

# Tuulivoimamelun häiritsevyyden selittäjät

**Valtteri Hongisto**

Turun ammattikorkeakoulu

[valtteri.hongisto@turkuamk.fi](mailto:valtteri.hongisto@turkuamk.fi) +358 40 5851 888

<https://www.turkuamk.fi/fi/tutkimus-kehitys-ja-innovaatiot/tutkimusryhmat/rakennettu-ymparisto/>

Rakennetun ympäristön energiakysymykset –neuvottelupäivät

27-28.11.2019 Ympäristöministeriö, Helsinki

# Tausta

- Häiritsevyys on ympäristömelun vaikutuksista keskeisin
- Ohjearvot **keskiäänitasolle**  $L_{Aeq}$ 
  - VnP 993/1992
  - STM 545/2015
  - YMA 1107/2015
  - YMA 976/2017
- **Melun erityispiirteistä** annettavat sanktiot **k** em. ohjeissa:
  - kapeakaistaisuus: 3, 5 tai 6 dB
  - impulssimaisuus: 3, 5 tai 10 dB
  - yöaika: 5 tai 10 dB
  - Pientaajuisen melun toimenpideraja-arvot
- **Muita erityispiirteitä**
  - pientaajuinen yöaikainen melu sisätiloissa
  - amplitudimodulaatio
  - lyhytkestoiset meluhuiput
  - ajoittaisuus (intermittency) eli taustasta erottuvat melutapahtumat
  - alueen taustamelutaso ja siitä koituva ympäristömelun erottuvuus
- **Ei-akustiset tekijät** vaikuttavat yksilön kokemukseen paljon
  - mm. meluherkkyys, alueen maankäytön historia, asenteet lähteeseen (tarpeellisuus, pelot), luottamus toimijoihin ja virkamiehiin, maisemavaikutukset ja huolestuneisuus terveysvaikutuksista.

# ANOJANSSI – projekti

- Julkinen tutkimusprojekti
- Aikataulu: 1.1.2016 – 31.8.2019
- **Tavoite** on kehittää menetelmiä, joilla voidaan arvioida melun häiritsevyyttä elinympäristöissä
- Projekti tuottaa ensisijaisesti tieteellisiä artikkeleita, joiden kautta pyritään saavuttamaan vaikuttavuutta
- Potentiaalisina hyödyntäjinä viranomaiset, yritykset, standardisointielimet, tiedeyhteisö ja oppilaitokset
- Rahoitus:
  - Business Finland, 60 %
  - Yritykset ja ministeriöt, 25 %
  - Turku AMK, 15 %
- Vastuullinen tutkija: Valtteri Hongisto

## TYÖPAKETIT

1. Julkisivun ilmaääneneristys
2. Psykoakustiset laboratoriokeet
3. Melun vaikutukset asuinympäristöissä
4. Melun akuutit vaikutukset



**BUSINESS  
FINLAND**



# Turku AMK:n toteuttamat asukastutkimukset tuulivoima-alueiden lähellä

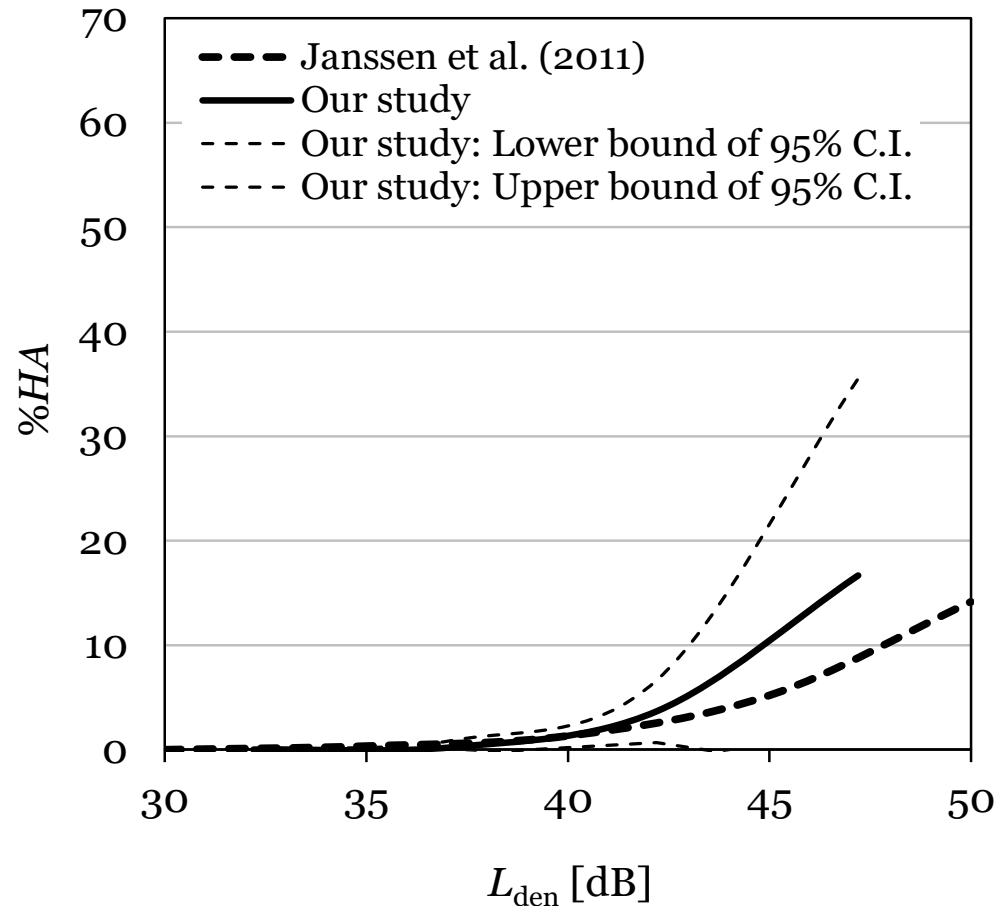
- **Tutkimus 1:**

- Data kerätty 2015
- 429 vastaajaa, näistä 318 vakituista asukasta
- Keskityttiin suuriin tuulivoimaloihin, mahdollisimman erilaisiin alueisiin ja korkeisiin äänitasoihin, kaikki asukkaat alle 2 km voimaloista
- Tulokset laajasti julkaistu Suomessa ja ulkomailla (ks. seur. sivu)

- **Tutkimus 2:**

- Data kerätty 2018
- 676 vastaajaa, kaikki vakituksia asukkaita
- Keskityttiin terveysvaikutuksiin, mukana siksi myös ns. kontrolliryhmä
- Tuloksia ei ole julkaistu vielä
- Seuraavassa esitetään päätuloksia yleistajuisesti tutkimuksesta 2

# Tutkimus 1: päätulokset



$L_{den} = L_{Aeq} + 4.7$  dB pihamaalla  
voimaloiden käydessä täysteholla

## 1. Tuulivoimalamelun annosvastesuhde

- Melun erittäin häiritseväksi kokemisen todennäköisyys %HA sisällä eri äänitasoilla  $L_{den}$  pihamaalla

## 2. Tuulivoimalamelun häiritsevyyden selittäjät:

Tuulivoimalamelu sisällä koettiin todennäköisemmin melko tai erittäin häiritseväksi, jos

- henkilö oli huolestunut tuulivoimalamelun terveystaikutuksista
- henkilö asui Peittoossa eikä Olhavassa tai Märynummella,
- henkilön meluherkkyys oli suurempi,
- henkilö oli nainen tai
- asenne tuulienergiaa kohtaan oli negatiivinen.

# Tutkimus 2. Tausta ja tavoite

- Tuulivoimaloiden tuottaman äänen ja erityisesti infraäänen on väitetty vaikuttavan terveyteen.
- Infraäänen vaikutuksia terveyteen ei voida suoraan tutkia, koska tuulivoimaan liittyy myös muita ärsyksiä, kuten ääni, välke, pyöriminen ja valot: infraäänen osuutta mahdollisiin terveysvaikutuksiin ei voida kokonaisuudesta osoittaa
- Syy-seuraus-suhdetta infraäänen osalta ei voida suoraan osoittaa myös siksi, että infraääni vaimenee tuulivoimaloista etäännyttäessä yhtä nopeasti kuin kuultavakin ääni (6 dB etäisyyden kasvaessa)
- Sen sijaan on järkevää tutkia, onko tuulivoimalla ylipäätään yhteyttä terveyteen. Jos yhteyttä ei ole, tarkoittaa tämä samalla, että on epätodennäköistä, että infraäänellä olisi yhteyttä terveyteen.

**Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, onko tuulivoimaloiden läheisyydellä yhteyttä tuulivoimamelun häiritsevyyden kokemiseen, terveydentilaan tai muuhun hyvinvointiin.**

# MENETELMÄT: Tutkimusasetelma

- Poikkileikkaustutkimus: mitataan monta ihmistä yhtä aikaa yhden kerran
  - Objektiivinen altiste: äänitasot ja etäisyys voimalaan (riippumattomat muuttujat)
  - Subjektiiiviset vasteet: kyselyllä saatavat kokemusperäiset tiedot (riippuvat muuttujat)
  - Väestörekisterikeskukselta saatavat taustatiedot (mm. ikä, sukupuoli, äidinkieli, lasten määrä)
- Kyselytutkimukseen vastaajat jaettiin 4 ryhmään:
  - Tuulivoimaloita näköetäisyydellä (äänitasoryhmät <25 dB, 25-30 dB, >30 dB L<sub>Aeq</sub>)
    - lähin voimala 0.9 – 2.7 km päässä
    - äänitaso 17 – 36 dB L<sub>Aeq</sub>
    - 2500 kutsutusta asukkaasta **558** vastasi
  - Tuulivoimaloita ei näköetäisyydellä (kontrolliryhmä)
    - Lähimmät voimalat yli 6.8 km päässä
    - 500 kutsutusta asukkaasta **118** vastasi
- Arvontapalkkio 10 kpl 100 euron lahjakorttia
- Yht. 676 vastaajaa
- Vastausaste 22.2% on tyypillinen huomioiden 11-sivuinen kysely
- Toistaiseksi suurin suomalainen tutkimus koskien alle 2.5 km voimaloista asuvia vastaajia
- Vastaamattomuusanalyysi: riippumattomiin muuttujiin kytketään VRK:n taustatiedot ja riippumattomat muuttujat, jolloin voidaan kuvailla, ovatko vastaamattomat erilaisia taustaltaan kuin vastanneet

Ryhmä	Vastaajia
< 25 dB	151
25 - 30 dB	321
> 30 dB	86
Kontrolli	118

# MENETELMÄT: Kysely

- Kyselytutkimuksen tarkoitus oli peitetty: kyselyssä esiintyi pääteemana asuinympäristö
- Kyselyssä keskityttiin laajasti asuinympäristön, hyvinvoinnin ja terveystekijöiden kartoittamiseen
- Suoraan tuulivoimaan liittyviä kysymyksiä oli yhtä paljon kuin tieliikenteeseen liittyviä

## • Taustatiedot

- Meluherkkyys (tärkeä yleisesti sekä omassa aikaisemmassa kyselyssämme)
- Terveysteen vaikuttavat muut tekijät
  - Mm. alkoholi, tupakointi, liikkuminen

## • Asuinympäristöön liittyvät tekijät

- Tyytyväisyys asuinympäristöön, tuulivoiman näkyminen, tuulivoimasta hyötyminen, asunnon arvo, kokemus alueen päätöksenteosta, energia-asenteet
- Eri ympäristötekijöiden häiritsevyys (sekä visuaaliset tekijät että äänet)

## • Hyvinvointi

- Elämänlaatu (WHOQOL-BREF), stressi, unen laatu, krooniset sairaudet ja tuuliturbiinisyndrooman oireet



# MENETELMÄT: Riippumattomat muuttujat

- **Tuulivoimaloiden äänitaso.** Äänialtistus määritettiin asukkaiden pihamaille, koska aiemman tutkimustiedon valossa on odotettavissa, että äänen häiritsevyys olisi yhteydessä äänitasoon. Tuulivoimamelun äänitaso  $L_{Aeq}$  mallinnettiin ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti
- **Tieliikennemelun äänitaso.** Koska alueella on liikennettä, myös tieliikenteen äänitaso määritettiin. Tiemelun äänitaso mallinnettiin päiväsaikaan  $L_{Aeq07-22}$  ja yöaikaan  $L_{Aeq22-07}$  pohjoismaisen menetelmän mukaisesti
- **Etäisyys.** Etäisyys lähimpään voimalaan määritettiin koordinaattien avulla.

# TULOKSET – Tuulivoimalamelun häiritsevyyys

- **Sisällä:** Ryhmät eivät eronneet merkitsevästi ( $p=0.09$ ) toisistaan tuulivoimalamelun häiritseväksi raportoivien osuuden suhteen: 0.9-7.0 % vastasi 5 tai enemmän.
- **Ulkona:** Ryhmät eivät eronneet merkitsevästi ( $p=0.25$ ) toisistaan tuulivoimalamelun häiritseväksi raportoivien osuuden suhteen: 0.9-5.8 % vastasi 5 tai enemmän.

**18. Kuinka paljon seuraavat ympäristötekijät häiritsevät, vaivaavat tai ärsyttävät sinua ollessasi sisällä kotonasi? Ajattele tilannetta viimeisten 12 kuukauden ajalta.**

	Ei lainkaan					Erittäin paljon					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c. Tuulivoimaloiden äänet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

%A = Häiriintynyt

**19. Kuinka paljon seuraavat ympäristötekijät häiritsevät, vaivaavat tai ärsyttävät sinua ollessasi ulkona kotisi pihalla, parvekkeella tai terassilla? Ajattele tilannetta viimeisten 12 kuukauden ajalta.**

	Ei lainkaan					Erittäin paljon					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c. Tuulivoimaloiden äänet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

%A = Häiriintynyt

# TULOKSET: Oireet

- Tuulivoimalamelun äänitasoryhmien <25 dB, 25-30 dB, >30 dB ja kontrolliryhmän välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa tuuliturbiinisyndrooman mukaisten oireiden esiintyvyyden suhteen.
- Tutkimus ei vahvista tuuliturbiinisyndrooman olemassaoloa.
- Mallissa 2 on vakioitu ikä, sukupuoli ja tieliikenteen äänitaso
- Oireita on siis yhtä paljon lähellä voimaloita ja kaukana voimaloista asuvien parissa

70. Kuinka usein sinulla on viimeisten 12 kuukauden aikana ollut...	Ei koskaan	Muutaman kerran	Kuukausittain tai lähes kuukausittain	Viikoittain tai lähes viikoittain	Päivittäin tai lähes päivittäin
...migreeniä tai päänsärkyä mukaan lukien pahoinvointi, oksentelu sekä herkkyys valolle ja äänille?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...huimausta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...soivia, viheltäviä tai muita ääniä korvissasi ilman mitään syytä (esim. tinnitus)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...kuulokyvyn heikentymistä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...korvien lukkiintumista tai paineen tunnetta korvissa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...ihottumaa tai ihon kutinaa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...selkäkipua tai selkäsärkyä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...toistuvia vatsavaivoja?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...näön sumentumista?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...sydämen tiheälyöntisyyttä tai tykytystä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...ongelmia keskittyä tai muistaa asioita?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...paniikkikohtauksia tai sen tapaisia tuntemuksia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# TULOKSET: Sairaudet

- Tuulivoimaloiden läheisyydellä ei ollut yhteyttä sairauksien esiintymiseen.
- Sairauksia ei raportoitu enempää voimaloiden lähellä kuin niistä kauempana olevien parissa.
- Mallissa on vakioitu ikä, sukupuoli ja tieliikenteen äänitaso
- Tutkimus ei tue sitä, että tuulivoimalueen lähellä sairastuttaisiin muuta väestöä enemmän

71. Onko sinulla ollut viimeisten 12 kuukauden aikana...	Kyllä	Ei
...kroonisia kipuja?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...astmaa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...niveltulehdusta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...syöpää?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...masennusta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...kohonnutta verenpainetta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...keuhkoputken tulehdusta, keuhkolaajentumaa tai keuhkohtaumatautia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... sokeritautia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...sydänsairautta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...unihäiriötä mukaan lukien uniapnea ja unettomuus?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...levottomien jalkojen oireyhtymää?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Tuulivoima-aiheiset julkaisut

## VERTAISARVIOIDUT JULKAISUT

- Keränen, J., Hongisto, V., Hakala, J. (2019). The sound insulation of façades at frequencies 5 · 5000 Hz. **Building and Environment**, 156 12-20.
- Radun, J., Hongisto, V., & Suokas, M. (2019). Variables associated with wind turbine noise annoyance and sleep disturbance. **Building and Environment**, 150 339-348.
- Hongisto, V., Keränen, J., Oliva, D. (2017). Indoor noise annoyance due to 3-5 MW wind turbines - an exposure-response relationship, **The Journal of the Acoustical Society of America** 142(4) 2185-2196. Open access at: <http://dx.doi.org/10.1121/1.5006903>.

## KANSAINVÄLISET KONGRESSIJULKAISUT

- Radun, J., Hongisto, V. (2019). Non-acoustic and acoustic variables associated with wind turbine noise annoyance. Paper 610. Proc. 23rd Int. Congress on Acoustics ICA 2019, 9-13 Sep, 2019, Aachen, Germany. Available at: <http://pub.dega-akustik.de/ICA2019/data/articles/000610.pdf>.
- Keränen, J., Hongisto, V. (2018). Long-term measurement of noise immission from wind turbines. Conf. Proc. Euronoise 2018. 2859-2863. ISSN 1116-5147. 27-31 May 2018, Hersonissos, Crete, Greece. Open access at: [http://www.euronoise2018.eu/docs/papers/472\\_Euronoise2018.pdf](http://www.euronoise2018.eu/docs/papers/472_Euronoise2018.pdf).
- Keränen, J., Hakala, J., Hongisto, V. (2018). Façade sound insulation of residential houses within 5 – 5000 Hz. Conf. Proc. Euronoise 2018. 1549-1553. ISSN 1116-5147. 27-31 May 2018, Hersonissos, Crete, Greece. Open access at: [http://www.euronoise2018.eu/docs/papers/259\\_Euronoise2018.pdf](http://www.euronoise2018.eu/docs/papers/259_Euronoise2018.pdf).
- Hongisto, V., Oliva, D. (2017). Noise annoyance caused by large wind turbines – a dose-response relationship, 12th IC BEN Congress on Noise as a Public Health Problem, paper 4059, 5 pp., 18-22.2017 Zurich, Switzerland. Available at: [http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea06\\_Hongisto\\_0610\\_4059.pdf](http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea06_Hongisto_0610_4059.pdf).

## KANSALLISET JULKAISUT

- Radun, J., Hongisto, V. (2019). Tuulivoimamelun häiritsevyyteen liittyvät ei-akustiset ja akustiset tekijät. Akustiikkapäivät 2019, Oulu, 28-29.10.2019, 301-306, Akustinen Seura ry., Espoo. ISBN 978-952-60-3784-4. [http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2019/10/akustiikkapaivat\\_2019\\_s301.pdf](http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2019/10/akustiikkapaivat_2019_s301.pdf).
- Hongisto V, Keränen J, Hakala J, Julkisivurakenteiden ääneneristävyys pientaajuuksilla, Rakennusfysiikka 2017, 24-26.10.2017, Tampere, 571-576, Tampereen teknillinen yliopisto. ISBN 978-952-15-4023-3.
- Hongisto V, Oliva D, Keränen J, Tuulivoimamelun häiritsevyyden riippuvuus äänitasosta, Akustiikkapäivät 2017, s. 164-169, 24-25.8.2017 Espoo, Akustinen Seura ry., Espoo, 2017 (ISBN 978-952-60-3734-9). Open access at: [http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2017/08/akustiikkapaivat\\_2017\\_s164.pdf](http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2017/08/akustiikkapaivat_2017_s164.pdf).
- Hongisto V, Keränen J, Tuulivoimamelun pitkäaikaismittaus, Akustiikkapäivät 2017, s. 158-163, 24-25.8.2017 Espoo, Akustinen Seura ry., Espoo, 2017 (ISBN 978-952-60-3734-9). Open access at: [http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2017/08/akustiikkapaivat\\_2017\\_s158.pdf](http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2017/08/akustiikkapaivat_2017_s158.pdf).
- Keränen J, Hakala J, Hongisto V, Pientalojen ääneneristävyys ympäristömelua vastaan taajuuksilla 5–5000 Hz - infraäänitutkimus, Akustiikkapäivät 2017, s. 123-128, 24-25.8.2017 Espoo, Akustinen Seura ry., Espoo, 2017 (ISBN 978-952-60-3734-9). Open access: [http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2017/08/akustiikkapaivat\\_2017\\_s123.pdf](http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2017/08/akustiikkapaivat_2017_s123.pdf).
- Hongisto V. ja Oliva D. (2017). Tuulivoimaloiden infraäänien ja niiden terveysvaikutukset. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 239, Turku. ISBN 978-952-216-653-1 (pdf). Available at: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522166531.pdf>.
- Hongisto, V., Suokas, M., Varjo, J., Yli-Kätkä, V.-M. (2015). Tuulivoimalamelun häiritsevyyden kahdella tuulivoima-alueella, Ympäristö ja Terveys -lehti, 6 2015 54-59. Available at: [http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/794-Hongisto\\_ym\\_2015\\_Ymparisto\\_ja\\_Terveys.pdf](http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/794-Hongisto_ym_2015_Ymparisto_ja_Terveys.pdf).
- Hongisto, V. (2014) Tuulivoimalamelun terveysvaikutukset, 64 s., Työterveyslaitos, Helsinki, Lokakuu 2014. Available at: <https://www.julkari.fi/handle/10024/116854>.

# Kiitos!

Tutkimus oli osa **Anojanssi**-projektia (2016-2019), jota rahoittivat Business Finland, Turun ammatti-korkeakoulu, Ympäristöministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriö sekä yhteistyöyritykset.

**Kiitos ohjausryhmälle!**