminen oli jatkoa tälle osin ei-toivotulle kehitykselle. Sen sijaan tuulivoima-alue B sijoitettiin kuntaan, jossa asukkaat saattoivat kokea muutoksen parantavan kunnan elinvoimaisuutta ja tuovan alueelle työtä ja tuloja.

Tiedeyhteisö on harvinaisen yksimielinen siitä, että tuulivoimalamelulla ei ole havaittu suoria terveysvaikutuksia äänitasoilla alle 45 dB [2]. Tutkimuksemme ei keskittynyt suoriin terveysvaikutuksiin mutta tiedustelimme kuitenkin asukkaiden huolia mahdollisista terveysvaikutuksista. Alueella A raportoitiin enemmän huolia tuulivoimalamelun vaikutuksesta terveyteen, mikä voi johtaa nocebo-ilmiöön [4], jonka mukaan kielteiset odotukset ja uskomukset tuulivoimalamelun terveysvaikutuksista voivat tuottaa tai lisätä oirekokemuksia. Tämä voi näkyä myös melun häiritsevyyden ja univaikeuksien kasvuna ko. yksilöiden kohdalla. Ilmiö voi myös tapahtua päinvastoin: asukas häiriintyy melusta ja alkaa etsiä tietoa melun terveysvaikutuksista ja tätä kautta voi huolestua terveydestään enemmän.

Melun häiritsevyyden riippuvuus äänitasosta (kuva 8) asettuu linjaan viimeisimpien kansainvälisten tulosten kanssa [2, Kuva 4.13]. Viisi prosenttia äänitasovyöhykkeellä 37,5–40,0 dB asuvista koki

melun melko tai erittäin häiritseväksi. Tuoreen valtioneuvoston asetuksen 30.8.2015 mukainen ulkoäänitason ohjearvo 40 dB yöajalle [1] näyttäisi tämän aineiston valossa perustellulta, kun huomioidaan se, että yleensä tuulivoimaloiden melusta häiriinnytään yleensä eniten ilta- ja yöaikaan, kun muu ympäristömelu vaimenee. STM:n asumisterveysasetuksen ohjearvot sisämelutasoille [5] täydentävät valtioneuvoston asetusta silloin, kun 40 dB ulkomelun ohjearvo ei riitä suojaamaan asukkaita melulta sisätiloissa esimerkiksi puutteellisen äänieristyksen tai melun poikkeuksellisen luonteen vuoksi.

## Jatkotutkimukset

Tämä tutkimus koski kahta tuulivoimaluetta, joten tuloksia ei voida yleistää. Tarkoitus on vielä kerätä kokemuksia ainakin yhdeltä tuulivoima-alueelta, jotta vastaajamäärät eri äänitasovyhykkeillä kasvaisivat. Tarkoituksena on julkaista tulokset tämän jälkeen kansainvälisesti.

## Viitteet

1. Valtioneuvoston asetus 1107/2015 tuuli-

voimaloiden ulkomelutason ohjearvoista, Suomen säädöskokoelma, 31.8.2015, Helsinki. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>

2. Hongisto V, Tuulivoimalamelun terveysvaikutukset, 64 s., Työterveyslaitos, Helsinki, Lokakuu 2014. [http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/sivut/tuulivoimalamelun\\_terveysvaikutukset.aspx](http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/sivut/tuulivoimalamelun_terveysvaikutukset.aspx)
3. OH 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014, Rakennettu ympäristö s. 53. Ympäristöministeriö. [http://www.ymp.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/OH\\_22014\\_Tuulivoimaloiden\\_melun\\_mallinta\(28436\)](http://www.ymp.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/OH_22014_Tuulivoimaloiden_melun_mallinta(28436))
4. Salminen E, Ympäristöyliherkkyys – taistelua tuulimyllyjä vastaan? Suomen Lääkärilehti 19/2013 1404-5.
5. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545-2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. <http://www.edilex.fi/saaduskokoelma/20150545.pdf> ■