

TUULIVOIMALOIDEN INFRAÄÄNEN AIHEUTTAMA TERVEYSONGELMA SUOMESSA

19.10.2015

Tuulivoima-kansalaisyhdistys ry

<http://www.tvky.info>

SISÄLLYSLUETTELO

Sisällysluettelo	1
Johdanto.....	4
Kiitokset.....	6
Sanastoa	8
Tuulivoiman vaikutukset terveyteen	9
Infraääni ja ihminen	10
Infraääni ja tasapainojärjestelmä	10
Tuulivoimaloiden aiheuttamat akuutit oireet.....	12
Tasapainoelimen toimintahäiriöiden oireita	12
Akuutti fysiologinen stressi	13
Harvinaiset, mutta esiintyessään vakavat tilat.....	13
Muut akuutit oireet (jotkut liittyvät krooniseen altistumiseen)	13
Tuulivoimaloiden aiheuttamat krooniset oireet	14
Stressi	14
Muita tunnettuja stressiin liittyviä terveyshaittoja	15
Stressi ja lapset	15
Unihäiriöt	17
Unen häiriintyminen ja sen seuraukset.....	17
Kudosvauriot	20
Sikiöiden keskenmenot ja kehitysvammat	21
Kehon ominaistajuudet ja resonanssi	22
Sidekudoksen rooli infraäänen aistimisessa.....	23
Tuulivoimalan aiheuttaman värinän vaikutus	24
Erityisen haavoittuvaisia.....	25
Tuulivoimateollisuus tiedostaa ongelmat.....	26
Australiassa terveyshaitat on otettu vakavasti.....	27
Tilanne Suomessa	28
Esimerkkitapaukset Suomesta.....	29
Väistämätöntä myös Suomessa	29
Tuulivoimaloiden aiheuttamat terveysoireet – mahdollisia vaikutusmekanismeja.....	31
Riippumatonta selvitystä ei ole tehty.....	31
Ears-projekti infraäänen havaitsemiskyvystä.....	31
Stressiherkät ihmisryhmät kärsivät eniten infraäänestä	32
Aivojen tunnealueiden stimulaatio	33
Empiiriset havainnot tukevat käsitystä tunnealueiden stimuloinnista	33

Kuuloelimet pystyvät aistimaan infraääniä	34
Ihminen reagoi muutokseen infraäänissä	34
Endolymfaattinen hydropsi	35
Infraääni ja matkapahoinvointi	35
Infraääni nostaa stressihormonitasoa	36
Jatkuva altistus on terveysuhka	36
Geeniekspression vaimennus	38
Geeniekspression vaimennus vähentää antioksidanttien määrää.....	38
Geeniekspression vaimennus ja kehityshäiriöt sikiöillä.....	38
Ihmisiä ei saa käyttää koe-eläiminä	39
Perustietoa tuulivoimaloiden infraäänestä, alustavia mittaustuloksia Suomesta	40
Tuulivoimaloiden infraäänipäästö.....	40
Infraäänimelun eteneminen	42
Infraäänien mittaaminen ja analysoiminen	44
Infraäänien turvallinen taso	46
Alustavia mittauksia tuulivoiman tuotantoalueiden ympäristössä	47
Etäisyys 1,5 km	49
Etäisyys 0,8 km	50
Etäisyys 1,4 km	51
Etäisyys 1,5 km	52
Etäisyys 6,8 km	54
Etäisyys 10,4 km.....	55
Yöllisen sykkeen mittauskoe	56
Tyypillisiä vastaväitteitä	57
Lisätietoa	62
Waubra Foundation.....	62
EPAW	62
Wind Watch	62
Stop these things	62
Muita merkittäviä viimeaikaisia tutkimuksia ja julkilausumia	63
Tuulivoimalan vaikutus kiinteistöjen arvoon	63
Tuulivoiman kokonaiskustannukset.....	63
Senaattori Madigan, 20.8.2015	63
Senaattori Chris Back 13.8.2015:	63
Sydänsairaudet ja ympäristömelu.....	63
Lähdeluettelo	64
www-lähteet	69
Liiteluettelo	72
Liite 1. Vestas -kirje.....	73

Liite 2. Oireluettelo	75
Residents can get started with a more simple summary	75
What is the pattern of symptoms?	75
Individual differences in susceptibility also play a role.	75
For most residents, the changes appear incremental over months or years.	76
Turbine hosts get symptoms too	76
What is the most common symptom?	76
What are the acute symptoms?	77
Vestibular dysfunction/disorders or "wind turbine syndrome" symptoms.....	77
Acute Sympathetic Nervous System 'fight flight' Symptoms & Problems	77
Related rare but serious conditions	77
Other characteristic symptoms (some have a chronic exposure component but manifest with acute symptoms).....	78
Chronic symptoms	78
Sleep disturbance & its consequences	78
Known clinical consequences of repetitive sleep disturbance/deprivation	79
Chronic stress (Psychological & Physiological) & its consequences.....	79
Is there a link between ILFN and Post Traumatic Stress Disorder (PTSD)?	80
Stress and dental disease	80
Tissue damage	80
Liite 3. Haastattelu teollisuusluokan tuulivoimaloiden vaikutuksista terveyteen	82
Haastatelluista	82
Yhteenveto	82
Liite 4. Käännettyjen sitaattien alkukieliset versiot.....	85

JOHDANTO

Vuonna 2011 voimaan astuneen uusiutuvan energian ns. syöttötariffin ansiosta Suomen tuulivoimasta on tullut Euroopan unionin tuottoisin sijoituskohde (investointipankki Reconcept GmbH, RE03 Windenergie Finnland 2013).

Tuulivoima mielletään keinona torjua globaalia ilmastonmuutosta. Tuulivoimatuotannossa mukana oleminen koetaan yritysten ja kuntien imagon kannalta positiiviseksi.

Toistaiseksi ei ole kuitenkaan tiedossa vertaisarvioituja tutkimuksia, joissa olisi mittauksilla osoitettu verovarilla tuetun, teollisen tuulivoiman vähentävän globaaleja hiilidioksidipäästöjä.

Tuulivoimayhtiöiden tarkoituksena on tuottaa Suomessa yhteiskunnan verovaroin tuetusta tuulivoimasähköstä voittoa omistajilleen.

Tämä tausta on johtanut teollisten tuulivoimaloiden rakentamisen ylikuumenemiseen Suomessa. Mm. yritys- ja kaupparekisterin tietojen perusteella toimijoiden joukossa on yrityksiä, joita voidaan jäljittää veroparatiiseiksi luokiteltaviin kohteisiin, kuten Guernseyn saarelle tai Luxemburgiin.

Yritystoimintaan ja sijoittamiseen sisältyy normaalisti riskejä. Tuulivoimatuotantoon ei sisälly liiketoimintariskiä yhteiskunnan takaaman suuren, varman ja pitkäaikaisen (= 12 vuotta) tuen takia. Tuotto tuen piiriin päässeille tuulivoimatoimijoille on täysin riskitön.

Yritystoiminnassa riskinoton tulee tapahtua lainsäädännön puitteissa. Ihmisten henkeä, terveyttä, tai omaisuutta ei saa vaarantaa suuremman tuoton toivossa.

Mittaustulosten perusteella tuulivoimayhtiöiden on täytynyt olla tietoisia teollisen kokoluokan tuulivoimaloiden aiheuttamista, kauas ympäristöön ulottuvista basso- ja infraäänipäästöistä. Tiedossa ovat olleet myös infraäänipäästön aiheuttamat terveyshaitat jo 1980-luvulta lähtien (Kelley et al. 1987).

Suurten tuulivoimaloiden tuottama, vaihteleva basso- ja infraäänimelu on fysikaalinen haittailmiö, jonka esiintymistä teollisen kokoluokan voimaloiden yhteydessä ei voida estää (liite 1, Vestas -kirje; Möller et al. 2010). Voimaloiden tehon ja pyyhkäisykorkeuden kasvaessa on ollut väistämätöntä, että infraäänimelupäästöstä on tullut vakavasti otettava terveyshaittojen aiheuttaja lähiasukkaille. Suurten tuulivoimaloiden melulle ja infraäänipäästölle altistuvien ihmisten määrä on kasvanut jyrkästi voimaloiden koon ja lukumäärän mukana.

Tuulivoimayhtiöt ovat peitelleet ja vähätelleet ongelmaa, väittäen että ”kyseessä on vain asukkaiden negatiivinen asenne tuulivoimaloita kohtaan”. Kuitenkin asukkaat ovat lähes aina suhtautuneet positiivisesti tuulivoimaan ennen sen rakentamista. Ikävät seuraukset ovat olleet nähtävillä jo vuosia sitten ulkomailla.

Tuulivoimaloista aiheutuvien terveys- ja ympäristöhaittojen vuoksi maailmalla on perustettu tuhansia yhdistyksiä, joissa on satoja tuhansia jäseniä. Yksin Euroopan laajuinen EPAW (European Platform Against Windfarms) käsittää yli 890 jäsenyhdistystä Euroopan unionin alueella. Nämä luvut kertovat sekä tuulivoimaloiden haittavaikutuksista kärsivien uhrien kyvystä nousta puolustamaan omaa terveyttään ja koskemattomuuttaan, että ongelmien vakavuudesta ja kasvavasta laajuudesta.

Suomessa teollisen kokoluokan voimalaitoksia on rakennettu vasta muutaman vuoden ajan. Suomeen rakennetut voimalat ovat teholtaan 3–5-kertaisia verrattuna esimerkiksi Tanskan tuulivoimaloihin ja korkeudeltaan yli 2–3-kertaisia. Vaihtelevasta basso- ja infraäänipäästöstä kärsiviä ja terveyshaittoja saaneita ihmisiä on ilmaantunut yhä enemmän.

Valtakunnallisen Tuulivoima-kansalaisyhdistys ry:n tietorekisterin mukaan uusien suurten tuulivoimaloiden aiheuttamasta, sykkivästä (eli ns. amplitudimoduloidusta) ja nukkumista häiritsevästä melusta on ilmoitettu yhdistykselle tai valitettu viranomaisille jo 18 kohteesta Suomessa, vaikka teollisen tuulivoiman rakentaminen on vasta alussa. Joillain paikkakunnilla asukkaat ovat myyneet kiinteistönsä tai muuttaneet pois asunnostaan tuulivoimamelun takia. Eräissä tapauksissa tuulivoimayhtiöt ovat lunastaneet pahimmin melulle altistuvat tai altistuneet kiinteistöt. Tämä osoittaa, että yhtiöt ovat hyvin tietoisia aiheuttamistaan ongelmista.

Näillä alueilla on rekisterin mukaan (17.8.2015) asutuksen lähellä yhteensä 84 kappaletta suuria, 1,8–5 megawatin tuulivoimaloita, joiden lapojen pyyhkäisykorkeus on maksimissaan 225 metriä maanpinnasta. Vuoden 2014 lopussa Suomessa oli 260 tuulivoimalaa. Ne tuottivat 1,3 prosenttia kulutetusta sähköstä.

Meluongelmia raportoitiin siis jo noin kolmasosassa rakennetuista teollisen kokoluokan voimaloista, vaikka suurten tuulivoimaloiden rakentaminen on vasta alkuvaiheessa.

Sähkön tuotannon kannata tuulivoimaloilla ei ollut käytännössä mitään merkitystä.

Tässä raportissa on esitelty 12 perhettä (Liite 3), joille tuulivoimatuotanto on aiheuttanut terveydellistä haittaa. Raportissa kerrotaan myös, mitä tunnettuja terveyshaittoja infraäänipäästö aiheuttaa ja millä mekanismeilla terveyshaitat syntyvät. Lisäksi raportti sisältää perustietoa tuulivoimaloiden aiheuttamasta infraäänipäästöstä ja sen mittaamisesta.

Tuulivoima-kansalaisyhdistys ry edellyttää, että:

Viranomaisten on meluongelmista kuultuaan ryhdyttävä välittömästi toimenpiteisiin syntyneitten terveyshaittojen poistamiseksi ja niiden estämiseksi jatkossa.

Nykyisiä A-taajuuspainotettuja tuulivoiman meluohjeistuksia käytettäessä on suurten tuulivoimaloiden nopeasti kasvavan lukumäärän takia odotettavissa lisää vakavia ja pysyviä terveyshaittoja lähiasukkaille. Meluohjeistukset eivät vastaa enää todellisia tilanteita, voimaloiden koon kasvun ja pohjoisten ilmasto-olosuhteitten takia.

Melun kohteeksi joutuvat uhrit kokevat raskaita terveydellisiä, taloudellisia ja henkisiä menetyksiä. Altistuneiden ja melusta terveysongelmia saavien määrä kasvaa päivä päivältä.

Asukkaiden terveyden turvaamiseksi viranomaisten on annettava Terveydensuojelulain perusteella määräys voimaloiden pysäyttämisestä tai toiminnan rajoittamisesta heti, kun ongelmia ilmenee.

Tarvittaessa on ryhdyttävä viipymättä oikeustoimiin vahingonaiheuttajia vastaan, kuten muissakin ihmisten terveyshaittaa tai ympäristön pilaantumista koskevissa tapauksissa.

Nyt näin ei tapahdu tuulivoimaloiden aiheuttaman melun osalta.

19.10.2015 Tuulivoima-kansalaisyhdistys ry

Raportin kirjoittajat:

Ilkka Alasaarela, fyysikko, FM

Janne Alasaarela, biotiet. yo

Kalevi Nikula, FM (biol/fysiol). Puheenjohtaja, Tuulivoima-kansalaisyhdistys ry

Virpi Poikolainen, fysioterapeutti, AMK

Kiitokset

Lämmin kiitos asiantuntevasta avustanne raportin laatimisessa seuraaville henkilöille:

Mauri Johansson, MD, MHH. Specialist in Community and Occupational Medicine (incl. Environmental Medicine), Denmark

Tapio Pitkäranta, tekniikan lisensiaatti, Suomi

Ilpo Forsman, huoltoasentaja, Suomi

Sarah Laurie, MD., Chief Executive Officer, Waubra Foundation, Australia

Alun Evans, Dr., Professor Emeritus, Visiting Senior Research Fellow, Centre for Public Health, Great Britain

Greta Gallandy-Jakobsen, Denmark

Mariana Alves-Pereira, Ph.D., Lusofona University Lisbon, Portugal

Robert Rand, Acoustics Consultant, Rand Acoustics, USA

Steven Cooper, Principal Engineer at the Acoustic Group Pty Ltd, Australia

Sherri Lange, Chief Executive Officer, NAPAW, United States of America (USA)

Sven Johannsen, Chief Executive Officer, GuSZ GmbH, Germany

Carmen Krogh, BSc. Pharm, Canada

Madeleine Kura, Turkey

Christine Metcalfe, Community Councillor, Great Britain

Sanastoa

Infraääni: paineaaltosarja, jonka taajuus on alhaisempi kuin ihmisen kuulokynnys, yleisesti määriteltynä alle 20 Hz.

Infraäänimelu / ILFN / paineaaltohäirintä: teollisuuden päästö, joka leviää tuotantolaitoksesta, kuten pumppaamosta tai tuulivoimalasta. Infraäänimelun pitkäkestoinen altistus tuottaa negatiivisia terveysvaikutuksia.

Matalataajuinen melu / LFN / ILFN: matalataajuista, kuultavaa melua.

Tonaalisuus: Sointuva, puhdas ääni, joka erottaa tuulivoimaloiden infraäänien selvästi ns. luonnollisista infraäänistä eli taustakohinasta.

BPF (Blade passing frequency): Tuulivoimaloiden pyörimistaajuus $\times 3$, tyypillisesti teollisen kokoluokan voimaloilla 0,4–0,8 Hz.

WTS (wind turbine signature): (Yleisesti sama kuin BPF) Kaikilla tuulivoimakentillä ja tuulivoimaloilla on oma tyypillinen, tunnistettava infraäänensä. Näin voidaan esim. kahden tuulivoimakentän välistä mitattuna erottaa kunkin tuulivoimakentän päästöt. Voi sekoittua käsitteeseen Wind Turbine Syndrome (Pierpoint N. 2010), joka tarkoittaa tuulivoimaloiden terveyshaitoista syntyvää pahoinvointia ja muita oireita.

BTI-melu: Blade Tower Interaction, melu joka syntyy lavan ohittaessa runkotolpan.

Amplitudimodulaatio: Amplitudi eli värähdyslaajuus ilmaisee värähdysliikkeen laajuutta. Värähtelyn ääripisteiden etäisyys toisistaan jaettuna kahdella on amplitudi. Tuulivoimaloiden melu on amplitudimoduloitunutta eli sen värähdysliikkeen laajuus vaihtelee, etenkin alhaisilla taajuuksilla.

TUULIVOIMAN VAIKUTUKSET TERVEYTEEN

"...On esitetty, ettei ole näyttöä siitä, että tuulivoimaloiden levittämä infra- ja matalataajuinen melupäästö aiheuttaisi haittaa. Tämä ei pidä paikkaansa. NASA ja Yhdysvaltain energiaministeriö ovat jo 30 vuotta sitten tehneet runsaasti tutkimuksia, joiden suorat syy-yhteydet unihäiriöistä ja erilaisista fysiologisista vaikutuksista ilmaistiin kaunistelevasti sanalla "harmit" (annoyance). Myönnettiin, että ihmiset herkistettiin tai ehdollistettiin altistamalla melulle ja laadittiin suositukset altistumisen raja-arvoille, jotta varmistetaan asukkaiden suojeleu sykkivän infraäänen ja matalataajuisen melun vahingoilta.

Tämä tutkimus tehtiin ihmisillä, jotka asuvat tärinän, sotilaslentokoneiden ja kaasuturbiinien tai tuulivoimaloiden läheisyydessä. Pienten huoneitten melunlähteen puolella kerrottiin olevan pahimpia. Asukkaat kuvasivat epämiellyttäviä tuntemuksia, vaikka ääntä ei kuulunut, mutta sen saattoi silti tuntea. Nämä suositellut altistusrajat todistavat suoran syyn olleen laajalti tiedossa, mutta ne sivuutettiin melusaasteen sääntelyviranomaisten ja akustikkojen taholta, ja niitä ei ole koskaan otettu käyttöön. Tämä on vakava epäonnistuminen ammatillisessa ja eettisessä mielessä.

Monet lääkärit ovat edelleen vajavaisesti perillä vaikutuksista, joita toistuva matalataajuusmelu aiheuttaa. Myönnetään kyllä, että liiallinen yöllinen melu voi aiheuttaa unihäiriöitä, jotka jatkuessaan voivat aiheuttaa vakavaa haittaa fyysiseen ja henkiseen terveyteen".

"...Kuitenkin jatkuva unenpuute on kaikkea muuta kuin epäsuora ongelma, kuten YK:n kidutuksen vastainen komitea on tämän julman, epäinhimillisen ja halventavan kohtelun nimenomaisesti tunnustanut.

Lisäksi on huomattava määrä tutkimuksia, jotka ovat määritelleet sairauden, jota kutsutaan nimellä vibroakustinen sairaus (VAD). Se on myös liiallisen infraääni- ja matalataajuisen melu-altistuksen seuraus. Useimmat tutkimukset on tehty työympäristöissä. Tämä sairaus aiheuttaa pysyviä vaurioita eri elimiin ja kudoksiin, kuten sydämeen. Tämä johtuu sydänläppien paksuuntuneesta kollageenista, jota on nyt raportoitu teollisen kokoluokan tuulivoimaloiden läheisyydessä asuvilla ihmisillä Saksassa ja Australiassa. On huolestuttavaa, että Portugalissa tämä sairaus on tunnistettu lapsella, joka altistui voimakkaalle infra- ja matalataajuiselle melulle jo kohdussa. Ihmiset, jotka asuvat lähellä Ylä-Hunterin hiilikaivoksia, ovat myös alkaneet raportoida oireita, jotka ovat yhteneviä vibroakustisen taudinkuvan kanssa."

Sarah Laurie, MD, Waubra Foundation. Ote todistajanlausunnosta Australian senaatin Tuulivoimakomitealle. [16], [17]

Infraääni ja ihminen

Suuret tuulivoimalat tuottavat erittäin matalataajuisia infraääntä ($\leq 20-0,1$ Hz:n taajuusalue), jota normaalisti kuulevien ihmisten kuuloaisti ei kykene aistimaan äänenä. Monet lintu- ja nisäkäslajit pystyvät aistimaan ja kommunikoimaan infraäänten välityksellä (mm. norsut, valaat, kirahvit). Myös luonto tuottaa infraääntä (mm. tuulet, myrskyt, geomagneettinen aktiivisuus, maanjäristys, tulivuorenpurkaus). Ihmisen aikaansaamia infraäänen lähteitä ovat mm. raskaat koneet, tehtaot, lentokoneet ja tuulivoimalat.

Infraäänen vaikutuksia ihmiseen on tutkittu jo 1960-luvulta lähtien ja tutkimustietoa on runsaasti. Jo ensimmäisissä tutkimuksissa havaittiin infraäänen aiheuttavan mm. kutittavaa tunnetta tärykalvoissa, pahoinvointia, näkökentän tärinää, kipua välikorvassa, syljeneritystä, päänsärkyä ja kiveskipua (Mohr et al. 1965).

Tuulivoimateollisuus ja heidän akustikkonsa ovat sitä mieltä, että tuulivoimaloiden aiheuttama infraääni on liian heikkoa aiheuttamaan minkäänlaisia seuraamuksia. Verrokkina käytetään luonnossa esiintyvää infraääntä. Infraääntä on kaikkialla luonnollisessa ympäristössä, mutta tuulivoimaloiden tuottama infraääni poikkeaa täysin tästä. Toisin kuin ympäristön infraäänit, tuulivoimaketäntä tuottama infraääni on kapeakaistaista, voimakkaasti amplitudimoduloitunutta ja jatkuvaa. (Ambrose & Rand 2011). Mitään pitkäaikaistutkimuksia ei toistaiseksi ole tehty tuulivoimaloiden infraäänen vaikutuksista.

Infraäänen vaikutuksia on jo pitkään tutkittu sotilaallisessa tarkoituksessa. Matalataajuisen infraäänen aiheuttamia oireita ovat lääkäri Castelo Brancon mukaan mm. kognitiivisia taitoja vaativista tehtävistä suoriutumisen heikkeneminen, äkilliset hengitysvaikeudet, neurologiset ongelmat, tasapainohäiriöt ja mielialan vaihtelut. Pidempään jatkuessaan infraäänialtistus voi nopeuttaa elimistön ikääntymisprosessia, mikä todettiin mm. kuvantamalla aivoja ja niissä tapahtuneita muutoksia. Castelo Brancon tutkimuksessa muutosten aivoissa havaittiin olevan samankaltaisia kuin alkuvaiheen Alzheimer- tai dementiapotilailla. Työssään infraäänelle altistuneilla on todettu myös muistivaikeuksia sekä epilepsiaa, ja he joutuvat usein jäämään eläkkeelle normaalia aiemmin. (Castelo Branco 2001).

Infraääni ja tasapainojärjestelmä

Vaikkei ihmiskorva kuulisi tuulivoimaloiden aiheuttamaa infraääntä, elimistömme reagoi siihen. Korvien tasapainoelimistä tuleva informaatio kertoo pään asennosta painovoimaketäntässä. Tätä tietoa välittävät sisäkorvan asentoreseptorit. Sisäkorva on ohimoluun sisällä sijaitseva neste täyttämä korvan osa, jossa kuulo- ja tasapainoreseptorit sijaitsevat. Reseptoreita löytyy sisäkorvan kalvosokkelon soikeasta rakkulasta (utrículus) sekä pyöreästä rakkulasta (sacculus). Vaikka ihminen ei varsinaista ääntä kuulisikaan, rakkulat ottavat vastaan infraäänen ja välittävät signaalit aivojen tasapaino- ja liikealueille.

Tasapainojärjestelmä on aivoissa läheisessä yhteydessä tunteisiin, erityisesti pelkoon, levottomuuteen ja paniikkiin. Esimerkiksi kun ihminen liukastuu, hän ehtii tuntea paniikkia ennen kuin saavuttaa tasapainon uudelleen. Näin järjestelmä pitää huolen siitä, että ihminen reagoi välittömästi tasapainon menettämiseen.

Tuulivoimaloiden on havaittu aiheuttavan paniikkihäiriöitä (taistele tai pakene -reaktio, FFR) ihmisillä, jotka eivät ole niistä aiemmin kärsineet. Tämä johtuu infraäänien aiheuttamasta ärsykkeestä tasapainoainin kautta aivoihin ja ihmisen luonnollisesta reaktiosta vastaanotettuun viestiin. Tasapainojärjestelmä ja autonominen hermosto ovat yhteydessä toisiinsa keskushermoston kautta. Tasapainojärjestelmä välittää keskushermostoon viestiä kehon asennosta ja autonominen hermosto sopeuttaa elimistöä painovoimaan säätelämällä valtimoiden ja pienempien verisuonten toimintaa ja sitä, kuinka nopeasti sydän sykkii. Näin toimimalla järjestelmät pyrkivät tasaamaan verimäärän tasaisesti ympäri kehoa huolimatta siitä, missä asennossa ihminen on (seisoo, istuu, seisoo päällään jne.). Tuulivoimaloiden onkin havaittu aiheuttavan mm. verenpainetta ja altistavan rytmihäiriöille. (Pierpont 2010; Nienstedt et al. 1997).

Vestibulaari- eli liike- ja tasapainojärjestelmä tekee paljon enemmän kuin mahdollistaa pystyasennon, ylläpitää tasapainoa sekä sallii liikkumisen ympäröivässä tilassa. Se koordinoi näköainin, liike- ja asentotunnon (lihakset, nivelet, iho) sekä sisäkorvan tasapainoelimen kautta tulevaa tietoa ja säätää sydämen sykettä, lihasjänteyttä, raajojen asentoa, immuunivastetta, vireystilaa ja tasapainoa. Kuuloainin osallistuu keskeisesti vestibulaarijärjestelmän toimintaan. Tasapaino- ja kuulohermot yhdistyvät ja muodostavat kahdeksannen aivohermon. Mikä tahansa, mikä häiritsee kuuloainin toimintaa, voi myös vaikuttaa tasapainoelimen toimintaan. (Ambrose & Rand 2011).

"Tutkimus vahvistaa, että suuret teolliset tuulivoimalat voivat tuottaa todellisia ja haitallisia terveysvaikutuksia. Siinä esitetään tämän johtuvan sykkivästä, akustisesta paineesta, joka ei liity kuultavaan taajuusalueeseen ja joka vaikuttaa tasapainojärjestelmään etenkin hiljaisessa ympäristössä. Tutkimustuloksissa korostuu tarve epidemiologiselle ja laboratoriotutkimukselle, jota julkisen terveyden ja hyvinvoinnin parissa työskentelevien lääketieteen ammattilaisten ja akustikkojen tulisi tehdä. Tutkimus alleviivaa tehokkaampien ja ennaltaehkäisevämpien suojaetäisyyksien tarvetta. On erityisen tärkeää luoda turvamarginaali, joka on riittävä estämään kuuloalueen alapuolella olevan matalataajuisen tuulivoimalamelun vaikuttaminen ihmisen tasapainojärjestelmään."

(Ambrose & Rand 2011. Sitaatti alkukielellä liitteessä 4.)

Lähellä tuulivoimaloita asuvilla ihmisillä, niin lapsilla kuin aikuisillakin, on havaittu ongelmia kognitiivisessa eli tiedon prosessoinnissa ja muistamisessa. Tämä on tullut esiin mm. ongelmia lukemisessa, laskemisessa, kirjoittamisessa ja ohjeiden noudattamisessa. Samanlaisia oireita on havaittu potilailla, joilla on tasapainohäiriöitä. Sisäkorvan vaurioista kärsivillä potilailla puolestaan esiintyy usein huimausta, päänsärkyä, niskajäykkyyttä ja univaikeuksia. Näitä

kaikkia oireita on havaittu myös ihmisillä, jotka ovat sairastuneet asuttuaan tuulivoimalan läheisyydessä. (Pierpont 2010).

Tamura et al. 2012 tutki kroonista infraäänien vaikutusta tasapainoon hiirikokeiden avulla. Tuloksena oli se, että infraääni kohtuullisilla tasoilla aiheutti tasapainon vajaatoimintaa, johon liittyy tasapainoelimen morfologisia muutoksia ja siitä syystä hapetusstressin lisääntymistä. Näin ollen kroonisen infraäänelle altistumisen riskit ja sen vaikutukset tasapainoon kohtuullisella tasolla olisi tärkeää huomioida. (Tamura et al. 2012).

Sisäkorvan vestibulaari- eli tasapainojärjestelmä kehittyy aina 12-vuotiaaksi asti, jolloin se on aikuisen tasolla. Mitä tapahtuu, jos lapsi saa tuona kehityskautena häiritsevää informaatiota sisäkorvan kautta infraäänien muodossa? Mitä jos tuo häirintä on jatkuvaa, ympärivuorokautista ja ympärivuotista? Entä mitä vaikutuksia infraäänellä on sensorisen integraation (=eri aistien kautta tulevan tiedon jäsentäminen) kehittymiselle? Sensorisen integraation kehittyminen alkaa jo sikiöaikana, ja sen kehitys on suurinta ensimmäisten 7 ikävuoden aikana. Silloin kun sensorinen integraatio toimii, ihminen kykenee vastaanottamaan ja jäsentämään aistimuksiaan sujuvasti ja reagoi niihin asianmukaisella tavalla. Tämä luo perustan kaikelle älylliselle ja toiminnalliselle tekemiselle.

"Korvamme eivät ainoastaan kuuntele; niillä on olennainen tehtävä ympäristöolosuhteiden aistimisessa. Korva hoitaa monia toisiinsa liittyviä toimintoja, jotka ovat edellytyksenä henkilökohtaiselle hyvinvoinnillemme ja vaikuttavat siihen."

(Ambrose & Rand 2011. Sitaatti alkukielellä liitteessä 4.)

Tuulivoimaloiden aiheuttamat akuutit oireet

Seuraavassa on lueteltu oireita, joita kliinisessä työssä on havaittu ilmaantuvan sen jälkeen, kun ihmisen elinympäristöön on tullut tuulivoimala tai -voimaloita. Oireet useimmiten helpottuvat tai jopa häviävät, kun ihminen poistuu tuulivoimaloiden vaikutusalueelta.

Tasapainoelimen toimintahäiriöiden oireita

- unihäiriöt
- päänsärky (migreeni mukaan lukien)
- tinnitus
- paine korvassa (usein kuvaillaan kivuliaaksi)
- tasapainovaikeudet
- huimaus
- pahoinvointi
- näön hämärtyminen
- ärtyneisyys
- muisti- ja keskittymishäiriöt

- paniikkikohtaukset
- takykardia (sydämen tiheälyöntisyys)

Akuutti fysiologinen stressi

- erilaiset rytmihäiriöt
- korkea verenpaine, jonka hoitava lääkäri tai kardiologi on arvioinut epävakaaksi. Vaihtelee sen mukaan, miten henkilö altistuu toimiville tuulivoimaloille.

Harvinaiset, mutta esiintyessään vakavat tilat

Seuraavat kolme tilaa ovat harvinaisia mutta tärkeitä mainita, sillä ne saattavat olla hengenvaarallisia. Niitä on tunnistettu Australiassa, Kanadassa ja Saksassa, kun ihminen on altistunut tuulivoimaloiden tai kaivostoiminnasta aiheutuvalle infraäänelle ja matalataajuiselle melulle.

- Takotsubo -kohtaus eli adrenaliinin nousuun liittyvä sydänkohtaus ilman tavallista akuuttia emotionaalista stressitekijää (esim. läheisen kuolema), mutta johon liittyy altistumista toimiville tuulivoimaloille tai infraäänelle ja tärinälle (kaivostoiminta)
- Akuutti hypertensiivinen kriisi (verenpaine kriisi)
- Crescendo angina (epävakaa rasisrintakipu)

Muut akuutit oireet (jotkut liittyvät krooniseen altistumiseen)

- Jaksottaiset vartalon tärinäntunteet (etenkin huulet, rinta, vatsaontelo)
- Raivokohtaukset
- Kivuliasta paineen tunnetta korvassa seurannut tärykalvon verenvuoto, silloin kun taustalla ei ole traumaa tai aiempia oireita
- Kuulon heikkeneminen
- Kuukautiskierron häiriöt, joihin kuuluu voimakas verenvuoto sekä huomattavat kierron muutokset
- Merkittävästi alentunut kyky tehdä monta asiaa yhtäaikaista vaikeuttaen ihmisen kykyä suoriutua päivittäisistä toimistaan
- Huomattavia vaikeuksia selvitä päässälaskuista, kun aiemmin laskeminen on onnistunut helposti
- Yliherkkä kuulo (hyperakusia) – äärimmäinen herkkyys ”normaaleille” äänille, joka joissakin tapauksissa on jatkunut jopa 6 vuotta infraäänialtistuksen päättymisen jälkeen
- Häiriöt kilpirauhasen aineenvaihdunnassa, joka korjaantuu infraäänialtistuksen päätyttyä [1]

Tuulivoimailoiden aiheuttamat krooniset oireet

Pitkään jatkuessaan infraäänialtistus voi johtaa vakaviin sairauksiin, kuten sydäninfarktiin (Castelo Branco 1999; Castelo Branco et al. 1999), syöpään (Silva et al. 1996; Castelo Branco et al. 1999), epilepsiaan (Martinho Pimenta et al. 1999a), raivokohtauksiin (Castelo Branco et al. 1999) ja itsemurhaan (Castelo Branco et al. 1999). (Alves-Pereira & Branco 1999).

Stressi

Tuulivoimasta aiheutuvat oireet tulevat pääosin autonomisen hermoston alueelta. Infraäänten keskeisin vaikutusalue on aivojen hypotalamus ja sitä kautta HPA-akseli (hypotalamus-aivolisäke-lisämunuais-akseli) eli stressinsäätelyjärjestelmä. Keho reagoi stressiin käynnistäen monimutkaisen sarjan fysiologisia muutoksia, joista suuri osa on seurausta autonomisen hermoston ja HPA-akselin aktivaatiosta. Stressireaktioon liittyy muutoksia tarkkaavaisuudessa, vireystilassa ja emotionaalisisessa tilassa.

Stressaavassa tilanteessa kehomme reagoi samalla tavoin kuin tuhansia vuosia sitten. Taistele tai pakene -reaktio ("fight or flight -reaction", FFR) ja siihen liittyvät keholliset muutokset, kuten glukoosin ja rasvahappojen vapautuminen verenkiertoon, sykkeen nousu, käsien ja jalkapohjien hikoilu, adrenaliinin ja noradrenaliinin vapautuminen verenkiertoon, ovat nykypäivän elämässä usein ylimitoitettuja. Vaikka tällainen voimakas reagoimistapa voi edelleen monissa tilanteissa pelastaa ihmisen, niin stressitutkimuksessa tällaisia korostuneen voimakkaita reaktioita on tutkittu fyysisen sairastumisen riskitekijöinä. Tahdosta riippumattoman eli autonomisen hermoston välittämät reaktiot alkavat lyhyellä viiveellä ja palautuvat minuuteissa. Mikäli stressaava tilanne jatkuu pidempään, niin myös hitaammin reagoivat ja palautuvat hormonaaliset säätelyjärjestelmät aktivoituvat. HPA-akseli, keskeinen stressin vaikutuksia välittävä fysiologinen systeemi, aktivoituu voimakkaasti psykososiaalisessa stressissä, jolloin kortisolitaso nousee voimakkaasti. (Puttonen 2006).

Australialaisen Radio Nationalin radio-ohjelmassa 2010 aivotutkija Bruce McEwen sekä pediatrian professori W. Thomas Boyce käsittelivät stressiä. Heidän mukaansa lääketiede on alkanut ymmärtää stressin yhteyden mm. sydän- ja verisuonisairauksiin ja masennukseen. Lisääntymässä on myös tieto tulehduksen merkityksestä. Tulehduksella on oma osuutensa aina syöpäsairauksista sydän- ja verisuonisairauksiin.

Elimistö reagoi stressiin tuottamalla kemiallisia yhdisteitä, hormoneja, kuten kortisolia, adrenaliinia ja sytokiineja. Autonominen hermosto pitää sydämen sykkeen tasapainossa ja vaikuttaa tulehdusprosesseihin sekä aineenvaihduntaan. Näin ollen on olemassa kokonainen verkosto, joka toimii aktiivisesti, kun elimistö sopeutuu stressitilanteeseen. Tätä sopeutumista kutsutaan allostaasiksi. Mikäli elimistö ei kykene palautumaan allostaasista, siitä seuraa vakavia terveysongelmia, kuten liikalihavuus, diabetes, sydän- ja verisuonisairaudet,

niveltulehdus ja jopa joitakin rappeuttavia aivosairauksia (mm. Alzheimerin tauti). (McEwen ja Boyce 2010).

Muita tunnettuja stressiin liittyviä terveyshaittoja

- Alentunut immunitaetti (mm. kohonneen kortisolin vuoksi), joka johtaa lisääntyviin akuutteihin ja kroonisiin tulehduksiin (esim. poskiontelontulehdus). Nämä voivat hoitamattomina johtaa syöpään.
- Hedelmällisyyteen ja hormonaaliseen kiertoon liittyvät häiriöt.
- Jo olemassa olevien tulehdussairauksien paheneminen, kuten astman, niveltulehduksen ja tulehduksellisen suolistosairauden, tai uusien tulehdussairauksien ilmeneminen.
- Hammassairaudet (kuiva suu ja alentunut immunitaetti). [1]

Stressi ja lapset

Reaktiomme stressiin alkavat jo kohdussa, sillä äidin stressihormoneja välittyy istukan kautta sikiön verenkiertoon. Näin ollen stressinsietokyvyssä on suuria yksilöllisiä eroja jo syntyessä. Oksitosiini on hyvä lääke stressiin – kun oksitosiinia vapautuu verenkiertoon, stressihormoni kortisolin määrä veressä puolittuu. Ihon ja hormonien välillä on suora yhteys, ja kosketuksella voidaan joko lisätä oksitosiinin eritystä (rauhottava kosketus, silittäminen, sylissä pitäminen) tai lisätä stressihormonin erittymistä (kivulias kosketus). Stressaantuneet lapset osaavat luonnostaan hakeutua syliin ja sitä kautta hakea apua stressiin.

”Stressireaktio kuuluu oleellisena osana elämään, sitä tarvitaan erilaisista haasteista selviämiseen. Siksi sitä pitää myös harjoitella sopivien stressilastien ja sopivien vastoinkäymisten kanssa. Mutta se kriittinen kysymys on tietysti se, että milloin se ympäristöstä tuleva kuormitus ylittää juuri sen yksilön oman sietokyvyn.”

(nuorisopsykiatrian erikoislääkäri Linnea Karlsson)

Lapsen aivot ovat paljon herkempiä stressin haitallisille vaikutuksille kuin aikuisten aivot ja niille täytyy antaa kasvurauhaa. Pitkittynyt lapsuusiän stressi on yhdistetty mm. mielenterveyden ongelmiin, diabetekseen, lihomiseen ja rasva-aineenvaihdunnan häiriöihin.

Tiedossa ovat herkkyyskaudet, jolloin keskushermosto on erityisen altis kaikenlaisille stressireaktioille ja joiden vaikutukset ovat mukana aiheuttamassa pysyviä tai ainakin hyvin pitkäaikaisia muutoksia, ovat sikiökausi, vauvaikä sekä murrosiän puhkeamisen aika. [2]

Lapsi voi reagoida stressiin kärsimällä esim. päänsärystä, pahoinvoinnista tai mahakivusta. Lasten, erityisesti pienten lasten, stressiä havainnoidessa tulee huomio kiinnittää käyttäytymisessä tapahtuviin muutoksiin (kuten aktiivisuus, mieliala, syöminen). [3]

PTSD (post traumatic stress disorder = traumanjälkeinen stressihäiriö) on ahdistuneisuushäiriöihin luokiteltu psykiatrinen häiriö, joka saattaa kehittyä traumaattisen tapahtuman kokemisen tai todistamisen seurauksena. Traumaattisella tapahtumalla tarkoitetaan tilannetta, jossa henkilön tai hänen läheistensä henki, terveys tai fyysinen koskemattomuus on uhattuna. Tällaisia tapahtumia ovat esimerkiksi sota, luonnonkatastrofi, liikenneonnettomuus, perheväkivalta tai seksuaalinen hyväksikäyttö. [4] PTSD-potilaiden on havaittu erityisesti kärsivän tuulivoimaloiden aiheuttamista terveyshaitoista stressin lisääntymisen myötä.

Inagakin et al. (2014) tutkimuksessa altistettiin 15 japanilaista tuulivoimalatyöntekijää 600 kW:n tuulivoimalan tuottamalle melulle laboratorio-olosuhteissa. Tutkimus osoitti muutoksen aivojen toiminnassa: ne eivät kyenneet saavuttamaan rentoutumisen tilaa. Toisin sanoen äänienergia aiheutti suoraan fysiologisen stressitilan aivoissa, mikä todettiin objektiivisissa EEG-mittauksissa. Näin ollen tuulivoimaloiden lähiasukkaille aiheuttamaa stressireaktiota ei voida määritellä kuvitelluksi nocebo-vaikutukseksi. (Inagaki et al. 2014).

Unihäiriöt

Unen tehtävät lyhyesti:

- Ehkäisee stressiä, ylläpitää vastustuskykyä ja torjuu sairauksia.
- Ylläpitää aineenvaihdunnan ja hormonitoiminnan tasapainoa.
- Palauttaa elimistön voimatasapainon ja lataa akut.
- Palauttaa henkisen voiman ja vireyden.
- Auttaa käsittelemään tunteita.
- Ylläpitää muistin ja oppimisen edellytyksiä. [5]

Uni on keskeinen mekanismi stressistä toipumisessa. Pitkittynyt stressi voi johtaa krooniseen univajeeseen, joka altistaa puolestaan sairauksille, kuten metabolisen oireyhtymän eri komponenteille tai masennukselle. Tavallista pidempi tai lyhyempi yöuni lisää kuolleisuutta.

Unen häiriintyminen ja sen seuraukset

Tuulivoimaloiden lähiasukkaat kärsivät yleisesti unihäiriöistä, joita ei esiinny, kun he eivät altistu toiminnassa oleville tuulivoimaloille (esim. ovat poissa kotoa). Uni häiriintyy seuraavista syistä:

- kuuluva melu (etenkin jos talo ei ole hyvin eristetty, ikkunat ovat auki ja talo sijaitsee lähellä voimalaa)
- heräämiset yöllä paniikitilassa (moni sellainen, joka asuu kauempana voimaloista eikä voi nähdä tai kuulla voimaloita, raportoi tästä)
- väkivaltaiset ja häiritsevät unet niin lapsilla kuin aikuisillakin. Painajaiset voivat toistua kerta toisensa jälkeen saman yön aikana
- lisääntynyt virtsaamisen tarve, joskus jopa 10 minuutin välein ja jopa tunnin ajan (voi tapahtua samanaikaisesti monella samassa talossa asuvalla)
- yökastelu lapsilla, joilla joskus aiemmin on ollut yökastelua, mutta jotka ovat pysyneet jo joitakin vuosia yöt kuivina

Jatkuvien unihäiriöiden tunnettuja seurauksia: sydän- ja verenkiertoelimistön toiminnan häiriöt, diabetes, mielenterveyshäiriöt kuten masennus ja levottomuus, alentunut vastustuskyky, uupumus (alentaen työkykyä ja nostaen onnettomuusriskiä). [6]

Unilääketieteen ja unihäiriöiden erikoislääkäri Christopher Hanning (2012) käsitteli raportissaan tuulivoimaloiden vaikutusta uneen. Hänen mukaansa melu voi häiritä unta aiheuttamalla heräämisiä, joita muistetaan ja vielä todennäköisemmin heräämisiä, joita ei muisteta. Molemmat häiritsevät unta, eikä uni ole tällöin palauttavaa. Tuulivoimaloiden aiheuttamien unihäiriöiden tutkimuksessa on keskitytty heräämisiin, jotka muistetaan, jolloin kokonaisvaikutusta on aliarvioitu.

Riittämätön tai huono unen laatu johtaa moniin terveydellisiin haittoihin väsymyksen ohella. Niitä ovat mm. lihavuus, muistihäiriöt, lisääntynyt riski sairastua diabetekseen ja sydänsairauksiin sekä korkea verenpaine. Herkkien väestöryhmien, kuten lasten ja vanhusten, riski voi olla vielä suurempi. (Hanning 2012).

Hanning ja emeritusprofessori Alun Evans ottivat British Medical Journal -julkaisussa 3/10/12 kantaa tuulivoimaloiden vaikutuksista terveyteen:

"On olemassa kiistämättömät todisteet siitä, että riittävä uni on edellytys ihmisten, erityisesti lasten, terveydelle. Hallitukset ovat viime aikoina kiinnittäneet paljon huomiota ympäristömelun vaikutuksiin, unen kestoon ja laatuun ja siihen, kuinka melua vähennetään. Kuitenkin samaan aikaan hallitukset ovat määränneet lisää teollisuusluokan tuulivoimaloita rakennettavaksi rauhalliselle maaseudulle."... "Pian sen jälkeen, kun tuulivoimaloita alettiin pystyttää lähelle asutusta, valituksia terveyshaitoista on tehty. Unen häiriintyminen on ollut suurin syy valituksiin. Tällaisten kertomusten on sanottu olevan subjektiivisia ja kuviteltuja, mutta asiantuntijoiden mukaan valitusten määrä, johdonmukaisuus ja valitusten kattavuus ovat todisteita siitä, että tuulivoimalamelulla, huonolla terveydellä ja unihäiriöillä on vahva yhteys." ... "On olemassa suuri määrä todisteita siitä, että tuulivoimalat häiritsevät unta ja vaikuttavat terveyteen."... "Nykyisillä melumittaustekniikoilla ja -mittareilla on taipumus peittää impulssimaisen matalataajuisen melun ja infraäänien osuutta."... "Unihäiriöt voivat olla erityinen ongelma lapsille, ja tällä voi olla merkittäviä vaikutuksia kansanterveydelle. Kun etsitään tapoja tuottaa uusiutuvaa energiaa tuulesta, hallitusten on varmistettava, etteivät kansalaiset kärsi vahinkoa ylimääräisestä ympäristömelusta."

(British Medical Journal 3/10/12: Wind Turbine Noise).

Akustikot Stephen E. Ambrose ja Robert Rand asuivat tutkimuksensa (2011) ajan tuulivoimaloiden läheisyydessä paikallisen asukkaan kodissa. Eräänä yönä tuulen nopeuden ollessa napakorkeudessa yli 10 m/s he havaitsivat, että vaikka melutaso sisätiloissa oli matala, n. 20 dB(A), heidän yöunensa häiriintyi. Mikä häiritsi heidän untaan? Oman kokemuksensa pohjalta akustikot olettivat, että tuulivoimalan tuottaman amplitudimoduloituneen äänen ylittäessä säännöllisesti 22,9 Hz:n rajan ääni ei ollut vielä kuultavissa mutta se ylitti tasapainoelimen havaintokynnyksen. Taajuudeltaan 22,9 Hz:n ääni on taajuus, joka sijaitsee ihmisen aivoaaltojen beta-alueen ylärajalla. Se on myös aivoaaltotaajuus, jolloin ihminen on hälytystilassa, pelästynyt tai taistelee tai pakene -reaktion (FFR) aiheuttamassa stressitilassa. Tutkijoiden mukaan tuulivoimaloiden tuottama 22,9 Hz:n ääni välittyi sisäkorvan tasapainoelimen kautta aivoihin ja, koska se oli ristiriidassa aivoaaltojen uniajan luonnollisten taajuuksien kanssa, uni keskeytyi ja nukkuja heräsi. Unen aikana aivoaallot ovat normaalisti theta- (4–7 Hz) tai delta (< 4 Hz) -alueilla. (Ambrose & Rand 2011).

"Professori McMurtry kertoi komitealle:

... sanan "harmi" [annoyance] merkitys tuulivoimalakontekstissa on "stressi, ahdistus, nukahtamisen vaikeus ja unihäiriöt" [...] niinpä kyseessä on hyvin vakava asia. Yleisimmiksi ongelmiksi havaitsemme kiistatta unihäiriöt ja stressin. Nämä kaksi löytyvät aina. Tasapainoelimen häiriöitä esiintyy myös. Epäilemättä tasapainoelimen häiriintyessä henkilö voi tuntea ahdistusta, huonovointisuutta tai kuvotusta, esimerkiksi. Se voi olla [elimistön] mekanismi. En missään tapauksessa jätä sitä huomiotta, ja tarkastelen sitä diagnostisissa kriteereissäni."

(Dr Robert McMurtry, Proof Committee Hansard, Sydney, 29 June 2015, p. 8.
Sitaatti alkukielellä liitteessä 4.)

Kudosvauriot

Alla olevia kudosvaurioita on raportoitu Saksassa alueilla, joilla tuulivoimaloita on ollut yli 10 vuotta:

- sydänpussin paksuuntuminen
- sydämen mitraali- ja kolmiliuskaläpän paksuuntuminen
- suun haavaumat, joita on tyypillisesti kuvailtu vibroakustisessa sairaudessa (VAD) [1], [7]

VAD (vibroacoustic disease eli vibroakustinen sairaus) aiheutuu pitkään jatkuneesta altistumisesta infraäänelle. Löydökset: kollageenin ja elastiinin epänormaali kasvu, joka saa aikaan mm. sydämen ja hengityselinten rakenteiden paksuuntumista. Havaittu infraäänelle altistuneilla, sekä ihmisillä että eläimillä. Voidaan todentaa ultraääni- eli kaikututkimuksen avulla.

"VAD:ia ei ole virallisesti tunnustettu, ja ne, joilla on VAD:n kliiniset oireet, leimataan tekeytyvän sairaiksi (jos kyse työssä käyvästä) tai neuroottisiksi (jos nainen ja/tai kotiäiti). Pahimmillaan heitä pidetään "yliherkkinä" yksilöinä. Koska infraäänialtistumista ei pidetä terveydelle vaarallisena viranomaisten taholta, sitä harvoin edes arvioidaan. Lisäksi infraääneen liittyvät tutkimukset eivät ole "muodissa", ja siten mahdollisuus saada rahaa tutkimukseen on käytännössä olematon. Koska infraääni aiheuttaa maailmanlaajuisesti kärsimystä miljoonille ihmisille, tilanne on epäeettinen, kestämaton ja suorastaan hävytön."

(Castelo Branco & Alves-Pereira 2004)

VAD:ia on diagnosoitu monilla ammattiryhmillä (mm. ilmailuala, raskasteollisuus). Nyt kuitenkin VAD on lisääntynyt tavallisen kansan keskuudessa ja sitä esiintyy jopa lapsilla. Tämä johtuu sekä infraäänien luonteesta että sitä koskevan lainsäädännön puuttumisesta.

Kollageenin ja elastiinin epänormaalista kasvusta (ilman tulehduksellista prosessia) johtuvaa paksuuntumaa on havaittu verisuonissa, sydämen rakenteissa, henkitorvessa, keuhkoissa ja munuaisissa niin ihmisillä kuin eläimilläkin. VAD-potilailla on tyypillisesti normaaliarvoja yleisissä tutkimuksissa (kuten EKG, EEG ja monet verikokeet). Sen sijaan rakenteellisia muutoksia voidaan havaita ekokardiografian, aivojen MRI:n tai histologisten tutkimusten avulla. (Alves-Pereira M. & Castelo Branco, 2015a). [7]

Tuulivoimaloiden aikaansaama painepulssi on lepakoille turmiollinen, sillä äkillinen paineenmuutos rikkoo niiden keuhkot ja ne kuolevat. Tutkijoiden mukaan linnuilla ei vastaavia painevammoja esiinny, sillä niiden ainutlaatuinen hengitysteiden anatomia on vähemmän altis painevaurioille kuin vastaavasti nisäkkäiden. (Baerwald et al. 2008).

Sikiöiden keskenmenot ja kehitysvammat



Esimerkkejä tuulivoimaloiden infraäänien aiheuttamasta geeniekspression vaimennuksesta: epämuodostunut, silmätön minkki ja raajoiltaan epämuodostunut karitsa, molemmat tuulivoimaloiden lähialueelta.

On olemassa kasvava huoli mahdollisuudesta sikiön poikkeavuuksiin, kun tuulivoimalat ovat yhä suurempia ja niiden aiheuttama infraääni ja värinä lisääntyvät. Maanviljelijät, joiden karjaa (naudat, lampaat) pidetään lähellä tuulivoimaloita, ovat raportoineet sikiöiden epämuodostumista. Näiden epämuodostumien määrä on huomattavasti lisääntynyt sen jälkeen, kun tuulivoimalat ovat aloittaneet toimintansa. Ne viljelijät, jotka ovat raportoineet epämuodostumista, ovat pitäneet tarkkaa kirjaa eläinten lukumäärästä ja ongelmista. Etiologia ei ole selvä, mutta infraääni ja värinä ovat varmasti yksi syy. Infraäänien aiheuttama geeniekspression vaimennus voi olla merkittävässä osassa aiheuttaen kehitysvammoja alkioille ja sikiöille. [1]

Tanskassa minkkitarhuri raportoi 1600 keskenmenneestä minkinpoikasesta keväällä 2014. Lisäntymisongelmat minkeillä alkoivat, kun 328 metrin päähän minkkitarhasta pystytettiin neljä Vestas V112 tuulivoimalaa, teholtaan 3 MW. Minkkitarhan eläinlääkäri kertoi, että ennen voimalaa oli tavallisesti 5–10 minkillä keskenmeno, mutta nyt niitä oli ollut 320. Lisäksi 963 minkkiä oli steriilejä. Ongelmia oli myös pariutumisessa. Ne minkit, jotka saivat poikasia, saivat niitä vain 3–4 kappaletta, kun aiemmin pentueessa oli ollut 5–6 poikasta. Minkeillä oli myös lukuisia epämuodostumia, yleisimpänä silmämunien puuttuminen. Eläinlääkäriin mukaan muita muutoksia minkkien elinympäristössä tai ravinnossa ei ollut kuin lähelle pystytetty tuulivoimala. [8]



Keväällä 2015 tämä vakava murhenäytelmä toistui. 2000 minkkiä syntyi kuolleina, 698 menehtyi hätäantyneiden emojen repiessä ne kuoliaiksi, ja epämuodostumien osalta tilanne oli suunnilleen sama kuin vuonna 2014. Kukaan viranomainen ei ole vielä puuttunut asiaan. [9]

Kehon ominaistajuudet ja resonanssi

Koska ääni etenee ilmassa ilmanpainevaihteluina (tihentyminä ja harventumina), puhutaan ääniaalloista. Ääniaallon pituus on kahden tihentymän (ilmanpainemaksimin) välinen matka. Myös infraääni etenee paineaaltona, joka kulkeutuu helposti ikkunoiden ja seinien läpi. Ääniaalto osuu levitessään myös muualle ihmiskehoon kuin vain korviin. Infraäänen paineaallot vaikuttavat koko kehoon ja kaikkiin elimiin, jotka viestittävät siitä aivoihin – huomattava osa tästä on vielä täysin tutkimatta. Se, että ihmisen kehosta yli 70 % on vettä ja että vedessä ääni kulkee 5 kertaa tehokkaammin kuin ilmassa, tuo oman haasteensa ymmärtää infraäänen vaikutuksia ihmisen elimistöön.

Ominaistajuus on värähtelytaajuus, jolla jokin kiinteä kappale tai systeemi värähtelee herkemmin kuin muilla taajuuksilla. Resonanssi eli myötävärähtely on fysiikan ilmiö. Resonanssi-ilmiössä kaksi saman taajuista värähtelijää saavat toisensa värähtelemään.

Musiikki- sekä fysioterapiassa hyödynnetään fysioakustista menetelmää, jossa käytetään matalataajuisia siniääntä. Siniääni on ääntä, joka sisältää vain yhtä taajuutta, eli se on kaikkein yksinkertaisinta ja puhtainta ääntä (Wigram et al. 2002). Äänivärähtelyllä on havaittu vaikutuksia kehon toimintoihin kuten verenpaineeseen, sykkeeseen ja hengitykseen, mikä on ollut pohjana äänivärähtelyä käyttäviin hoitomenetelmiin (Boyd-Brewer & McCaffrey 2004).

”Jokaisella ihmisen kudostyypillä on oma ominaistajuutensa. [Äänistimulaation] käytön aikana kudosten ominaistajuus myös vaihtelee. Taajuusvaihtelu takaa sen, että kudosten ominaistajuus saavutetaan aina jossakin vaiheessa ja kudokset saadaan näin reagoimaan ääniärsykkeeseen eli resonnoimaan.”...”Tasaisena jatkuva stimulaatio saattaa olla hyödyllistä, mutta sen pitkittyessä kehon vastavaikutus voi aiheuttaa mm. lihasten puutumista ja jännittymistä tai muita haitallisia sivuvaikutuksia.”

www.fysioakustiikka.com

Fysioakustisen menetelmän äänivärähtely on kontrolloitua, toisin kuin esimerkiksi ajoneuvoista ja raskaista koneista välittyvä värähtely, jolle ihminen saattaa altistua päivittäisessä elämässään. Fysioakustista hoitoa ei suositella raskaana oleville tai henkilöille, joilla on verenvuotoja, äkillisiä tulehduksia tai vakavia sydänsairauksia. (Lehikoinen 1998; Rinne 2009).

Michael Persinger, kognitiivisen neurotieteen tutkija ja professori, tutkimuksessaan Infrasound, human health, and adaption: an integrative overview of recondite hazards in a complex environment (2013):

"Infraäänellä näyttää olevan erityinen kyky vaikuttaa ihmisten terveyteen ja sopeutumiseen, koska sen taajuudet ja amplitudit ovat lähellä ihmisen elimistössä syntyvien taajuuksien amplitudeja."

Zhaohui et al. (2013) Cardiac Peroxisome Proliferator-Activated Receptor- γ Expression is Modulated by Oxidative Stress in Acutely Infrasound-Exposed Cardiomyocytes:

"Infraäänen korkeat painetasot voivat aiheuttaa resonanssivasteita kehon onteloissa. Ihmisen rakentamat infraäänilähteet ja infraäänen mahdolliset haitat ovat lisääntymässä. Infraääni aiheuttaa biologista resonanssia, joka voi suoraan ja epäsuorasti johtaa erilaisiin biologisiin seurauksiin. Toisinaan infraäänelle altistumisesta on seurauksena koko organismin, elinten, kudosten ja solujen kuolema."

(Sitaatti alkukielellä liitteessä 4.)

Sidekudoksen rooli infraäänen aistimisessa

Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että sidekudoksen eli faskian rooli on keskeinen liikkeiden aistimisessa ja koordinoinnissa. Sidekudos muodostaa koko kehon kattavan anatomisen verkoston, joka toimii asentoaistina viestien herkästi liikkeestä: faskian hermotus on kymmenkertainen lihaskudokseen verrattuna. Sidekudos muodostaa yhden elimistömme herkimmistä sensorisista elimistä. (Lahtinen-Suopanki 2015; Wilke et al. 2015) [21]

Myofaskiaalisen kivun, eli lihaksista ja sidekudoksista peräisin olevan kivun, tiedetään ilmenevän mm. päänsärkynä, niska- ja selkäkipuina ja lantion alueen kipuina. Niillä, joilla myofaskiaaliseen kipuun on liittynyt niska- ja kasvolihaksia, on havaittu myös oireina huimausta, tinnitusta ja tasapainohäiriöitä. [22]

On oletettavaa, että sidekudoksella on keskeinen rooli infraäänen aistimisessa. Se selittäisi monia tuulivoimaloiden läheisyydessä asuvien, ja infraäänelle jatkuvasti altistuvien, oireita.

Tuulivoimalan aiheuttaman värinän vaikutus

Tuulivoimaloiden aiheuttamaa seismistä aalto liikettä eli maaperän värinää on tutkittu useissa eri tutkimuksissa. Sen vaikutusalue ulottuu maaperästä riippuen 2–18 kilometrin päähän tuulivoimalasta. Aalto liike kuitenkin näyttäisi vaimenevan 2,5–3 kilometrin etäisyydellä tuulivoimalasta huomattavasti. (Saccorotti et al. 2011; Styles et al. 2005; Fiori et al. 2009; Bakker et al. 2009; Cooper 2014).

Teollisen lapatuulivoiman tekninen toteutus on luonteeltaan ongelmallinen. Erityisesti suurilla tehoilla se toimii fysiikan ilmiöiden kannalta ongelma-alueilla, koska infraääni- ja matalataajuinen melu kasvaa epälineaarisesti tehon kasvaessa. Pitkät lavat aiheuttavat suuria ja vaihtelevia vääntövoimia torniin.

Matala taajuus syntyy suurten rakenteiden värähtelystä. Suuren tuulivoimalan torni toimii "jousen" roolissa. Generaattori ja konehuone muodostavat yhdessä tornin kanssa jousi-massa-resonaattorin, joka johtaa matalataajuisen värähtelyn maaperään. Maaperän johtavuudesta riippuen melulla on vaikutusalueensa. Nykyään vallalla oleva lapatuulivoimaloiden rakenneratkaisu on erittäin vaikea värähtelyjen vaimentamisen kannalta.

Infraääni- ja matalataajuisen melun ongelmat ovat tunnettuja esimerkiksi suurista laivadieseleistä ja turbiineista. Niiden vääntövärähtelyjä on onnistuttu vaimentamaan erilaisilla teknisillä ratkaisuilla, esimerkiksi koteloimalla rakenteita ja rakentamalla resonaattoreita. Suurta tuulivoimalaa ei voi koteloida.

Portugalissa 2012 valmistuneessa tutkimuksessa tutkittiin tuulivoimaloiden vaikutusta hevostilan 11 hevoseen. Kun lähellä aloitti toimintansa 5 tuulivoimalaa, aiemmin terveillä hevosilla havaittiin jalkojen virheasentoja. Aiemmista tutkimuksista tiedetään, että vibraatio eli värähtely vaikuttaa luukudoksen aineenvaihduntaan. Tämä tutkimus osoitti, että tuulivoimaloiden aiheuttama vibraatio kiihdytti luiden kasvua ja johti jalkojen virheasentoihin. (Pereira Costa e Curto 2012).

Vibraatiota eli värinähoitoa on käytetty jo pitkään potilaiden fysioterapiassa mm. tehostamaan lihassupistuksia sekä tehostamaan verenkiertoa ja aineenvaihduntaa. Värinähoitoa ei saa antaa raskaana olevalle ja vain rajoitetusti henkilöille, joilla on implantteja tai sydämentahdistin. (Sjukgymnasten 2004:1:28-31).

On olemassa tutkimustietoa siitä, kuinka meluun liittyvä värinä vaikuttaa alkioon suhteellisen suurina annoksina. Sitä ei tiedetä, mitä vaikutuksia pienellä määrällä värinää on, kun altistuminen on pitkään jatkuvaa. Näyttää siltä, että terveyshaittoja ilmenee nopeammin henkilöillä, jotka altistuvat säännöllisesti värinälle. Erityisen tärkeää on huomioida se värinä, jolle ihminen altistuu makuuasennossa yöaikaan. Värinää on harvoin mitattu, vaikka se selvästi olisi tärkeää. [1]

Erityisen haavoittuvaisia

Erityisen haavoittuvaisia tuulivoimaloiden aiheuttamille haitoille ovat sikiöt ja lapset sekä vanhukset. Useat tutkijat ja asiantuntijat ovat nostaneet esiin huolensa koskien näitä ryhmiä.

Lisäksi erityisen alttiita haitoille ovat ne, joilla jo on:

- sisäkorvan sairaus
- matkapahoinvointia tai merisairautta
- migreeni
- epilepsia
- autismin kirjon oireyhtymä

Edellä mainitut saattavat oireilla välittömästi ollessaan toimivien tuulivoimaloiden tai muiden infraääntä ja tärinää aiheuttavien lähteiden lähellä. Mm. Schust (2004) tutkimuksessaan *Effects of low frequency noise up to 100 Hz* ilmaisi huolensa infraäänen ja tärinän yhteisvaikutuksesta, erityisesti koskien raskaana olevia sekä lapsia, ja toi esiin tarpeen jatkotutkimuksille.

Joillakin ihmisillä ilmenee uusia oireita ja toisilla jo olemassa olevat sairaudet pahenevat, kun taas toiset eivät oireile millään tavoin. Luonteenomaista tuulivoimasta aiheutuvalle oireilulle on se, että oireet helpottuvat tai poistuvat, kun asukkaat poistuvat kotoaan tai tuulivoimaloiden vaikutusalueelta ja palaavat, kun asukas tulee takaisin kotiinsa. [10]

Tuulivoimateollisuus tiedostaa ongelmat

Tuulivoimateollisuus on ollut täysin tietoinen infraäänien ja matalataajuisen melun aiheuttamista ongelmista. Sen osoittaa mm. Vestaksen toimitusjohtajan Ditlev Engelin 29.7.2011 päivätty kirje, joka on osoitettu Tanskan ympäristöministerille. Kirjeessä myönnetään se tosiasia, että tuulivoimalat tuottavat matalataajuisia ääntä ja että ”ei ole tällä hetkellä teknisesti mahdollista tehdä tuulivoimaloita, jotka tuottaisivat vähemmän melua”. Kirjeessä Vestaksen johtaja vetoaa myös siihen, miten merkittävässä asemassa yritys on Tanskan työllisyyttä ja vientiteollisuutta ajatellen. Tällä Vestas halusi vaikuttaa siihen, ettei Tanskassa asetettaisi rajoituksia infraäänelle – osittain myös siksi, että Tanska on tuulivoiman ”mallimaa” ja muiden valtioiden seurattessa sen esimerkkiä tuulivoimateollisuuden toiminta vaikeutuisi. (Liite 1: Vestas -kirje).

Infraääni on läpikäynnä ja sitä synnyttävien lähteiden määrä on lisääntymässä (kuten tuulivoimalat ja lämpöpumput). Vaikka infraääntä yleisesti pidetään ”ei-kuultavissa” olevana, sille altistuneiden valitusten määrä on kasvanut räjähdysmäisesti Saksassa, ja muissakin maissa esiintyy vakavia ongelmia. Siitä ollaan yhtä mieltä, että ihmiset aistivat infraäänien ja että se muodostaa lähes tuntemattoman vaaran ihmisten terveydelle. Valitettavasti käsityksiä mekanismeista ei ymmärretä laajalti, sillä aiheesta on olemassa vain rajallinen määrä luotettavia tutkimuksia ja tietoa. Infraäänien vaikutuksista terveyteen käydään ristiriitaisia keskusteluja ja tämä monimutkainen tilanne on johtanut siihen, että perusteltu pohja altistusrajoille, arviointimenetelmille ja turvallisuusmääräyksille puuttuu. (Kühler, Koch et. al. 2015).

Tuulivoimalat tuottavat myös kuultavaa melua. Meluherkkyys on biologinen ja ainakin osaksi periytyvä ominaisuus, johon kyseinen henkilö ei voi suuresti vaikuttaa. Melu häiritsee unta ja lisää stressin välityksellä useiden kroonisten sairauksien riskiä ja jo olemassa olevien tautien pahenemista. Suomalaisista 2/5 on meluherkkiä (naisista 36 %, miehistä 41 %). Pitkään jatkuessaan meluallistus on yksi verenpainetaudin, sepelvaltimotaudin ja sydäninfarktin riskitekijöistä. (Suomen Lääkärilehti 2012).

Yleisesti käytetty ja viranomaisten vaatima A-painotteinen mittaus on infra- ja matalataajuisen äänen kohdalla täysin vailla perusteluja, sillä se poistaa täydellisesti kaikista haitallisimman energian, joka on voimakkainta juuri alle 20 Hz:n taajuudella. Mm. Schomer et al. (2013) ja Punch et al. (2010) toteavatkin, että A-painotteinen mittausmenetelmä on riittämätön ja sopimaton kuvaamaan infraääntä. Euroopan unionin ympäristömeludirektiivissä kiinnitetään voimakkaasti huomiota melun terveyshaittoihin. Maailman terveysjärjestön WHO:n ja EU-komission selvitysten mukaan melu on merkittävin ihmisten terveyteen vaikuttava ympäristötekijä heti pienhiukkasten jälkeen. WHO:n Euroopan melusuosituksia ollaan parasta aikaa uusimassa ja niihin tulee osa, joka koskee tuulivoimaloita.

Australiassa terveyshaitat on otettu vakavasti

3.8.2015 Australiassa julkaistiin senaatin nimittämän Tuulivoimakomitean raportti. [11] Raportissa tartuttiin tuulivoimaloiden tuomiin ongelmiin ja esitettiin lukuisia suosituksia. Komitea suosittelee mm. riippumattoman tieteellisen komitean perustamista (Independent Expert Scientific Committee on Industrial Sound = IESC), joka vastaisi teollisuuden tuottaman melun tutkimuksesta ja neuvoisi ympäristöministeriötä sekä kuultavan äänen (sisältäen matalataajuisen äänen) että tuulivoimaloiden infraäänien vaikutuksista ihmisen terveyteen.

"Luku 2

2.1. Tuulivoimaloiden vaikutuksista terveyteen on kiistelty maailmanlaajuisesti, eikä Australia ole siinä poikkeus. Täällä, kuten monissa muissa maissa, on olemassa selvä erimielisyys: virallisen kannan mukaan tuulivoimalat eivät aiheuta mitään haittaa ihmisen terveydelle, ja toisaalta on olemassa vahvat ja jatkuvat empiiriset sekä biologiset todisteet siitä, että tuulivoimaloiden lähellä elävät ihmiset kärsivät samanlaisista fysiologisista oireista ja ahdistuksesta.

2.2. Tässä kyselyssä, kuten muissakin Australian parlamentin kyselyissä, komitea on saanut paljon empiirisiä todisteita siitä, että tuulivoimaloiden lähellä asuneet ovat kärsineet tuulivoimaloiden aiheuttamista haitallisista vaikutuksista terveyteen. Nämä valitukset eivät liity vain tiettyyn tuulivoimala-alueeseen tai tiettyyn alueeseen."

Raportin julkistamisen jälkeen mm. senaattori Leyonhjelm julkaisi tiedotteen [12], jossa hän mainitsee:

"Vain tuulivoimateollisuus ja sen kannustusjoukot ovat eri mieltä. Suunnittelussa ja määräysten noudattamisessa on räikeitä puutteita, minkä lisäksi on yhä enemmän kansallista ja kansainvälistä näyttöä siitä, että tuulivoimaloiden infra- ja matalataajuisella äänellä on haitallisia terveysvaikutuksia joihinkin niiden läheisyydessä asuviin ihmisiin. Tämä on asia, jota vastuuntuntoinen hallitus ei voi sivuuttaa."

(Sitaatti alkukielellä liitteessä 4.)

Australian senaattori Doug Cameron pyysi jo vuonna 2012 Waubra Foundation -järjestöltä listaa tuulivoimaloiden aiheuttamista havaituista oireista ja terveyshaitoista. Liitteenä on lääkäri Sarah Laurien vastaus senaattorille. Lista löytyy myös Waubran [www](http://www.waubra.com.au)-sivujen kautta. [6]

Tilanne Suomessa

Suomessa teollisuusluokan (yli 2 MW) tuulivoimaloille altistuneita ihmisiä on jo nyt paljon, ja joidenkin altistuneiden oireet ovat erittäin vakavia. Mikäli asiaan ei reagoida, meille tulee eteen väistämättä kansallinen katastrofi sairastuvuuden noustessa jyrkästi. Koska tuulivoimaloiden hajasijoittelulla levitetään niiden vaikutus laajalti koko maahan, tulee myös ongelmaksi jo vakavasti sairastuneiden asuinpaikan valinta ja vapaa liikkuminen. Vaikeimmat tapaukset ovat osoittaneet, että välimatkaa täytyy olla jopa 40 km asuinpaikan ja lähimmän tuulivoimalan välillä, jotta infraäänelle sekä muille tuulivoimalan tuottamille terveyshaitoille herkistynyt ihminen kykenee elämään siedettävästi.

Tuulivoimala vaikuttaa ihmiseen kokonaisvaltaisesti. Vaikutusmekanismit ovat yhtä monimutkaisia kuin ihmiskeho, samoin elimistön reaktiot vastaanotettuihin ärsykkeisiin. Tiedetään, että yksilöillä on suuria eroja siinä, kuinka paljon ympäristöstä tulevaa kuormitusta he sietävät ja miten he siihen reagoivat. Yhteiskunta ei voi kuitenkaan toimia niin, että heikoimpia ei oteta huomioon (sikiöt, lapset, vanhukset, sairaat, herkästi reagoivat, jo altistuneet ja oireilevat sekä eläimet).

Infraääni on osa ihmisen elinympäristöä. Ihmiskehon kyky sopeutua infraäänen vaikutuksiin ja selviytyä niistä on rajallinen, joskin tässä on suuria yksilöllisiä eroja. On selvää, että kaiken esittämämme tiedon valossa viranomaisten on otettava asia vakavasti ja asetettava selvät rajat sille, kuinka paljon infraääntä ihminen voi toimillaan tuottaa.

Teollisuusluokan tuulivoimaloiden rakentaminen manneralueelle, ihmisen elinympäristöön, on ollut suuri virhe. Toiminta on ollut ja on yhä edelleen vastuutonta ja vastoin lukuisten tutkijoiden ja tutkimusten suosituksia. [23]

Lisäksi se on todennäköisesti vastoin olemassa olevaa kansallista ja kansainvälistä lainsäädäntöä, kuten YK:n Aarhus-sopimusta [13] (guideline 2014) ja Euroopan unionin konedirektiiviä [14] (etenkin liitteen 1 ensimmäisiä sivuja valmistajan velvollisuuksista ja viranomaisten valvontavelvollisuudesta naapureiden terveydentilojen muutoksissa lyhyellä ja pitkällä aikavälillä sekä hyvin monia muita EU:n konedirektiivin määräyksiä).

Tuulivoimaloiden aiheuttamista terveyshaitoista puhuttaessa tulisi myös ottaa huomioon niiden valmistuksesta aiheutuvat haitat ympäristölle ja terveydelle. Esimerkiksi tuulivoimaloissa tarvittavien magneettien valmistukseen tarvitaan harvinaisia alkuaineita neodymiumia ja dysprosiumia. Niistä n. 95 % tulee Kiinasta. Tonnia tuotettua alkuainetta kohden syntyy tonni radioaktiivista jätettä. Alueen asukkailla on havaittu Institute for Energy Researchin raportin (2013) mukaan mm. vaikeita iho- ja hengityselinsairauksia, syöpää ja lapsilla luuston heikkoutta. Alueen järvien radioaktiivisuus on havaittu olevan kymmenkertainen ympäröivään alueeseen verrattuna. [24]

Esimerkkitapaukset Suomesta

Haastattelimme 12 perhettä, jotka ovat kärsineet tuulivoimaloiden aiheuttamista terveyshaitoista. Yhteenveto haastatteluista on liitteessä 3.

Väistämätöntä myös Suomessa

Portugalilaisen perheen tapaus / oikeudenkäynti

Perheen maatilan läheisyyteen, 321–642 metrin etäisyydelle talosta, pystytettiin 11/2006 neljä kappaletta teollisen kokoluokan tuulivoimaloita. Ensin alkoivat unihäiriöt (12/2006). Maaliskuun 2007 puolivälissä vanhemmat saivat 12-vuotiaan poikansa opettajalta kirjeen, jossa tuotiin esiin huoli yleensä niin erinomaisen oppilaan lisääntyvistä ongelmista. Erityisesti vaikeuksia oli ollut englannin kielessä, humanistisissa aineissa sekä liikunnassa. Näytti siltä, että lapsi oli menettänyt kiinnostuksensa, yritti vähemmän ja oli jatkuvasti väsynyt. Liikuntatunneilla oli myös havaittu epänormaalia väsymystä.

Vanhemmat aloittivat välittömästi oikeudenkäyntiprosessin ja etsivät lääketieteellistä apua. Pojalle tehtiin neurologinen testi (P300 Event Related Evoked Potentials, ERP = herätevastemittaus), jossa havaittiin hermon konduktioajaksi 352 ms, kun sen normaalisti pitäisi olla 300 ms. Vanhemmilla todettiin sydänpussin paksuuntumaa 1,7 mm:n ja 2,0 mm:n välillä (käytössä olleilla laitteilla normaalisti < 1,2 mm). Vanhempien hengitystoiminnassa havaittiin ongelmia, jotka viittasivat vaurioihin aivojen hengityskeskuksesta.

Nämä havainnot tehtiin vain muutama kuukausi sen jälkeen, kun tuulivoimalat olivat aloittaneet toimintansa, mutta jo tällöin vaikutukset olivat dramaattisia. Tästä säikähtäneenä äiti ja lapset muuttivat kaupunkiin. Pojan terveys parani nopeasti: kesäloman 2007 jälkeen, asuttuaan poissa maatilalta, hermon konduktio oli paljon lähempänä normaalia: 302 ms. Vuonna 2010 poika oli jälleen luokkansa paras oppilas.

Perhe havaitsi muutoksia myös eläinten käyttäytymisessä: hevosten nähtiin käyvän makuulle ja nukkuvan päivän aikana, koirat olivat uneliaita eivätkä enää hyppineet vaalien omistajiensa huomiota. Muurahaiset katosivat. Vuosina 2000–2006 tilalla oli syntynyt 13 tervettä täysiveristä lusitanian hevosta. Kaikilla vuoden 2007 jälkeen syntyneillä hevosilla ilmeni raajojen epämuodostumia. Muuta muutosta alueella ei tuona aikana ollut tapahtunut kuin tuulivoimaloiden rakentaminen.

Kolmen vuoden aikana Mr. R.:n terveys ja hyvinvointi jatkuvasti ja näkyvästi heikkenivät: ääniherkkyydestä tuli vakavampaa, sympaattisen hermoston toiminnan häiriöt lisääntyivät ja kognitiiviset taidot heikkenivät.

Mr. R jatkoi asumista tilalla, ja hänen terveytensä huonontui entisestään. Hengitystoiminta heikkeni. Ilmeisesti tasapainohäiriöiden ja tajunnanmenetysten takia hän kaatui useasti ja sai lääkärihoitoa vaatineita vammoja (kasvojen ja kylkiluiden murtumia).

5/2013 Portugalin korkein oikeus päätti, että kolme jäljellä olevaa tuulivoimalaa oli siirrettävä Mr. R.:n maalta. Alempi tuomioistuin oli jo aiemmin määrännyt lähimmän voimalan siirrettäväksi mutta sallinut kolmen voimalan jäädä. Voimaloiden siirtämisen lisäksi tuulivoimayhtiö määrättiin maksamaan perheelle korvauksia yhteensä 30 000 €. (Alves-Pereira M. & Castelo Branco, 2015b). [15]

TUULIVOIMALOIDEN AIHEUTTAMAT TERVEYSOIREET – MAHDOLLISIA VAIKUTUSMEKANISMEJA

"Silloin, kun julkinen keskustelu vaikuttaa tietyn teollisuuden taloudellisiin intresseihin ja oikeusasioihin, voidaan teollisuuden kytköksissä olevien tieteellinen objektiivisuus yleensä kyseenalaistaa. Vastuunalaisuus, vahingonkorvausvaatimukset ja suuret rahasummat riippuvat empiiristen tutkimusten tuloksista. Olipa sitten kyseessä kemianteollisuus, jota syytetään pohjaveden pilaamisesta syöpää aiheuttavalla dioksiinilla, tupakkateollisuus syytettynä myötävaikuttamisesta keuhkosyövän yleistymiseen tai NFL:n (USA:n kansallisen jalkapalloliigan) urheilijat epäiltyinä aivovauriolle altistumisesta, voi olla äärimmäisen vaikeaa selvittää totuutta, kun joillakin on agenda status quon puolustamiseksi. Vasta sitten, kun teollisuuden ulkopuolella työskentelevät saavat kerättyä riittävästi tieteellistä näyttöä, aihe otetaan vakavasti."

(Alec N. Salt, Jeffery T. Lichtenhan 2014, Acoustic Today. Sitaatti alkukielellä liitteessä 4.)

Riippumatonta selvitystä ei ole tehty

Voi olla vaikeaa löytää riippumatonta tutkimustietoa poliittisesti ja etenkin liiketaloudellisesti merkityksellisen alan, tuulivoiman, terveysvaikutuksista. Tämä johtuu siitä, että nykyisessä länsimaisessa yhteiskunnassa tutkimus tehdään useimmiten tiiviissä yhteistyössä alan toimijoiden ja edunvalvojien kanssa, niin taloudellisessa kuin informatiivisessa mielessä. Esimerkiksi fyysikko Valtteri Hongiston raportin (Tuulivoimaloiden terveysvaikutukset, TTL 2014) rahoitus- ja ohjausryhmä koostuivat vahvasti tuulivoiman edunsaajista, tuulivoimayhtiöiden edustajista ja etujärjestöistä. STM:n ja meluun perehtyneiden lääkäreiden puuttuminen kokonaan listasta sekä kirjallisuustutkimukseen valikoitu aineisto ja lopputulokset herättävät voimakkaasti epäilyksiä raportin luotettavuudesta. Toistaiseksi puuttuu viralliselta taholta suoritettu, niin poliittisesti kuin taloudellisesti riippumaton kirjallisuustutkimus tuulivoimaloiden terveysvaikutuksista. On kuitenkin olemassa runsaasti riippumatonta aineistoa, joka ei lähtökohtaisesti ole kaikilta osin syntynyt tarpeesta tutkia tuulivoimaloiden päästämää paineaaltohäirintää, infraääntä ja sen terveysvaikutuksia.

Ears-projekti infraäänien havaitsemiskyvystä

EU:n rahoittama, kansainvälinen EARS-projekti (2015) sisälsi mm. infraäänien vaikutuksen ja kuulokynnyksen tutkimusta. Löydökset osoittivat ihmisen kuulevan luultua alempia taajuuksia matalimpaan tutkittuun taajuuteen, 8 Hz:iin asti, eli oktaavia alemmalla tasolla kuin aikaisemmin on tiedetty. Lisäksi havaittiin aivojen reagoivan myös kuulokynnyksen alittavan

äänenvoimakkuuteen aivojen primaarisissa kuulokeskuksissa, jotka sijaitsevat molempien ohimolohkojen mediaalisivuilla. Nämä infraäänitaajuudet (joita ei siis kuuloaistilla havaita) ovat aivoissa yhteydessä mm. tunteita sääteleviin aivojen osiin, joitten tehtävänä evoluutiossa on esimerkiksi havaita vaara riittävän ajoissa. Tutkimus toi lisää vahvistusta niille lukuisissa tieteellisissä tutkimuksissa tehdyille aiemmille havainnoille, jotka käsittelivät ihmisen kykyä aistia infraääniä.

Kyseiset funktionaalisella magneettikuvaustekniikalla otetut kuvat Berliinin tutkimuksessa ovat olleet mahdollisia vasta viime vuosina. Esimerkiksi fyysikko Valtteri Hongiston laatimassa ja pääosin teollisuuden rahoittamassa kirjallisuusselvityksessä, johon tuulivoimayhtiöiden konsultit jatkuvasti viittaavat lupahakemusten tueksi, ei ole lainkaan viitattu tällaisiin uudella tekniikalla tehtyihin havaintoihin, ainoastaan esim. japanilaiseen tutkimukseen, jonka mukaan kuuloaistin avulla infraääniä ei havaita normaalin kuulokynnyksen eli n. 20 hertsin alapuolella.

Useimmat tutkimukset ovat rajanneet subjektiryhmän 18–79-vuotiaiden ikähaarukkaan, eikä Ears-projekti tehnyt tässä poikkeusta. Ears-projektin julkaisemat, infraäänialtistuksen rajoittamista koskevat suositukset eivät ole missään nimessä riittävät suojelemaan tuulivoimaloiden lähiasukkaita. Tutkimukseen valitut henkilöt olivat terveitä, 18–25-vuotiaita nuoria. Tutkimuksessa altistusjakso oli todella lyhyt ja käytetty infraääni oli harmoniatonta ja tasaista. Tuulivoimaloiden päästämä infraääni on amplitudimoduloitunutta ja interferoivaa sisältäen valtavia paineaaltopiikkejä, pulsseja sekä lopojen pyörimistaajuudella ja sen monikerroilla jopa yli kymmenen harmoniaa. Voidaan laskea, että esim. Jäneskeitaan voimaloiden infraäänipäästö vaihtelee 0–64-kertaisena jatkuvasti muuttuvana sykkeenä välillä voimistuen ja välillä himmeten.

Stressiherkät ihmisryhmät kärsivät eniten infraäänestä

Tuulivoimaloiden lähialueilla on havaittu infraäänistä kärsivän etenkin niiden asukkaiden, joilla on psyykkisiä ja neurologisia ongelmia kuten traumaperäistä stressihäiriötä (PSTD), masennusta, paniikkihäiriötä sekä mm. migreeniä ja epilepsiaa. Tuulivoimaloiden infraäänien tiedetään nostavan veren kortisolitasoa, eli lisäävän stressiä, ja aiheuttavan yöllisiä heräämisiä. On tunnettua, että em. vaikeuksien kanssa taistelevia ihmisiä olisi erityisesti suojeltava ympäristöhaitoilta, jotka aiheuttavat stressiä ja haittaavat yöunta. Stressi aiheuttaa oireiden, usein vaarallistenkin (epilepsia-kohtaukset, itsemurha) lisääntymistä, eikä voida liikaa korostaa hyvän ja riittävän yöunen merkitystä psyykkiselle hyvinvoinnille. Tuulivoimaloiden aiheuttamia ongelmia ei voida selittää pelkästään kuultavalla melulla, sillä ihmiset sairastuvat myös tuulivoimaloiden kuultavan melunkantaman ulkopuolella. Infraääni aiheuttaakin sekä suoraa (solutasolla) että välillistä (kuulo- ja tasapainoelinten sekä esim. ihon kautta) stimulaatiota aivoille.

Aivojen tunnealueiden stimulaatio

Ears-projektin fMRI-kuvauksissa havaittiin aivojen tunnealueiden aktivoitumista matalilla taajuuksilla. Kuuloelinten lisäksi aivot reagoivat myös suoraan infraääneen. Aikaisemmin luultiin, että aivot reagoivat ainoastaan sähköiseen tai biokemialliseen ärsykkeeseen, mutta uusien tutkimustietojen osoittaa aivojen olevan herkkiä myös mekaaniselle ärsykkeelle, jota infraäänikin aiheuttaa aivoissa. (Ananthaswamy A. 2013).

On jo vuosikymmeniä oltu tietoisia siitä, että stimulaatio aiheuttaa vaikutuksia, vaikka ihminen ei olisi tietoinen saamastaan stimulaatiosta (Persinger M.A. 2013). Emotionaalisten alueiden stimulaatio vaikuttaa altistettuihin ihmisiin ja eläimiin, vaikka nämä eivät ole tietoisia altistuksesta. LESSNS -menetelmällä (Localised electrical stimulation of specific neural system) on saatu tiettyjen tunnealueiden stimulaatiolla aikaan mitä voimakkaimpia emotionaalisia vaikutuksia niin ihmisissä kuin muissa nisäkkäissä. (Panksepp J. 2008).

Aivojen tunnealueiden aktivaatiolla viitataan mm. manteliumakkeen aktivointiin. Manteliumake on aivoissa sijaitseva mantelin muotoinen alue, joka on avainasemassa normaaliin tunteiden, etenkin pelon, ilmaisussa. Aivokuvantamalla on havaittu manteliumakkeen korkeaa aktiivisuutta, kun koehenkilöt ovat kokeneet ahdistusta, stressiä tai fobioita. Empiiriset havainnot tukevat käsitystä manteliumakkeen stimulaatiosta tuulivoimaloiden lähialueilla: useat tuulivoimaloiden lähiasukkaat ovat alkaneet heräillä öisin (kova infraäänitaso) paniikissa tai pelkotilassa ilman mitään ymmärrettävää syytä.

Empiiriset havainnot tukevat käsitystä tunnealueiden stimuloinnista

Käytännön kokemus on osoittanut tuulivoimaloiden lähiasukkaiden traumaperäisten stressihäiriöiden (PSTD) akutisoitumista ja voimien merkittävää huononemista välittömästi voimaloiden käynnistyttyä. PSTD-potilaiden manteliumakkeiden on havaittu olevan yliaktiivisia (Koenigs M. et al. 2007). Sairausten neurologiseen hoitoon voidaan käyttää manteliumakkeen aktivaatiota vaientavaa stimulaatiota joko lääkkeillä tai jopa DBS-menetelmällä (deep brain stimulation) (Koeck R.J. et al. 2014). PSTD-potilaille annettu aivojen tunnealueiden stimulaatio lisää ja pahentaa heidän oireitaan.

Ehkä vakavin riski liittyen manteliumakkeen stimulaatioon voi olla epileptikoiden SUDEP, äkillinen selittämätön kuolema. On olemassa alustavia ihmiskokeita siitä, että epileptikoiden manteliumakkeita stimuloimalla hengitysrefleksi katkeaa eli potilas lakkaa hengittämästä. (Dlouhy B. J. et al. 2015). Myös aiemmat havainnot viittaavat emotionaalisen stimulaation laukaisevan epilepsia-kohtauksen (Gilboa T. 2012). Muillakin kuin epileptikoilla on havaittu hengitysrefleksin häiriöitä, nimittäin tuulivoimaloiden lähiasukkailla, esim. Portugalin oikeustapauksen uhreilla (Alves-Pereira M. et al. 2015a). [15]

Muistakin psyykkisistä tai neurologisista ongelmista kärsivien kuin PSDT -potilaiden tai epileptikoiden voidaan olettaa kärsivän voimakkaasti tuulivoimaloiden infraäänien

aiheuttamasta tiedostamattomasta, väistämättömästä neurostimulaatiosta. Ihmisen tunnealueiden aktivointi johtaa psyykkisten oireiden akutisoitumiseen ja vakavoitumiseen. Psyykkisten ongelmien, kuten traumaperäisten oireiden, kirjo on valtava. Oireiden vakavoitumista seuraa tuska ja kärsimys yksilölle ja kustannuksia yhteiskunnalle hoitojen ja mahdollisen työkyvyn menetyksen myötä.

Suunniteltu tuulivoimarakentaminen aiheuttaisi toteutuessaan kansallisen katastrofin jo pelkästään psyykkisen oireilun lisääntymisen vuoksi. Tuulivoimaloiden infraäänien aiheuttama väistämätön emotionaalinen stimulaatio on vakava yksilön koskemattomuuden loukkaus, joka kohdistuu suoraan altistetun psyykkeeseen.

Kuuloelimet pystyvät aistimaan infraääniä

Kuuloelimet pystyvät enimmäkseen (n. 90–95 % hermoista) aistimaan vain kuuluvia taajuuksia, mutta osa kuuloelimistä (5–10 % hermoista) kykenee välittämään tietoa infraäänistä (Salt et al. 2010). Niiden hermojen, jotka päättyvät infraääntä aistivaan solukkoon kuuloelimissä, on havaittu olevan samanlaisia kuin kyyhkyjen infraääniä viestivien hermojen. Tutkimuksissa on osoitettu kyyhkyjen kykenevän aistimaan hyvin tarkasti (1–7 %) taajuuden muutoksia infraäänessä, minkä vuoksi on arveltu niiden kykenevän käyttämään infraääniä hyväkseen suunnistamisessa nk. Doppler-ilmion avulla. (Quine et al. 1981).

Ihminen reagoi muutoksiin infraäänissä

Tuulivoimaloiden lähiasukkaiden on havaittu reagoivan herkästi infraäänipäästön taajuuden ja voimakkuuden muutoksiin, kuten voimaloiden käynnistymiseen ja pysäyttämiseen tai muihin taajuuden muutoksiin, joita aiheuttavat jatkuva lapakulmien tai pyörimisnopeuksien muuttaminen, tuulen suunnan tai nopeuden muutos (Doppler-ilmio) yms. Sanomattakin on selvää, että ihminen herkistyy tuulivoimaloiden päästämään tonaaliseen (vrt. 240-kertaiseksi nopeutetut ääninäytteet Jäneskeitaalta [19], [20]), interferoivaan (useampi voimalla moninkertaistaa äänen intensiteetin) ja amplitudimoduloituun (voimistuu ja himmenee satunnaisesti) infraääneen.

Solutasolla oppiminen tapahtuu pitkäkestoisen voimistumisen avulla. Kun ärsyke toistuu riittävän usein, synapsi herkistyy vähitellen. Usein toistuvan stimuluksen tuloksena synapsin toiminta ja rakenne muuttuvat (muun muassa postsynaptisen hermon solukalvo). Mitä useammin ärsyke eli infraäänialtistus toistuu, sen voimakkaampi muistijälki syntyy. On havaittu, että herkistyminen tuulivoimaloiden infraäänille tapahtuu 0–4 vuoden aikana. Osa väestöstä, varsinkin henkilöt joilla on eriasteisia ja erisyisiä kuulon heikkenemisiä kuurouteen saakka sekä Menieren sairaudesta kärsivät (Saarelma O. 2015), ovat luontaisesti herkempiä aistimaan infraääniä kuuloelimiensä avulla. Etenkin kehittyvässä iässä oleva elimistö on vaarassa eli pienet lapset. Toisen riskiryhmän muodostavat ne henkilöt, joiden kuulo on iän myötä heikentynyt. Pienten lasten kohdalla on oletettavaa, että sykkivä ilmanpaine johtaa

kuuloelinten infraääniä aistivien hermojen vahvistumiseen ja merkittävästi poikkeavan kuuloaistin muodostumiseen.

Endolymfaattinen hydropsi

Tuulivoimaloiden lähiasukkaat kertovat korvien ongelmista, joista yleisimmät ovat tinnitus ja korvien lukkiutuminen. Kuitenkaan kuuluvat äänenpainetasot eivät voi selittää ongelmaa. Selitys löytyykin matalien taajuuksien vaikutuksesta: Kohtalaisen voimakas infra- tai matalataajuinen ääni aiheuttaa jo lyhytaikaisella altistuksella (1,53 min) endolymfaattisen hydropsin, joka on sisimmän, kalvoon sitoutuneen nesteen turvotusta sisäkorvassa. Hydropsin tunnusmerkkejä ovat tinnitus ja kuulon heikentyminen. (Salt, 2014; Drexl et al. 2013). Tuulivoimaloiden infraäänipäästölle ovat tyypillisiä ajoittaiset ”piikit” tai ”pulssit” eli useiden voimaloiden interferenssin, maastonmuotojen ja sääolojen aiheuttamat, ennalta arvaamattoman voimakkaat äänenpainetasot, jotka saattavat toisinaan kestää jopa useita minutteja.

Endolymfaattinen hydropsi on mekaanista turvotusta, joka vaikuttaa ensimmäisenä sisäkorvan kaikkein venyvimpiin kohtiin. Näiden tiedetään olevan simpukan kärki ja tasapainoelimen eteisrakkula. Potilailla, jotka ovat kärsineet eteisrakkulan ongelmista, on ollut huimausta tai epävakauden tunnetta sekä pahoinvointia. (Salt et al. 2014, Saarelma O. 2015). Lukuisat tuulivoimaloiden lähialueen asukkaat ovat kokeneet tasapainonsa häiriintyneen ja kärsineet matkapahoinvoinnin kaltaista kuvotusta.

Infraääni ja matkapahoinvointi

Lähiasukkaiden kokemaan kuvotukseen on esitetty yhtenä syynä uusien, teollisen kokoluokan voimaloiden hitaampaa pyörimisnopeutta, jonka seurauksena infraäänien matalimmat taajuudet menevät nk. pahoinvointivyöhykkeelle (Schomer et al. 2013). Aiemmat, pienet tuulimyllyt pyörivät nopeammin aiheuttaen alimmillaan 1–1,5 Hz:n infraäänien lapojen pyörimistaajuudella (BPF, blade passing frequency).

USA:n merijalkaväen tutkimus selvitti aikanaan, mitkä taajuudet aiheuttavat eniten merisairautta. Indikaattorina käytettiin selkeää merkkiä: oksentamista. Tutkimuksessa löydettiin 0,2–0,8 Hz:n ”pahoinvointivyöhyke”. (Kennedy et al., 1987). Uusien, isojen tuulivoimaloiden BPF on välillä 0,4–0,8 Hz. Tasapainoelinten rakenteiden tiheyseroja tarkastelemalla on myös laskettu, millaisen stimulaation infraääni pystyy aiheuttamaan ja tultu johtopäätökseen, että aiheutettu stimulaatio vastaa ”huomattavaa liikkeen tunnetta” (Schomer et al. 2013). Liikkeen tunne ilman liikeaistin tai visuaalista vastetta aiheuttaa matkapahoinvoinnin.

Infraääni nostaa stressihormonitasoa

Tuulivoimaloiden lähialueen asukkailla, jopa pienillä (1–2v.) lapsilla, on havaittu veren kortisolitason kohonneen ja alueelta pois muutettua taas laskeneen (Liite 9). Kortisoli on stressihormoni, jonka pitoisuus aivoissa säätelee eri tavoin aivojen toimintaa.

Eräs aivojen osa-alue on herkkä reagoimaan kohonneeseen kortisolitasoon: Hippokampus sisältää runsaasti glukokortikoidireseptoreja, jotka tekevät siitä useimpia muita aivojen osia herkemman pitkäaikaisesti kohonneeseen kortisolitasoon (Joëls M. et al. 2008, Uno H. et al. 1989). Stressiin liittyvät steroidit (kortisoli) vaikuttavat hippokampuksessa ainakin kolmella tavalla: ensinnäkin vähentämällä joidenkin hippokampuksen neuroneiden herkkyyttä, toiseksi estämällä uusien neuronien syntymistä (Yuan H. et al. 2009) ja kolmanneksi aiheuttamalla surkastumista dendriittien pyramidisolujen CA3-alueella.

On näyttöä siitä, että ihmisillä, jotka ovat kokeneet vakavaa, pitkäaikaista traumaattista stressiä (korkea kortisolitaso), on havaittavissa hippokampuksen surkastumista (Fu et al. 2010). Surkastumista näkyy etenkin post-traumaattisessa stressihäiriössä (Karl A. et al., 2006), ja sitä on myös raportoitu skitsofrenian (Wright et al. 2000) ja vakavan masennuksen yhteydessä (Kempton J. M. et al., 2011). Hippokampuksen surkastuminen on myös usein nähty Cushingin oireyhtymässä, jonka aiheuttaa veren korkea kortisolitaso. Ainakin jotkut näistä vaikutuksista ovat tilapäisiä ja korjaantuvat, jos stressihormonitaso normalisoituu. Rotilla suoritetuissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että pian syntymän jälkeen saatu stressialtistus voi aiheuttaa hippokampuksen toimintaan myös elinikäisiä muutoksia. (Garcia-Segura LM, 2009).

Eläinkokeissa on havaittu infraäänialtistuksen nostavan aivoissa kalsiumionien tasoa ja aiheuttavan hippokampuksessa solukuolemaa (apoptoosi) jo 7 päivän jälkeen jopa suhteellisen pieninä vuorokausiannoksina (90 dB (SPL); 2h/vrk) (Liu Z. et al. 2012). Toisin sanoen vain kahden tunnin vuorokausiannoksella tuulivoimaloiden lähialueille tyypillistä infraäänialtistusta voidaan jo havaita solukuolemaa hippokampuksessa eli fyysisiä vaurioita aivoissa. Rottien saamaa kahden tunnin vuorokausialtistusta voidaan pitää todella vähäisenä annoksena verrattuna siihen, mitä tuulivoimaloiden lähiasukkaat joutuvat vastaanottamaan.

Jatkuva altistus on terveysuhka

Vaurioiden syntymistä ja vakavuutta lisää oleellisesti se, että elimistölle ei anneta mahdollisuuksia korjata vaurioita altistusjaksojen välissä eli ei poistuta kauemmas voimaloista päivittäin. Onkin havaittu ihmisten, joiden kohdalla altistus on jatkuvaa, sairastuneen ensimmäisinä. Tällaisia ovat esimerkiksi kotiäidit, vanhukset, pienet lapset tai muut, jotka ovat sairauden tai vankeuden vuoksi ympärivuorokautisesti tuulivoimaloiden vaikutuspiirissä. 30 vuotta vibroakustista sairautta tutkinut professori Mariana Alves-Pereira antoi ohjeeksi suomalaisille tuulivoimaloiden uhreille, että elimistön tulisi saada ainakin muutama tunti

vuorokaudessa taukoa infraäänialtistuksesta, jolloin vaurioiden syntyminen hidastuisi oleellisesti.

Tuulivoimaloiden lähiasukkailla ei ole tietoa altistuksesta, heitä ei ole varoitettu eikä ohjeistettu poistumaan kotoaan riittävän kauaksi voimaloista päivittäin, jotta elimistö ehtisi palautua saamistaan vaurioista. Käytännössä on havaittu voinnin huononevan ensimmäisenä niillä, jotka ovat jatkuvassa infraäänialtistuksessa. Lisäksi on joillakin lähiasukkailla havaittu oireiden vakavoituneen heidän jouduttuaan esim. kesäloman tai työttömyyden vuoksi jatkuvaan altistukseen. Tämä vahvistaa käsitystä edellä kuvatusta elimistön kyvystä puolustautua infraäänien aiheuttamia vaurioita vastaan, mikäli on mahdollista saada päivittäin taukoa altistuksesta. Tilanteen ollessa nykyisenkaltainen voidaan viikkojen, kuukausien ja vuosien altistuksella aiheuttaa vakavia vaurioita tuulivoimaloiden lähiasukkaiden aivoissa, sydämessä ja muissa elimissä. Lähimuistin ja suunnistuskyvyn menettäminen, hahmotusvaikeudet, mielialan vaihtelut (etenkin depressiot), aloitekyvyttömyys, ongelmat valita monen päätösmahdollisuuden väliltä ja käyttäytymishäiriöt luonnehtivat Alzheimerin taudin alkuvaiheita. Sairauden ensimmäisiä merkkejä ovat hippokampuksen toiminnan häiriöt. (Hampel H. et al., 2008). Edellä kuvatun infraäänien hippokampusta vahingoittavan vaikutuksen huomioon ottaen ei ole ihme, että tuulivoimaloiden lähiasukkaat, ennen täysin työkykyiset ja terveet ihmiset, kuvailevat täsmälleen samoja oireita.

Geeniekspression vaimennus

Geeniekspressio merkitsee (DNA-molekyylissä olevien) geenien koodaamien proteiinien tuottamista solussa. Sitä kutsutaan myös geenin ilmentymiseksi.

”Geenien ekspressio on erilainen eri kudoksissa ja sen aikataulu vaihtelee. Esimerkiksi kasvugeenit ovat toimimattomia, kun normaali kasvu on tapahtunut. Joidenkin geenien ekspressio on riippumaton tai lähes riippumaton ulkoisista tekijöistä. Tällaisia ovat mm. suomalaisen tautiperinnön harvinaiset geenivirheet. Toisaalta on hyvin paljon geenejä, joiden ekspressioon ulkoiset tekijät vaikuttavat”

(Markku Koskenvuo, Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim, 2004)

Infraäänen on todettu aiheuttavan solutasolla vaurioita etenkin sydänlihaksessa ja hippokampuksessa. Uusimmissa eläinkokeissa on havaittu laboratorioissa kasvatettujen kudosten reagoivan annettuun infraäänistimulaatioon. Tuulivoimaloiden lähiasukkailla onkin todettu kognitiivisten häiriöiden, sydänoireiden ja -sairauksien lisääntyneen. Sydänoireet johtuvat monen tekijän summasta, mutta infraäänen on todettu vaikuttavan haitallisesti suoraan sydänlihaskudokseen.

Geeniekspression vaimennus vähentää antioksidanttien määrää

Kasvatetulla sydänlihaksella tehdyissä tutkimuksissa on infraäänen todettu vaikuttavan kudokseen vahingollisesti häiritsemällä tai vaientamalla geeniekspressiota antioksidanttien entsyymien tuotannossa, mistä seuraa vapaiden happiradikaalien (mm. O₂- ja H₂O₂) pitoisuuden kasvu (Z. Pei et al. 2013). On myös havaittu, että infraääni lisää sydänlihassolujen apoptoosia (=solun geneettisesti säädelty itsemurha; ohjelmoitu solukuolema). Tämä viittaa siihen, että apoptoosia aiheuttava infraäänivaikutus voi olla soluspesifinen ja että sydänlihassolut saattavat olla herkempiä infraäänelle kuin muut solut (Zhuang ZQ et al. 2007). Vapaiden happiradikaalien lisääntymisen on havaittu olevan aikariippuvainen, eli sydänlihaksen vaurio on suoraan riippuvainen altistuksen kestoajasta (Z. Pei et al. 2013). Vapaiden happiradikaalien määrän kasvu mm. lisää Ca²⁺-ionien määrää, mikä taas nostaa sykettä ja aiheuttaa rytmihäiriöitä kalsiumionien hermostollisten vaikutuksen myötä. Myös kasvatetun hippokampuksen, siis kudoksen ilman aisteja, on havaittu reagoivan infraääneen nostamalla kortisolitasoa (F. Du et al. 2010). Sekä kortisoli että geeniekspression vaimennus vaikuttavat siis yhdessä kudoksia vaurioittaen (apoptoosi, jopa nekroosi eli akuutti patologinen solukuolema) ja estävät uusien neuronien kasvun hippokampuksessa.

Geeniekspression vaimennus ja kehityshäiriöt sikiöillä

Yhteenvedona voidaan todeta sekä sydänlihaksen että hippokampuksen olevan herkkiä elimiä infraäänialtistukselle, mikä on osoitettu niin in vivo- kuin in vitro -tutkimuksissa (in vivo - tutkimus tehdään elävissä organismeissa, in vitro esim. koeputkessa). Korva- ja tasapaino-ongelmien lisäksi sekä sydänoireet että kognitiiviset häiriöt esiintyvätkin vahvasti tuulivoimaloiden infraäänien vahingoittamien uhrien lausunnoissa. Pahin riski infraäänien

aiheuttamaan geeniekspression vaimennukseen realisoituu kuitenkin sikiöiden ja pienten lasten kohdalla aiheuttaen mahdollisesti sikiön epämuodostumia, kehityshäiriöitä ja keskenmenoja sekä kasvu- ja kehityshäiriöitä pienille lapsille.

Ihmisiä ei saa käyttää koe-eläiminä

Infraäänen pitkäaikaisvaikutuksia ei ole vielä tutkittu eläinkokein. Tuulivoimaloiden lähiasukkaita ei saa käyttää koekaniineina, vaan tutkimukset on suoritettava eläinkokeilla. Tähänastinen riippumaton tutkimus, niin empiirinen, fenomenologinen kuin kliininenkin, riittää kuitenkin pakottavaksi perusteeksi voimaloiden pysäyttämiseksi, kunnes pitkäaikaisten eläinkokeiden perusteella on saatu riittävästi riippumatonta tutkimustietoa lainsäädännön pohjaksi. Tuulivoiman tuottaminen turvallisesti ei tule olemaan mahdollista nykyisenkaltaisilla voimaloilla (Liite 1). Koko ihmisoikeuslainsäädäntö (YK, EU) ja useimmat perustuslait vaativat, että terveyttä ja viihtyvyyttä vahingoittavia koneita ei aseteta ihmisten läheisyyteen. Tällä hetkellä tuulivoimayhtiöt tekevät lähiasukkaiden (maanvuokraajat) kanssa sopimuksia, jotka kieltävät maanvuokraajaa korvausvaatimusten uhalla missään tapauksessa asettumaan julkisesti tuulivoimayhtiön etua vastaan, esim. myöntämään negatiivisia terveysvaikutuksia. Tuulivoimaloiden lähiasukkaille ja kuntatason päättäjille ei ole myöskään annettu poliittisesti ja taloudellisesti riippumatonta tietoa

PERUSTIETOA TUULIVOIMALOIDEN INFRAÄÄNESTÄ, ALUSTAVIA MITTAUSTULOKSIA SUOMESTA

Tuulivoimaloiden infraäänipäästö

Infraääneksi kutsutaan ääntä, jonka taajuus on ihmisen kuuloaistin taajuusalueen alapuolella eli alle 20 Hz. Matalan taajuutensa vuoksi infraääntä voisi konkreettisemmin kuvata termi "sykkivä paineaalto". Koska tuulivoimaloiden infraäänestä puhuttaessa kyseessä on epätoivottu ilmiö, puhutaan myös infraäänimelusta tai infraäänipäästöstä.

Tuulivoimala tuottaa infraääntä usealla eri mekanismilla. Pyöriessään lavat tuottavat sykkivää paineaaltoa erityisesti aina lavan ohittaessa runkotolpan. Tätä infraäänimelua kutsutaan "blade-tower-interaction" (BTI) -meluksi. Roottorin pyörähtäessä yhden kierroksen tuottaa se kolme voimakasta paineaaltoa. Voimalan pyörimisnopeuden ollessa n. 13 kierrosta minuutissa muodostuu paineaalto aina 1,5 sekunnin välein eli voimala tuottaa n. 0,65 Hz:n taajuudella toistuvaa sykkivää paineaaltoa. Tätä taajuutta, jolla lapa ohittaa voimalaitoksen rungon, kutsutaan lapataajuudeksi eli "blade-pass-frequency":ksi (BPF). Tuulivoimalan aiheuttama BTI-infraäänimelu on aaltomuodoltaan impulssimainen, minkä vuoksi sen taajuusjakaumassa näkyy lapataajuuden lisäksi useita sen monikertoja (Doolan et al. 2012).

Äänen nopeus ilmassa on noin 340 m/s. Yksi paineaaltorintama etenee 1.5 sekunnissa 510 m ennen kuin seuraava paineaalto lähtee liikkeelle. Sykkivän paineaallon pitkän aallonpituuden vuoksi se etenee ilmakehässä lähes vaimentumatta muuten kuin geometrisen vaimennuksen verran. Tuulivoiman tuottamaa infraääntä on mitattu yli 80 km:n etäisyydeltä äänilähteestä. (Huson 2015a). Paineaalto etenee rakennusten sisälle saaden siellä aikaan jopa voimakkaampia vaikutuksia kuin ulkotiloissa.

Tuulivoimalat tuottavat infraääntä myös muilla mekanismeilla kuin edellä mainittu BTI-melu. Voimalan runkoon ja roottoriin muodostuu monenlaisia seisovia aaltoliikkeitä, jotka tuottavat infraääntä kukin aaltoliike omalla ominaistaajuudellaan alkaen alle hertsistä ulottuen muutamiin kymmeneen hertzeihin (Chauhan et al. 2009). Tuulivoimalat tuottavat infraääntä myös silloin, kun roottorit eivät pyöri. Tuuli taivuttaa joustavia siipiä ja tornirunkoa, mikä saa rakenteet värähtelemään. Kovalla tuulella näin muodostuvan infraäänien teho voi olla huomattavan kova (Huson 2015a).

Nykyisenkaltaisista tuulivoimaloista aiheutuvaa infraäänipäästöä ei voi nykytietämyksellä estää. Paineaaltojen voimakkuus kasvaa, kun voimalaitoksen kokoa kasvatetaan. Isot voimalat tuottavat jopa suhteellisesti enemmän infra- ja matalataajuisia ääntä kuin pienemmät voimalat. (Möller et al. 2010).

Sen lisäksi, että edellä mainitut mekanismit tuottavat infraääntä, saavat ne myös voimalan perustuksen värähtelemään. Värähtely etenee pinta-aaltoina, ns. Rayleigh-aaltoina, useiden kilometrien päähän voimaloista (Xi Engineering 2014; Scottish Government 2013). Rayleigh-aaltojen ja infraäänien taajuusjakaumat ovat hyvin samankaltaisia alle 10 Hz:n taajuusalueella. Tuulivoimaloiden läheisyydessä sekä infraääni että Rayleigh-aallot vaikuttavat ihmisiin yhtä aikaa. Tässä raportissa on kuitenkin resurssien vähäisyyden vuoksi keskitytty pelkästään ilmaitse kulkeutuvan sykkivän paineaallon aiheuttamiin ongelmiin.

Tuulivoimaloiden rakentamisessa Suomeen infraäänit on jätetty kokonaan lainsäädännön ulkopuolelle, niitä ei siis myöskään tarvitse mitata tai mallintaa.

Luonnossakin esiintyy ilmanpaineen vaihtelua sykkivänä paineaaltona eli infraääninä. Luonnon infraäänilähteitä ovat mm. tuuli, aallot, ukkonen, maanjäristys ym. Luonnon infraäänilähteet ovat luonteeltaan joko laajakaistaista, epäsäännöllistä kohinaa tai infraääni kestää vain hetken aikaa, kuten maanjäristysten yhteydessä. Tuulivoimaloiden tuottama infraääni poikkeaa täysin luonnon infraäänilähteistä ollen kapeakaistaista, voimakkaasti amplitudimoduloitunutta ja pitkäkestoista. Moni ihminen, joka on sairastunut tuulivoimalan tuottamasta infraäänestä, saa herkistyttyään infraäänille oireita myös luonnon tuottamista infraäänistä, kuten tuulesta tai ukkosesta.

Tuulivoimateollisuus on väittänyt, että ihmisen oma toiminta (esim. sydämen lyöntien ja hengityksen kautta) aiheuttaisi ihmiselle suuremman infraäänialtistuksen kuin infraääni, joka tulee tuulivoimaloista. Ihmisen itsensä tuottamien paineaaltojen vaikutusmekanismi sisäkorvan aistinelimissä on kuitenkin täysin erilainen kuin ulkoisen ärsykkeen tuottama vaikutusmekanismi, eivätkä ne siksi ole vertailukelpoisia [18].

Ihmisen aistien tarkoituksena on kertoa ja hälyttää, jos ympäristössä esiintyy jotain normaalista poikkeavaa. Aistien toiminnan kannalta on oleellista se, etteivät ne hälytä normaalista taustakohinasta. Terve ihminen ei sairastu luonnossa normaalisti ja jatkuvasti esiintyvistä infraäänistä.

Tilannetta voisi verrata jonkin mittalaitteen toiminnan säätämiseen. Joko itse mittalaitteessa tai sen tulosten käsittelyohjelmassa täytyy olla mekanismi, jolla taustan vaikutus poistetaan ja kohinan vaikutus minimoidaan. Mittalaitteen vaste säädetään sellaiseksi, että sen dynamiikka riittää kiinnostavan signaalin mittaamiseen. Toisaalta mittalaitteen tulee tunnistaa tunnetut poikkeustilanteet, ettei sen signaalia tulkita vääräksi hälytykseksi tai tehdä mittaustuloksista vääriä päätelmiä.

Tuulivoimaloiden tuottama infraääni on ainutlaatuinen ilmiö luonnossa, jossa ei ole vastaavaa ärsykettä. Ihmisen aistit eivät ole sopeutuneet tuulivoimalan infraäänelle. Ei ole sen vuoksi ihme, että tuulivoimaloiden tuottama infraääni aiheuttaa ihmiselle "taistele tai pakene" -reaktion kaltaisen olotilan ja monenlaisia muita terveydelle haitallisia vaikutuksia pitkään jatkuessaan. Näyttää lisäksi siltä, että infraääni muuttaa altistetun ihmisen infraääniaistia

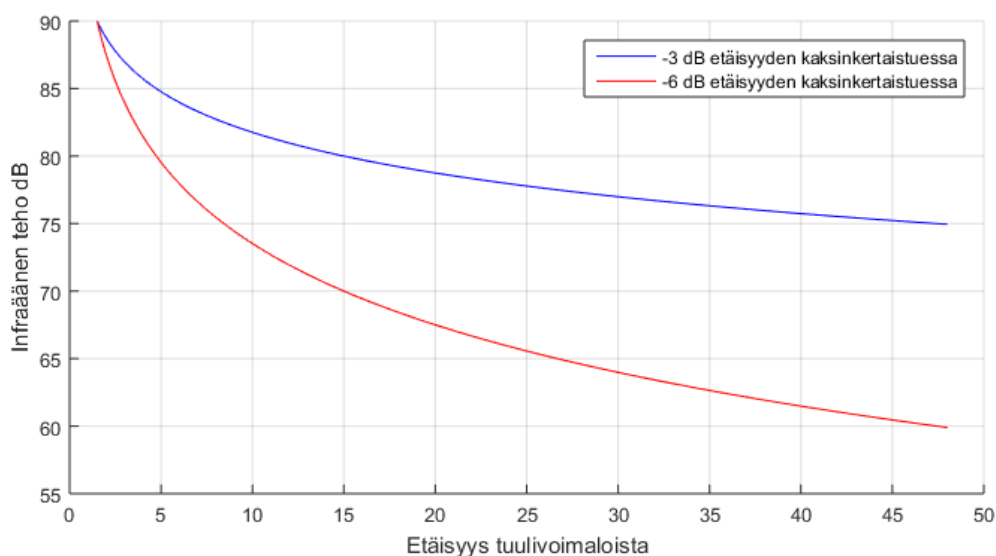
siten, että ihminen tulee infraäänelle hyvin herkäksi ja saa oireita myös luonnon tuottamista infraäänistä, kuten tuulesta, ukkosesta ym.

Tuulivoimaloiden infraäänien aiheuttamat terveysongelmat eivät ole ainutlaatuisia. VAD "vibro-acoustic disease" on tunnettu mm. lentokoneen miehistön työperäisenä sairautena (Branco et al. 2007). VAD on esiintynyt myös muilla infraäänelle ja matalataajuiselle äänelle altistuneilla työntekijöillä, kuten lentokonemekaanikoilla, laivojen konemiehillä, tehdastyöntekijöillä ja DJ:illä, samoin joidenkin luonnollisten infraäänilähteiden lähellä asuvilla ihmisillä (Branco et al. 2004). Tuulivoimaloiden infraääni aiheuttaa VAD -oireita kilometrien päässä voimaloista.

Infraäänimelun eteneminen

Mittausten mukaan ilmakehä ei käytännössä absorboi infraääntä. Tuulivoimalan infraääniteho vaimenee siten ilmakehässä ainoastaan geometrisen vaimennuksen mukaan, mikä tarkoittaisi yksittäiselle voimalaitokselle 6 dB:n vaimennusta etäisyyden kaksinkertaistuesssa. Voimalaitokset ovat kuitenkin ryppäissä, jolloin geometrinen vaimennus on pienempi. Sekä vanhempien että viimeaikaisten mittausten mukaan infraäänien vaimennukseksi on mitattu ja mallinnettu jopa alle 3 dB etäisyyden kaksinkertaistuesssa (Willshire 1985; Ceranna et al. 2005; Huson 2015a). Huson määrittäi infraäänien vaimenemisen ilmakehässä mittaamalla tuulivoimaloiden infraäänien 80 km:n etäisyydellä tuulivoimala-alueesta. Tuulivoimaloiden ja mittauspaikan välissä sijaitsi mm. Ballaratin kaupunki.

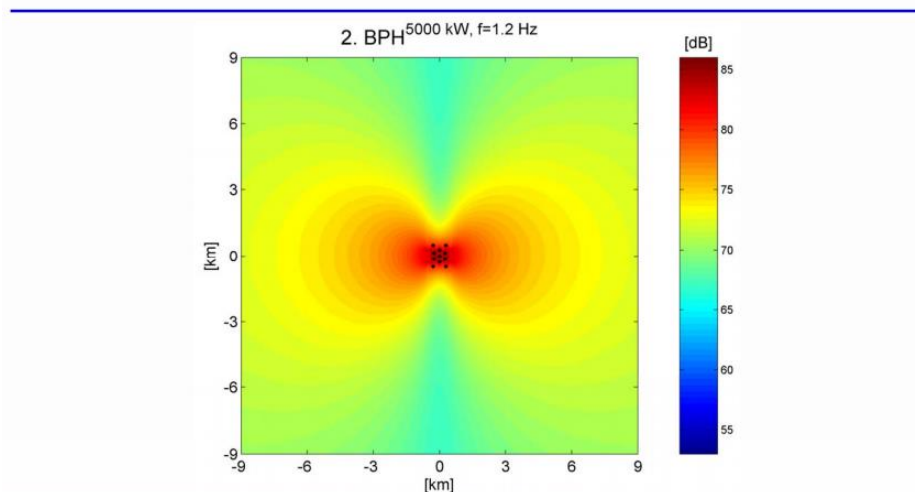
Tämä tarkoittaa käytännössä seuraavaa: Jos 1,5 km:n päästä mitataan infraääntä 90 dB:n teholla, vaimenee teho etäisyyden mukaan alla olevan kuvan mukaisesti. Kuvaajasta nähdään, että 3 dB:n vaimennuksella etäisyyden kaksinkertaistuesssa (sininen käyrä) tehotaso on yli 80 dB vielä 15 km:n päässä ja 75 dB 45 km:n päässä.



Tämä myös vastaa hyvin tuulivoimaloista sairastuneiden kokemuksia Suomessa ja ulkomailla. Eräs haastateltu perhe ei pystynyt asumaan 10 km:n eikä edes 17 km:n päässä tuulivoimaloista. Myötätuuliolosuhteissa voimalat aiheuttavat oireita vielä 33 km:n päässä voimaloista.

Infraäänipäästö on myös suuntariippuvaista päästön ollessa voimakkainta myötä- ja vastatuuleen ja heikointa turbiinin sivuille.

Estimating the SPL generated by (a) large wind turbine(s)



Mallinnus 11 x 5 MW turbiinin aiheuttaman 1,2 Hz:n taajuisen infraäänien leviämisestä. Mallinnuksen tulokset vahvistettiin mittauksin. (Ceranna et al. 2005).

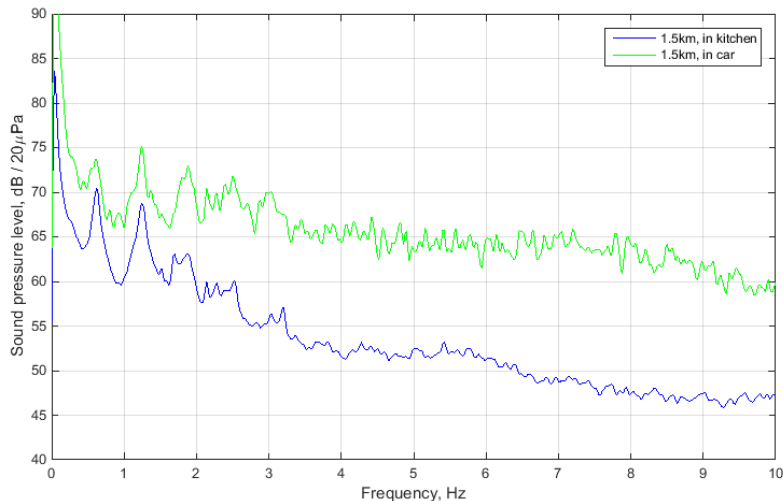
Empiirisesti olemme havainneet tuulivoimamelulle altistuneiden oireiden perusteella Jäneskeitaan ja Peittoon tuulivoimatuotantoalueiden ympäristössä etäisyyden ja tuulen suunnan lisäksi myös maanpinnan muotojen vaikuttavan infraäänien etenemiseen. Korkeilla paikoilla infraääni on voimakkaampaa kuin matalilla paikoilla. Metsä ilmeisesti vaimentaa hieman infraäänien etenemistä, koska tuulivoimalan infraäänelle altistuneet kokevat oireita voimakkaammin peltoaukeilla kuin metsän keskellä.

Tuulivoimalan tuottaman infraäänien voimakkuus ja spektri vaihtelevat jatkuvasti mm. tuulen ja muiden sääolosuhteiden vaikutuksesta. Lisäksi infraäänien pitkistä aallonpituudesta johtuen usean tuulivoimalan ryppään infraäänipäästöä ei voi tarkastella ottamatta huomioon paineaaltojen keskinäistä interferenssiä. Interferenssi merkittävästi voimistaa tai heikentää paineaaltoa paikallisesti. Kartalla interferenssikuvio voi vaihdella nopeasti ajallisesti mm. tuulen nopeuden ja suunnan, lämpötilan ja ilmankosteuden mukaan. Infraäänien amplitudimuutosten lisäksi interferenssi aiheuttaa myös yhtäkkisiä infraäänien vaiheen muutoksia. (Bell 2014)

Edellä mainituista syistä johtuen tuulivoimalan infraäänipäästö on altistuvassa kohteessa hyvin amplitudimoduloitunutta eli paineaaltojen voimakkuus vaihtelee rajusti, maksimin ja lähes

nollan välillä, lähes satunnaisissa jaksoissa. Monet terveysoireet ilmenevät kohtaustenomaisina, mikä voi osittain selittyä myös amplitudimodulaatiolla ja vaihesiirroilla.

Infraäänen terveyshaittojen on havaittu usein olevan voimakkaampia sisätiloissa kuin ulkotiloissa. Talon rakenteet suodattavat korkeampia taajuuksia pois, jolloin ulkotilassa impulssimainen aaltomuoto suodattuu sisätiloihin tullessaan symmetrisemmäksi, sinimuotoisemmaksi aaltomuodoksi, jonka tiedetään stimuloivan kehoa voimakkaasti.



Esimerkkikuva tekemistämme mittauksista. Kuvassa talon sisältä ja heti sen jälkeen ulkoa mitattu spektri. Ulkona mitatussa spektrissä taustakohina on korkeammalla tasolla mm. tuulesta johtuen. Sisällä tuulivoimaloiden matalataajuiset spektriipiikit korostuvat. Sekä kyseessä olevan talon asukkaiden kokemus että sisällä ja ulkoa mitattujen spektrien eroavaisuudet vastaavat ulkomailta tehtyjä tutkimuksia.

Infraäänen mittaaminen ja analysoiminen

Tuulivoimaloiden infraääniä ei ole Suomessa vielä mitattu viranomaisten tai tuulivoimayhtiöiden toimesta. Infraääntä voidaan mitata mm. tarkoitukseen sopivilla mikrobarometreilla (mikrobarometri on herkkä ilmanpaineen muutoksia mittaava laite) tai infraäänimikrofoneilla.

Tuulivoimaloiden aiheuttaman kuultavan melun (dB(A) -äänialueen) mittaukset ovat tunnetusti vaikeita tehdä. Mittaukset vievät aikaa viikkoja tai kuukausia. Mittausten hankaluudesta kertoo se, että niitä joudutaan usein uusimaan. Kuultavan melun mittaus vaatii hyvää asiantuntemusta ko. alalta. Infraäänen mittaaminen on yhtäläillä vaikeaa ja vaatii asiantuntemusta. Mittaukseen liittyvät ongelmat ovat pitkälti samoja, vaikkakin osin taajuusaluekohtaisia. Infraäänimittausten tulosten tulkinta aiheutuvien terveysvaikutusten määrittämiseksi on toistaiseksi mahdotonta.

Ammattilaisille on selvää, että infraääni tulee mitata laitteella, jonka herkkyys on riittävä < 1 Hz:n taajuuksille asti. On kuitenkin useita esimerkkejä siitä, miten tuulivoimaloiden aiheuttamaa infraääntä on mitattu tarkoitukseen sopimattomalla laitteistolla ja tultu

johtopäätökseen, ettei tuulivoimaloista lähde infraääntä tai että tuulivoimaloiden infraääni on hyvin heikkoa ja hukkuu ympäristötekijöiden aiheuttamaan kohinaan.

Mitatun tuulivoimaloiden infraäänipäästön analysoimiseksi ei vielä ole vakiintunut sellaisia parhaiksi havaittuja menetelmiä, joiden tiedettäisiin kertovan riittävästi siitä, miten mitattu infraäänisignaali vaikuttaa ihmiseen. Ei ole vakiintunutta suuretta, jolla tuulivoimaloiden tuottaman infraäänen voimakkuus esitettäisiin. Tutkimuksessaan Cape Bridgewaterin tuulivoimatuotantoalueella Cooper havaitsi, että kapeakaistaisen FFT -analyysin käyttäminen tarjosi mekanismin identifioida tuulivoimaloiden toiminnan, kun taas dB(A)-, dB(C)- ja dB(G)-painotusten ja yksittäisten 1/3-oktaavikaistojen käytöllä tuulivoimaloita ei voitu erottaa tuulesta (Cooper 2015). Huson havaitsi mitatessaan MacArthurin tuulivoimatuotantoaluetta, että dB(G) -filtterillä mitatusta signaalista ei juuri voinut erottaa, olivatko voimalat päällä vai pois päältä. Sen sijaan kapeakaistaisessa analyysissä erot näkyivät hyvin selvästi. (Huson 2015).

Toisin sanoen voimakaskin tuulivoimaloiden tuottama infraäänisignaali voi kadota kohinaan, jos infraääni analysoidaan epäsovivin menetelmin, minkä jälkeen tehdään johtopäätös, että infraääntä ei joko aiheudu tai se on hyvin heikkoa verrattuna esim. tuulen tai ilmastointikoneiden infraäänitaajuuksille aiheuttamaan kohinaan. Näin on tehty muutamissa tuulivoimaloiden infraäänen olemassaolon, voimakkuuden tai sen terveysvaikutukset kieltävissä tutkimuksissa joko ymmärtämättä, etteivät ko. menetelmät sovi tuulivoimaloiden infraäänipäästön analysoimiseen ihmisten terveyden kannalta tai tarkoitushakuisesti. (Hayes McKenzie 2006; Sonus 2010; Evans 2013; EPA 2013).

Kun tuulivoimalat tuottavat infraääntä, infraäänelle altistuneet saavat oireita kovallakin tuulella, auton kyydissä ja kaukana tuulivoimaloista, paikoissa, joissa infraäänen mittaustulokset edellä mainituilla analysointimenetelmillä tarkasteltuna osoittavat pelkkää kohinaa. Oireita ei tule, kun voimalat eivät tuota infraääntä. Tämäkin osoittaa sen, että ihmisen infraääniaisti käsittelee informaation eri tavalla kuin kuuloaisti.

Asian ymmärtävät hyvin ne tutkijat, jotka ovat työskennelleet pitkään ihmisten terveyden suojelemiseksi tuulivoimaloiden infraääneltä. Asiantuntijat käyttävätkin termiä "pulsation" sen sijaan että puhuisivat äänenpainetasosta. Paineaaltosarjan keskiarvoistaminen dB-tason laskemiseksi peittää painepulssien todellisen luonteen ja mahdollistaa soveltumattomat vertailut terveyshaittoja aiheuttamattomaan infraääneseen, jolla on sama keskimääräinen äänenpainetaso.

Ihminen aistii infraääniä täysin eri tavalla kuin ääntä. Ihminen aistii infraääntä usean eri mekanismin välityksellä. Esim. sisäkorvan ulkoiset karvasolut liikkuvat infraäänen tahdissa, jolloin solujen paikkatieto välittyy aivoihin erityisillä tyyppin II hermosäikeillä, jotka on todettu samanlaisiksi kuin kyyhkyjen infraääntä välittävät hermosäikeet. Hermosäikeitä pitkin infraääni välittyy taajuusmoduloina (FM) signaalina siten, että paineaallon nouseva ja laskeva vaihe välittyvät nousevana tai laskevana hermoimpulssin taajuutena. (Salt et al. 2014). Infraäänen

osalta aivot siis vastaanottavat sekä infraääniaallon amplitudin, taajuuden että vaiheen. Kuultava ääni välittyy sisempien karvasolujen välittämänä eri mekanismeilla, joka vie aivoille tiedon ainoastaan ääniaallon taajuudesta ja voimakkuudesta. Keskiäänentaso ei ole riittävä infraääntä kuvaava malli, koska aivot vastaanottavat infraäänien yksittäisinä paineaaltoina, eivät ainoastaan tietyn taajuuden soinnin voimakkuutena. Ihmisen tietoisuus ei välttämättä edes tunnista infraääntä sointina. Infraäänien akustinen energia havaitaan yksittäisten pulssien sarjana johtuen myös korvaelimen integrointiajasta. On harhaanjohtavaa puhua kuuloaistista infraäänien aistimisesta. Kyse on vastaavasta erosta kuin näkö- ja kuuloaisteilla, mutta joudumme perustiedon puutteessa käyttämään samaa terminologiaa (esim. dB-tasot) kuin kuultavan äänen tarkastelussa.

Infraäänien turvallinen taso

Infraäänien turvallista altistustasoa ei tunneta mm. yllämainituista syistä johtuen. Raja-arvojen määrittämistä vaikeuttaa myös se, että osan tuulivoimalan infraäänelle altistuneista ihmisistä on havaittu herkistyvän sille voimakkaasti. (Salt et al. 2014). Infraäänien turvallisesta altistustasosta tarvitaan lisää perustutkimusta.

Tässä vaiheessa ihminen on paras mittari. Tärkeintä on kuunnella tuulivoimalan infraäänelle altistuneita, joilla on terveysoireita. Viitteitä terveyshaittoja aiheuttavan infraäänien ominaisuuksista voimme saada oirekuvausten ja empiirisen kertyneen tiedon perusteella. Seuraavassa eräiden kokeellisia tutkimuksia suorittaneiden tutkijoiden ehdotuksia raja-arvoista:

Ensimmäiset raja-arvot tuulivoimaloiden infraäänille määritteli Kelley et al. 1987. Kokeellisen tutkimuksen perusteella Kelley esitti prosessin, jolla voidaan mitata ja määrittää tuulivoimalan matalataajuisen melun häiritsevyys. Tuulivoimalan melupäästö mitataan 1/3-oktaavikaistoittain taajuusalueelta 5–100 Hz. Melun eteneminen sisätiloihin määritetään laskennallisesti, minkä jälkeen lasketaan ekvivalentti melutaso. Saatua desibelitasoa verrataan Kelley'n tutkimuksessaan määrittämään taulukkoon, joka kertoo tuulivoimalan matalataajuisen melun häiritsevyysspotentiaalin. Taulukon mukaan ihminen havaitsee impulsiivisen matalataajuisen äänen 53 dB:n (lin) tasolla, melu muuttuu häiritseväksi 57 dB:n (lin) tasolla, ja hyväksyttömän häiritseväksi 60 dB:n (lin) tasolla.

Persinger (2013) yhteenvetää tehtyä tutkimusta seuraavasti:

"Kun painetasot kohoavat noin 50 dB:n yläpuolelle pitemmäksi aikaa, raportoidaan kohtalaisen vahvoja vastaavuuksia infraäänien esiintymisen ja kuvotuksen, huonovointisuuden, väsymyksen, alueeseen kohdistuvan vastenmielisyyden, epämääräisen kivun sekä unihäiriöiden välillä."..."Se, että luotetaan vain näiden lähteiden (kuten infraäänien) keskimääräiseen tehotasoon niiden tärkeyden

indikaattorina, on suunnilleen yhtä hyödyllistä kuin mitata keskustelun äänekkyyttä sen lauseopillisen sisällön ja mielekkyyden havaitsemiseksi.”

(Sitaatti alkukielellä liitteessä 4.)

Tuoreessa akustisessa tutkimuksessaan Cape Bridgewaterin tuulivoimala-alueelta 2014 Steven Cooper kehitti menetelmän ja määrittä alustavat raja-arvot, joilla tuulivoimalan infraäänien aiheuttamaa terveyshaittaa voidaan arvioida infraäänien mittaustuloksista lasketun ns. dB(WTS)-tehotason avulla. Ei-hyväksyttävissä olevaksi infraäänien tasoksi saatiin 51 dB(WTS) – laskettuna RMS-arvona kapeille taajuuskaistoille 400 viivaa / 25 Hz. (Cooper 2014).

Thorne toteaa yhteenvedossaan infraäänien raja-arvoista:

"Infraäänitaajuuksien eteneminen voidaan laskea helposti, mutta runkojen, lapojen, turbulenssin ja tuulen muutosten monimutkainen vuorovaikutus ei ole helposti laskettavissa.”...”Vaikka kuultavan ja matalataajuisen äänen aiheuttamien haitallisten terveysvaikutusten, kuten unihäiriöiden sekä ahdistuksen ja ärtymyksen aikaansaaman stressin, todennäköisyys on kohtuullisen hyvin määriteltävissä, samaa ei kuitenkaan voida sanoa infraäänestä.”...”Äänitasojen mittaaminen ilman tarkkaa tietoa siitä, mihin äänitasot liittyvät, tekee datan luonteesta ja sisällöstä epämääräisen.”

(Thorne 2014. Sitaatti alkukielellä liitteessä 4.)

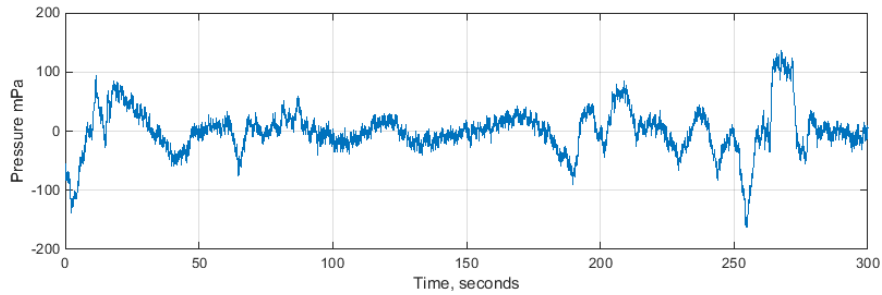
Alustavia mittauksia tuulivoiman tuotantoalueiden ympäristössä

Seuraavaksi on esitetty mittaustuloksia tekemistämme alustavista infraäänimittauksista tuulivoimatuotantoalueiden ympäristössä heinä-elokuussa 2015. Mittaustemme tarkoituksena oli päästä näkemään konkreettisesti tuulivoimaloiden tuottama infraääni altistuvissa kohteissa, ei tehdä tarkkoja infraäänitasojen mittauksia. Mittalaitteena käytimme Infiltec Infra-20 -mikrobarometriä, joka mittaa ilmanpaineen 50 kertaa sekunnissa. Laitteelle ilmoitettu herkkyys on 1 mPa ja mittausalue +/-25 Pa. Kalibroitilaitteiston puuttumisen vuoksi desibeliasteikkoa ei voitu määrittää. Jotta eri paikoista tehtyjä mittauksia voidaan verrata toisiinsa, on kuvaajissa esitetty viitteellinen desibeliasteikko, joka on kaikissa kuvaajissa laskettu samalla tavalla tehdaskalibrointia hyödyntäen.

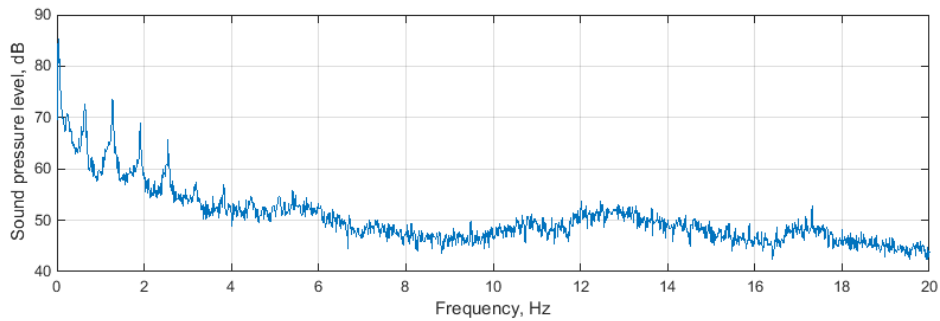


Samaa mittaria on myös käytetty osana mittauslaitteistoa useissa ulkomailta tehdyissä tuulivoimaloiden melumittauksissa (mm. Schomer et al. 2013; Cooper 2014). Nämä suorittamamme mittaukset ovat tietääksemme ensimmäisiä Suomessa tehtyjä tuulivoimaloiden infraäänipäästön mittauksia.

Kuvassa alla esimerkki mittalaitteen tallettamasta painenvaihtelusta ajan funktiona:



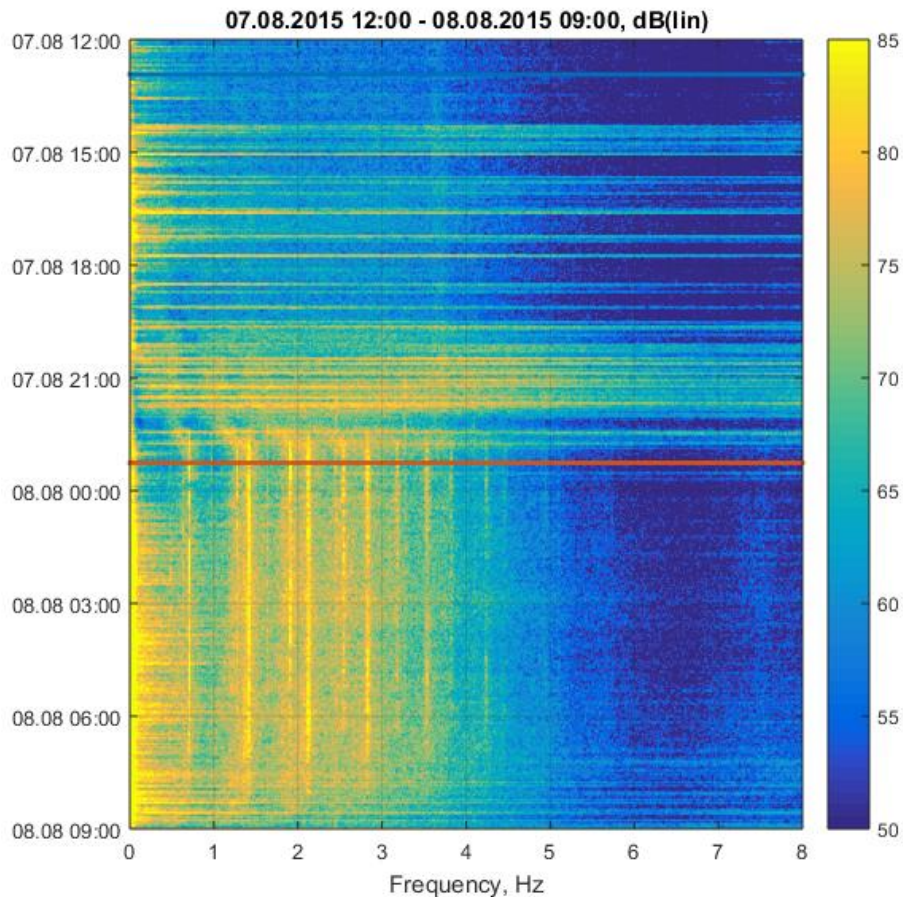
Mikrobarometridatan analysoimiseen käytimme AmaSeis- ja Matlab-ohjelmistoja. Esimerkki lasketusta taajuusspektristä on seuraavassa kuvassa. Vaaka-akselilla on äänen taajuus hertseinä ja pystyakselilla äänenpaine desibeleinä. Kuva esittää 1,5 km:n päässä voimaloista mitattua infraäänien taajuusjakaumaa. 0–4 Hz:n alueella nähdään tuulivoimaloiden tuottama infraääni taustakohinan yläpuolelle nousevana piikkisarjana, jota kutsutaan WTS:ksi (wind turbine signature). Ensimmäinen tehopiikki on lapataajuudella (BPF eli kolmannes roottorin pyörimistäajuudesta) ja sen jälkeiset piikit ovat BPF-taajuuden harmonisia monikertoja.



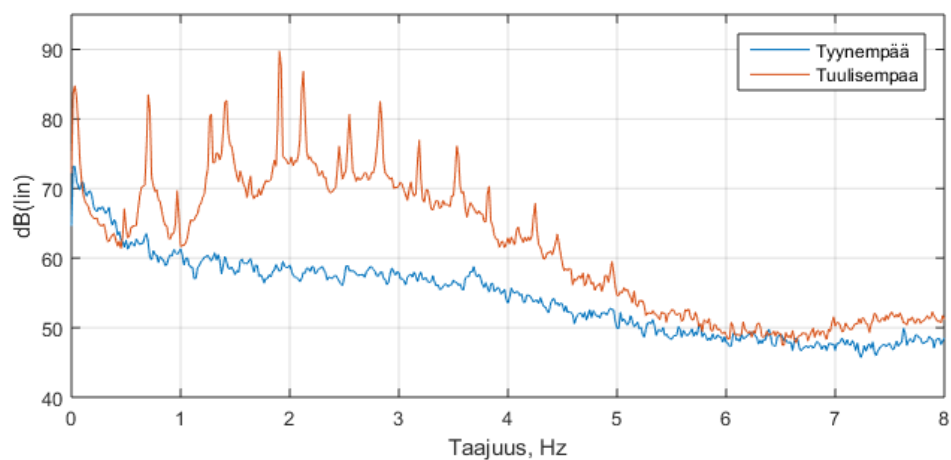
Mittaustuloksia on esitetty spektrogrammin ja spektrien avulla. Tuulisuus ja tuotantotiedot on saatu tuulivoimatuottajan internetsivuilta, jos saatavilla.

Etäisyys 1,5 km

Omakotitalo, lähin voimala 1,5 km:n etäisyydellä. Voimalat 7 kpl 3 MW Siemens ja 10 kpl 3,3 MW Vestas V126. Seuraavassa kuvassa olohuoneesta mitattu infraäänen spektrogrammi 7.8. ja 8.8.2015 väliseltä yöltä. Tuotanto- ja tuulisuustietoja ei ollut saatavilla.



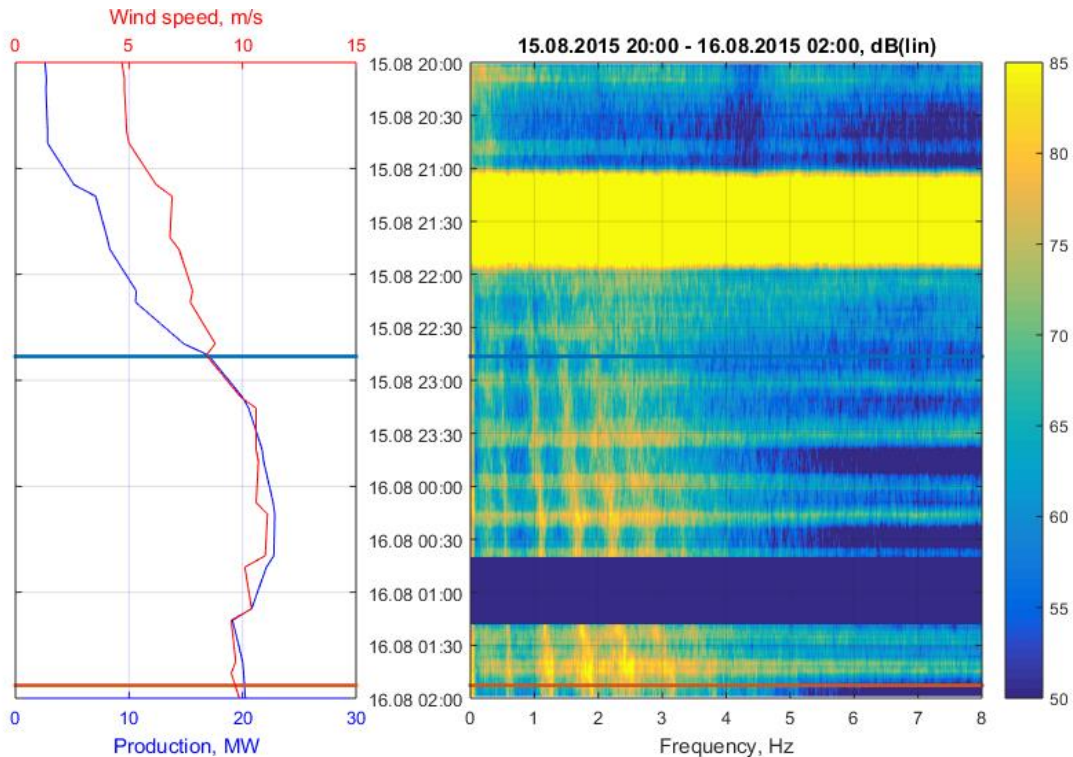
Alla kuvassa infraäänen spektri voimaloiden käydessä tuulisempana ja vähemmän tuulisena ajankohtana, jotka on merkitty spektrogrammiin vaakaviivoilla. Spektrit on keskiarvoistettu 30 minuutin ajanjaksolta ko. ajanhetkiltä. Hetkelliset äänenpainetasot ovat suurempia.



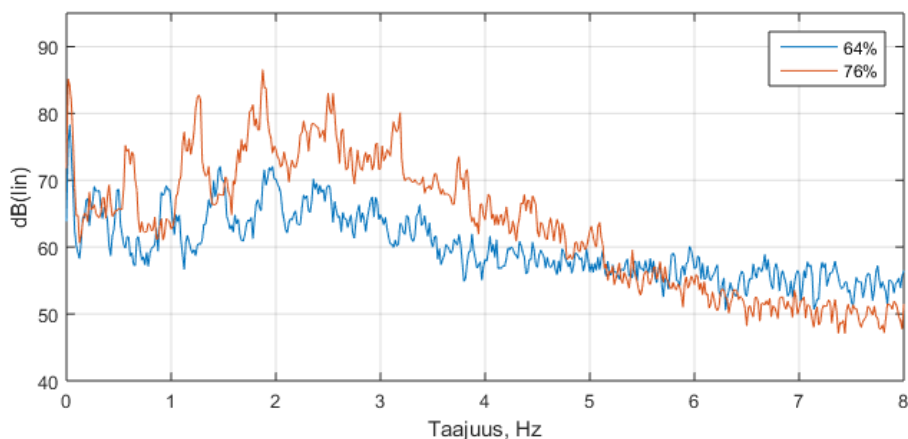
Spektrissä nähdään kaksi WTS-piikistöä päällekkäin, koska alueella olevat kaksi eri voimalatyyppiä pyörivät eri nopeuksilla.

Etäisyys 0,8 km

Omakotitalo, lähin voimala 0,8 km:n etäisyydellä. Voimalat 8 kpl 3.3 MW Vestas V112. Voimalaitosalueen maksimituotto 26,4 MW. Seuraavassa kuvassa voimala-alueen tuotanto, tuulennopeus sekä sisätilasta mitattu infraäänen spektrogrammi 15.8. ja 16.8.2015 väliseltä yöltä. Mittaus alkoi klo 22. Datankeruu oli keskeytynyt klo 1 aikoihin. Mittauksessa on paljon kohinaa johtuen normaalin elämisen aiheuttamasta tärinästä sekä ovien avaamisesta ja sulkemisesta, joka sekoittaa mittauksien käsittelyä, kuten aikaisemmin on kerrottu.

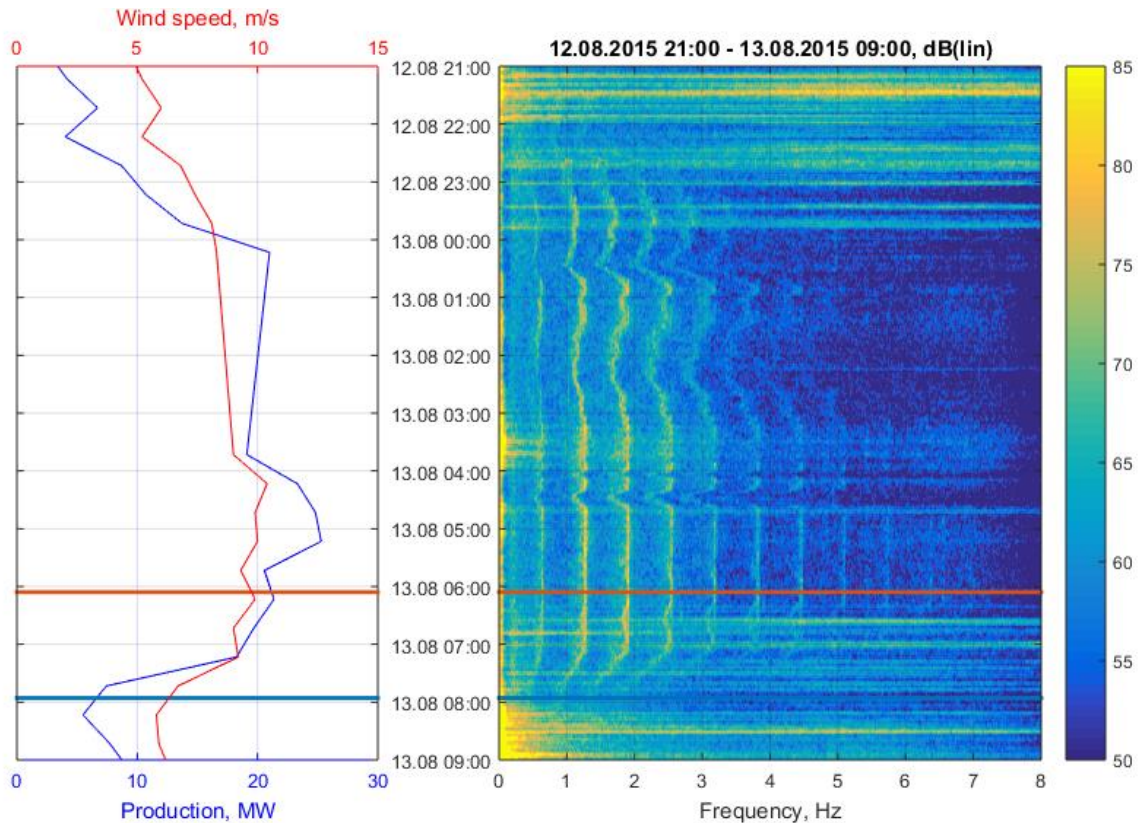


Alla kuvassa infraäänen spektri spektrogrammiin vaakaviivoilla merkityiltä ajanhetkiltä voimaloiden käydessä 64 % ja 76 % maksimitehostaan. Mittausdatassa olevista häiriöistä johtuen spektri on keskiarvoistettu vain 5 minuutin ajanjaksolta ko. ajanhetkiltä, minkä vuoksi spektreissä on paljon kohinaa. Infraäänipiikit ovat leveitä, mikä tarkoittaa suurempaa infraäänitehoa kuin kapeammat piikit.

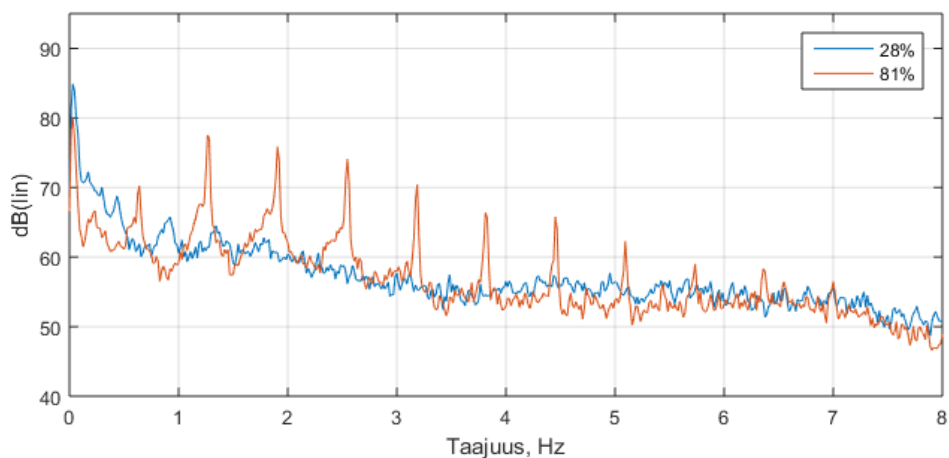


Etäisyys 1,4 km

Omakotitalo, lähin voimala 1,4 km:n etäisyydellä. Voimalat 8 kpl 3.3 MW Vestas V112. Voimalaitosalueen maksimituotto 26,4 MW. Seuraavassa kuvassa voimala-alueen tuotanto, tuulennopeus sekä makuuhuoneesta mitattu infraäänien spektrogrammi 12.8. ja 13.8.2015 väliseltä yöltä.

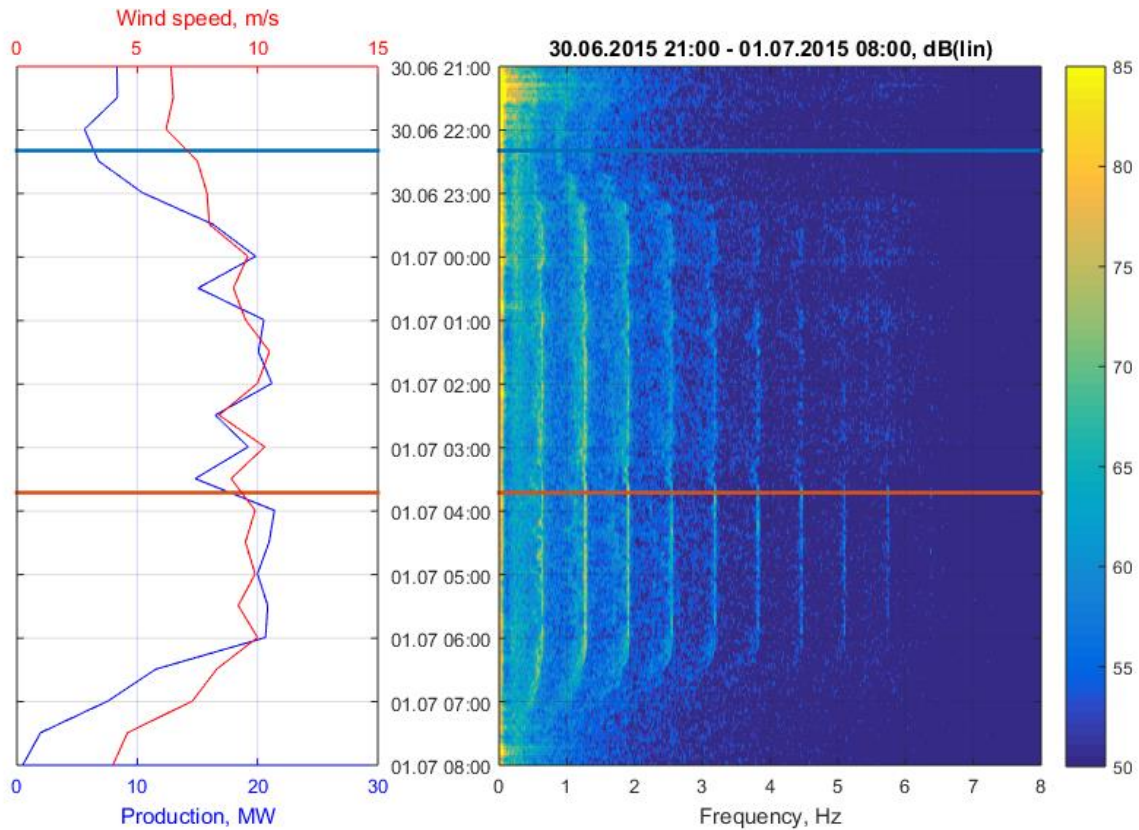


Alla kuvassa infraäänien spektri spektrogrammiin vaakaviivoilla merkityiltä ajanhetkiltä voimaloiden käydessä 28 % ja 81 % maksimitehostaan. Spektri on keskiarvoistettu 15 minuutin ajanjaksolta ko. ajanhetkiltä.

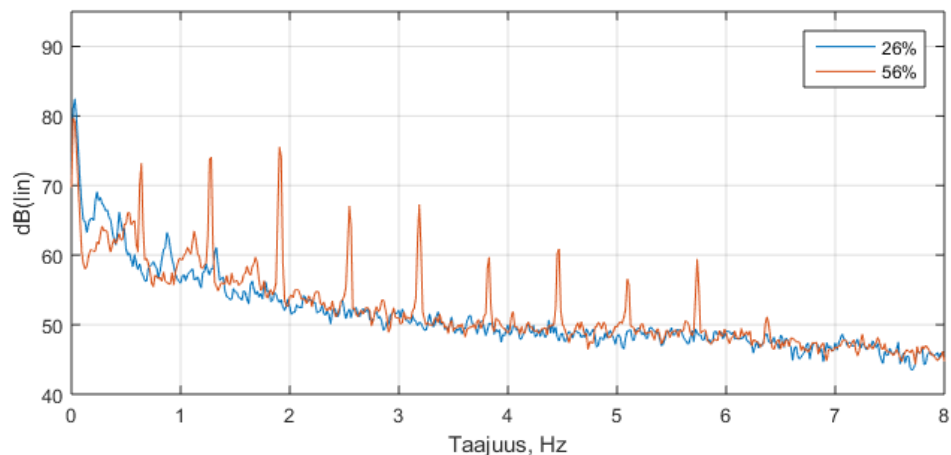


Etäisyys 1,5 km

Omakotitalo, lähin voimala 1,5 km:n etäisyydellä. Voimalat 8 kpl 3.3 MW Vestas V112. Voimalaitosalueen maksimituotto 26,4 MW. Seuraavassa kuvassa voimala-alueen tuotanto, tuulennopeus sekä keittiöstä mitattu infraäänien spektrogrammi 30.6. ja 1.7.2015 väliseltä yöltä. Mittaustulos on kuunneltavissa 240-kertaiseksi nopeutettuna Youtubesta [19].

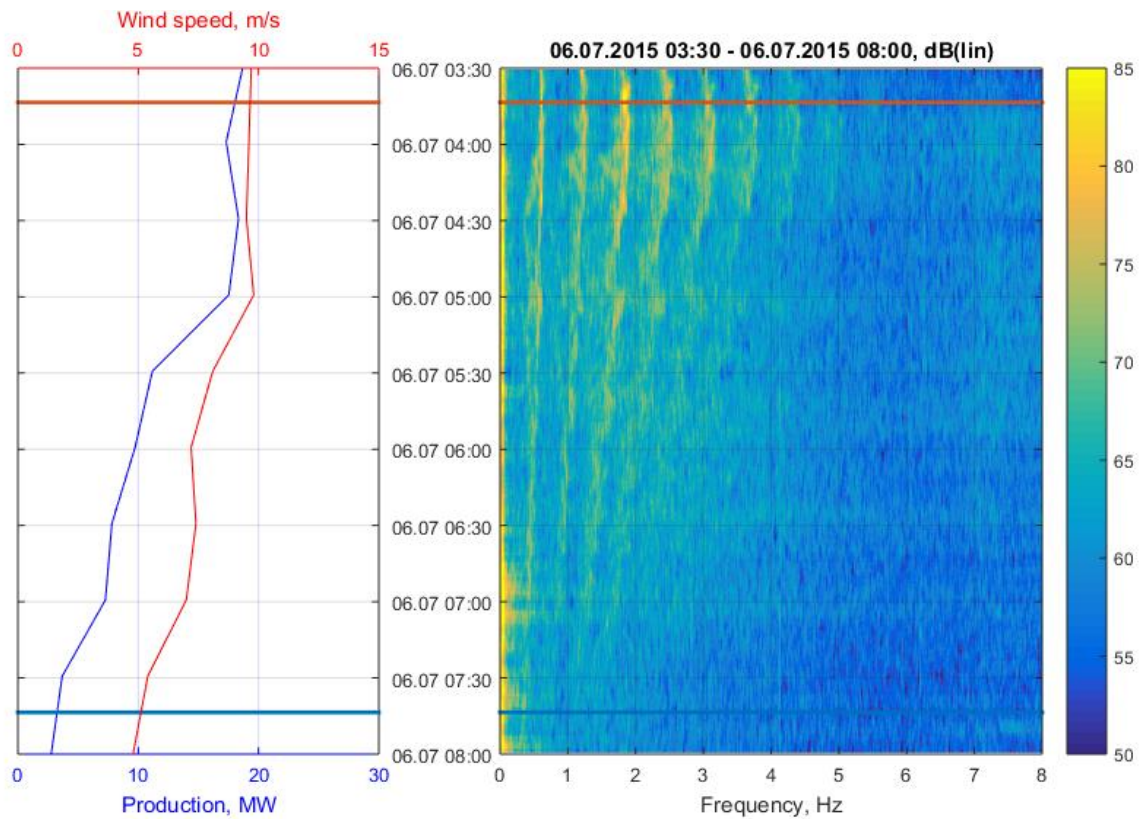


Alla kuvassa infraäänien spektri spektrogrammiin vaakaviivoilla merkityiltä ajanhetkiltä voimaloiden käydessä 26 % ja 56 % maksimitehostaan. Spektri on keskiarvoistettu 20 minuutin ajalta ko. ajanhetkiltä.

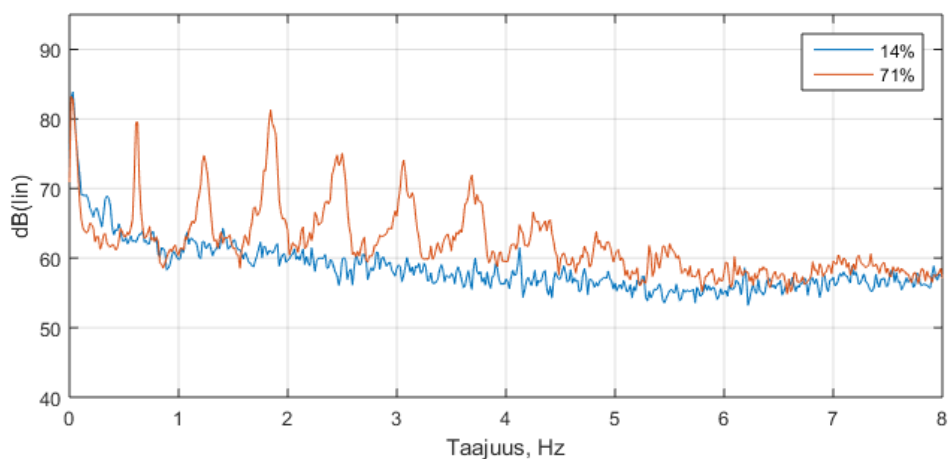


Parin sadan metrin päässä mitatusta omakotitalosta kulkee länsirannikon päävaltatie, jolla kulkee jatkuvasti sekä kevyempää henkilöautoliikennettä että raskasta rekkaliikennettä. Tämä maantiemelu ei näy infraäänispektrissä.

Seuraavassa kuvassa voimala-alueen tuotanto, tuulennopeus sekä ulkoa mitattu infraäänen spektrogrammi 5.7. ja 6.7.2015 väliseltä yöltä. Mittaustulos on kuunneltavissa 240-kertaiseksi nopeutettuna Youtubesta [20].

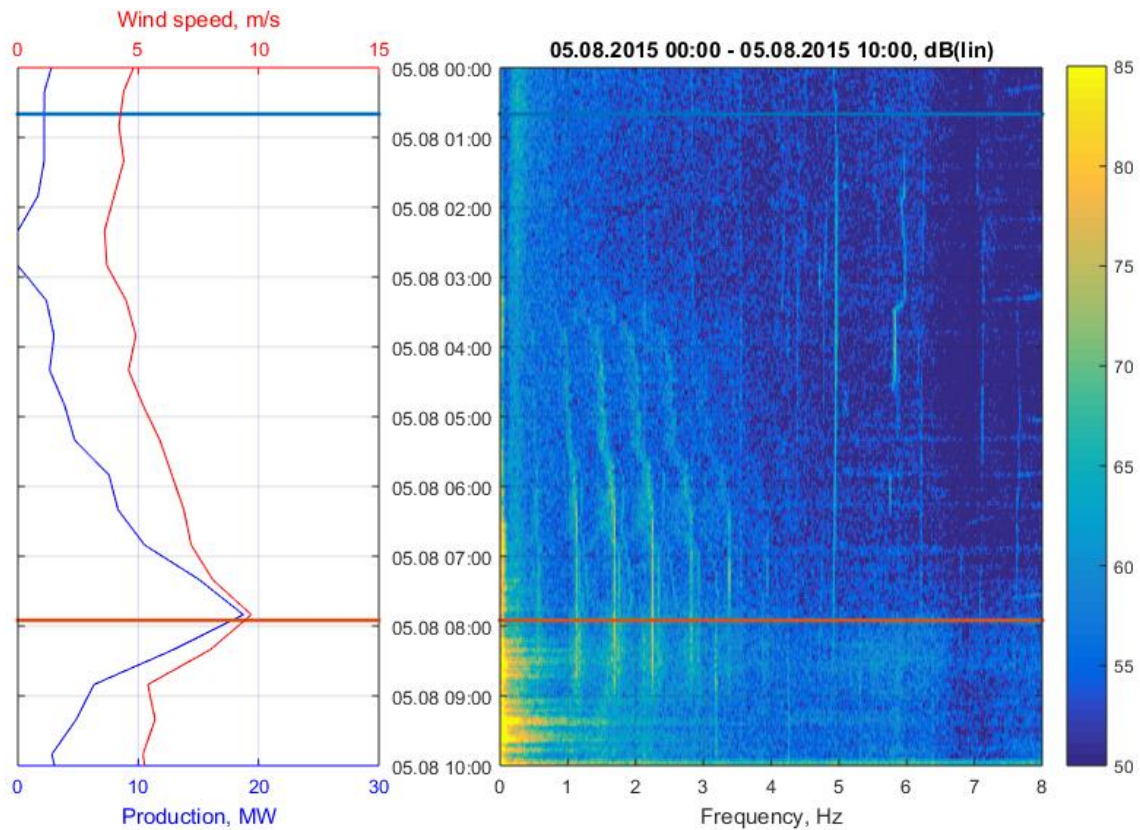


Alla kuvassa infraäänen spektri spektrogrammiin vaakaviivoilla merkityiltä ajanhetkiltä voimaloiden käydessä 14 % ja 71 % maksimitehostaan. Spektri on keskiarvoistettu 15 minuutin ajalta ko. ajanhetkiltä.

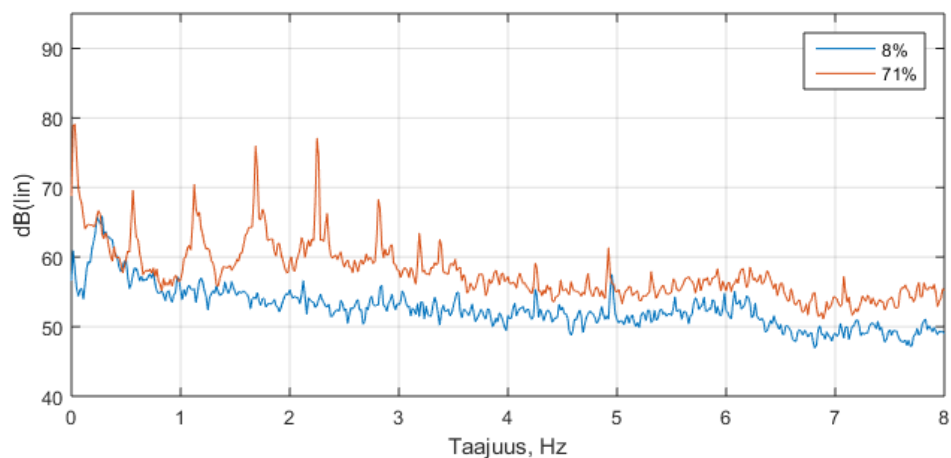


Etäisyys 6,8 km

Omakotitalo, lähin voimala 6,8 km:n etäisyydellä. Voimalat 8 kpl 3.3 MW Vestas V112. Voimalaitosalueen maksimituotto 26,4 MW. Seuraavassa kuvassa voimala-alueen tuotanto, tuulennopeus sekä sisätilasta mitattu infraäänen spektrogrammi 4.8. ja 5.8.2015 väliseltä yöltä.



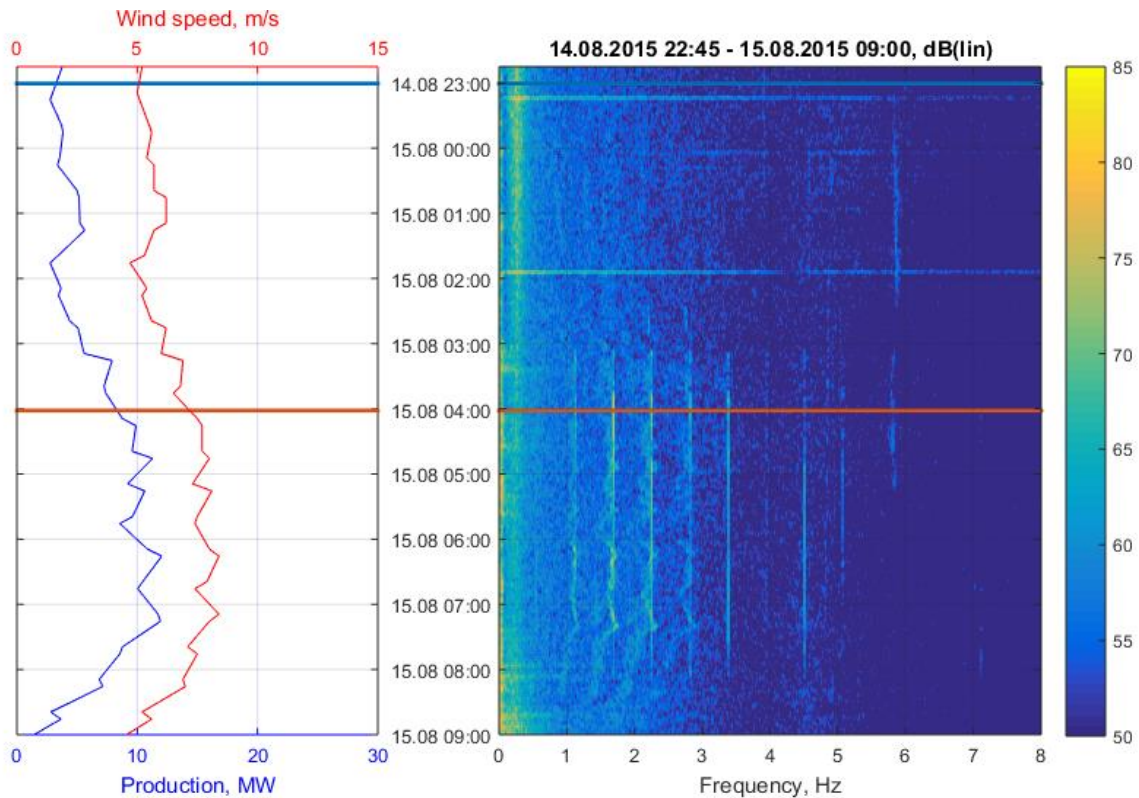
Alla kuvassa infraäänen spektri spektrogrammiin vaakaviivoilla merkityiltä ajanhetkiltä voimaloiden käydessä 8 % ja 71 % maksimitehostaan. Spektri on keskiarvoistettu 20 minuutin ajalta ko. ajanhetkiltä.



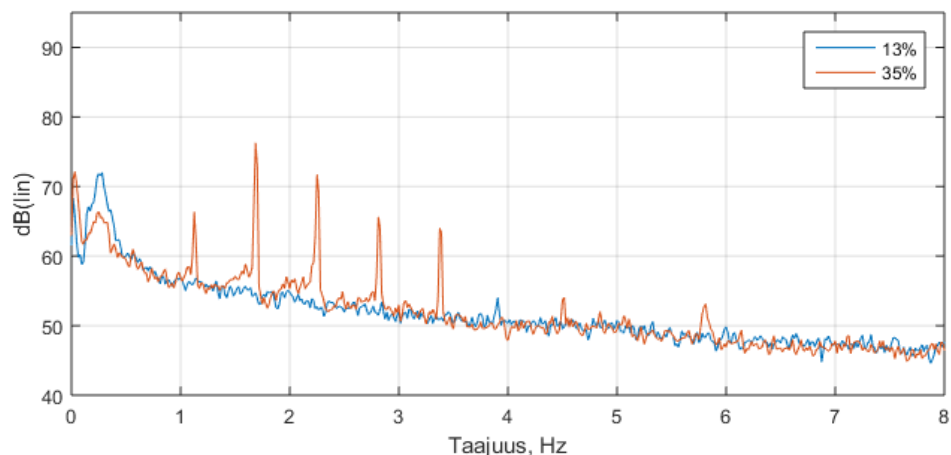
Lähimmän voimala-alueen WTS:n lisäksi spektrogrammissa näkyy myös kauempana 16 km:n ja 20 km:n etäisyydellä sijaitsevilta eri tuulivoimatuotantoalueilta peräisin olevia infraäänipiikkejä.

Etäisyys 10,4 km

Omakotitalo, lähin voimala 10,4 km:n etäisyydellä, 8 kpl 3.3 MW Vestas V112. Voimalaitosalueen maksimituotto 26,4 MW. Seuraavassa kuvassa voimala-alueen tuotanto, tuulennopeus sekä sisätilasta mitattu infraäänen spektrogrammi 14.8. ja 15.8.2015 väliseltä yöltä.



Alla kuvassa infraäänen spektri spektrogrammiin vaakaviivoilla merkityiltä ajanhetkiltä voimaloiden käydessä 13 % ja 35 % maksimitehostaan. Spektri on keskiarvoistettu puolen tunnin ajalta ko. ajanhetkiltä.



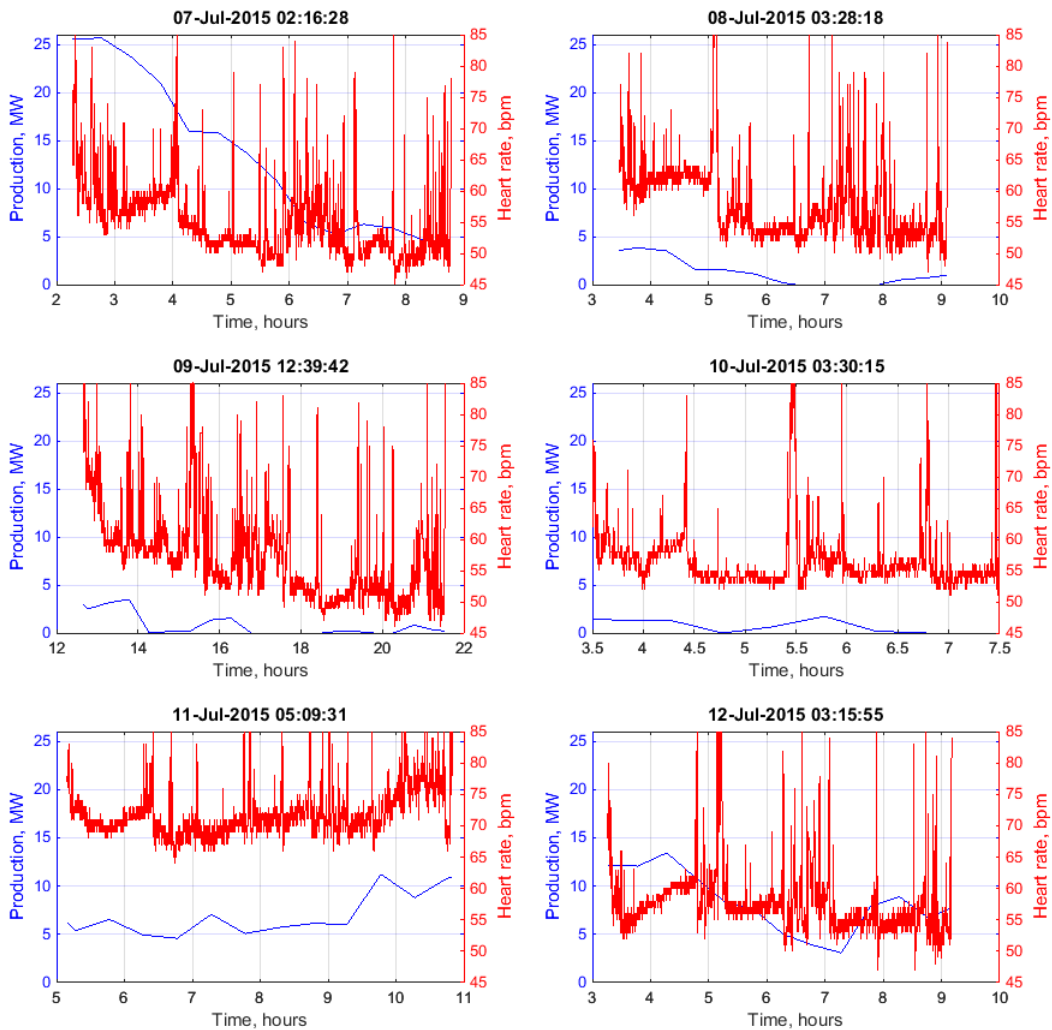
Kuten spektristä nähdään, tuulivoimalat tuottavat infraääntä yli 10 km:n päähän jo käydessään kolmasosalla nimellistehostaan. Tämä vastaa voimaloista sairastuneiden kokemuksia.

Yöllisen sykkeen mittauskoe

Usea haastattelemamme tuulivoimaloiden lähiasukas on kärsinyt ennen kokemattomista sydänoireista voimaloiden käynnistymisen jälkeen. Yhteinen oire on yöllinen heräily hikisenä, sydän rinnassa kiivaasti hakaten, verenpaine korkealla, osa myös pelkotilassa. Tämä on tunnettu oire myös ulkomailla isojen tuulivoimaloiden lähetyillä. Päätimme kokeilla, voisimmeko mitata, miten voimaloiden tuotanto ja pulssi liittyvät toisiinsa.

Pyysimme erästä ko. sydänoireista kärsivää tuulivoimaloiden lähiasukasta (talo noin 1 km lähimmästä voimalasta) pitämään sykemittaria (Polar A300 Fitness and Activity Monitor) nukkuessaan. Keräsimme dataa kuudelta yöltä 7. - 13.7.2015.

Alla olevassa kuvassa on esitetty tulokset näiltä kuudelta mitatulta yöltä. Kussakin kuvaajassa on esitetty tuulivoimaloiden yhteistuotanto yhdessä sydämen pulssin kanssa. Kuvaajista nähdään, että pulssi keskimäärin laskee samalla, kun tuotanto laskee ja nousee, kun tuotanto kasvaa. Emme tiedä, onko korrelaatio todellista vai sattumaa, koska kuusi yötä on lyhyehkö seuranta-aika. On erittäin huolestuttavaa, jos korrelaatio on todellinen.



TYYPILLISIÄ VASTAVÄITTEITÄ

Vastaväite: Myös luonnossa esiintyy infraääniä, jotka voivat olla voimakkaampia kuin tuulivoimaloiden tuottamat infraäänit. Koska ihmiset eivät sairastu luonnossa normaalisti esiintyvistä infraäänistä, eivät ihmiset voi sairastua myöskään tuulivoimaloiden tuottamista infraäänistä.

Vastine: Luonnon infraäänit ovat joko lyhytkestoisia, kuten maanjäristyksen aiheuttamat infraäänit, tai laajakaistaista kohinaa, kuten tuulen aiheuttama paineenvaihtelu. Tuulivoimaloiden tuottama infraääni on täysin ainutlaatuista verrattuna luonnon infraääniin. Se on erittäin kapeakaistaista ja pitkiä aikoja kerrallaan jatkuvaa. Luonnossa esiintyvä pitkäkestoinen infraääni on luonteeltaan taustakohinaa, johon ihminen on sopeutunut. Tuulivoimaloiden tuottama infraääni on muodoltaan puhdasta ja luonteeltaan konemaista sykkivää signaalia, jota ihmisen elimistö ei ole sopeutunut käsittelemään.

Vastaväite: Ihmisen elintoiminnot, kuten sydämen syke ja hengitys, tuottavat matalataajuista paineenvaihtelua eli infraääntä sisäkorvaan. Nämä infraäänit ovat taajuudeltaan tuulivoimaloiden tuottamia infraääniä vastaavia, mutta voimakkuudeltaan suurempia. Koska ihminen sietää näitä elimistön tuottamia infraääniä, ei ihminen voi sairastua myöskään tuulivoimaloiden tuottamista infraäänistä.

Vastine: Ihmisen sisäkorvan rakenteen vuoksi elimistön omien toimintojen tuottamat infraäänit poistuvat sisäkorvasta häiritsemättä sisäkorvan aistijärjestelmää. Ulkopuolelta tuleva infraääni stimuloi ihmisen aistijärjestelmää. Aistijärjestelmän pääasiallinen tarkoitus on havaita ulkopuolisia ärsykeitä ja huolehtia mahdollisista hälyttävistä signaaleista ilman, että aistijärjestelmä häiriintyy elimistön omista ärsykkeistä. [18]

Vastaväite: Ei ole olemassa tieteellisiä vertaisarvioituja tutkimuksia, jotka osoittaisivat tuulivoimaloiden tuottaman infraäänien aiheuttavan terveyshaittoja.

Vastine: On olemassa lukuisia vertaisarvioituja tieteellisiä tutkimuksia, jotka osoittavat, että tuulivoimaloiden tuottama infraääni aiheuttaa vakavia terveyshaittoja.

Vastaväite: On olemassa lukuisia tieteellisiä vertaisarvioituja tutkimuksia, jotka osoittavat ettei tuulivoimaloiden tuottama infraääni aiheuta terveyshaittoja.

Vastine: Tällaisia vertaisarvioituja tutkimuksia ei ole olemassa. Jos tällä väitteellä tarkoitetaan tutkimuksia, joissa herkistymättömiä koehenkilöitä on altistettu hyvin lyhytaikaiselle

infraäänelle, niin kyseessä on eri asia eikä puhuta silloin tässä raportissa käsiteltävänä olevasta ongelmasta. Tuulivoimaloiden aiheuttamat terveyshaitat syntyvät riittävän pitkäkestoisen ja voimakkaan altistumisen seurauksena. Saatavilla olevan tiedon perusteella infraäänitasoilla, joita teollisen kokoluokan tuulivoimalat tuottavat, sairastuminen vaatii vähintään viikkojen altistuksen. Sairastuneilla ja herkistyneillä ihmisillä vasteaika voi olla vain joitain sekunteja oireiden pahenemiseen.

Vastaväite: Tuulivoimaloiden tuottamista infraäänistä oireita saavat henkilöt ovat ympäristöyliherkkiä. Koska yliherkät ihmiset edustavat erittäin pientä osaa väestöstä, eivät heidän saamansa oireet ole este tuulivoimatuotannolle.

Vastine: Saatavilla olevan tutkimustiedon perusteella tiedetään, että tuulivoimaloiden tuottama infraääni aiheuttaa vakavia terveyshaittoja käytännössä koko väestölle riittävän pitkäkestoisella ja voimakkaalla altistuksella. Pitkäkestoinen oleskelu tuulivoima-alueen lähistöllä aiheuttaa infraäänimelualtistuksen, joka on riittävä sairastuttamaan terveen normaalin ihmisen.

Vastaväite: Sairastuminen johtuu negatiivisesta asenteesta tuulivoimaloita kohtaan. Negatiivinen asenne on seurausta esimerkiksi siitä, että voimaloiden koetaan pilaavan maiseman.

Vastine: Ei ole olemassa sellaista tutkimustietoa, joka kytkisi tuulivoimaloiden tuottaman infraäänien aiheuttamien terveydellisten vaurioiden kehittymisen ja/tai laadun diagnosoitavan potilaan asenteisiin tuulivoimaloita kohtaan. Tyypillisesti sairastuneet ovat suhtautuneet tuulivoimaloihin myönteisesti tai neutraalisti ennen sairastumistaan. Tuulivoimaan positiivisesti suhtautuvien henkilöiden, kuten voimalatyöntekijöiden ja maanvuokraajien, sairastumisen infraäänialtistuksen seurauksena ei ole havaittu poikkeavan muista ihmisryhmistä. Positiivisen suhtautumisen ja sairastumisen välisestä yhteydestä ei myöskään ole olemassa tutkimustietoa.

Vastaväite: Koska tuulivoimaloiden tuottaman infraäänien aiheuttamat terveyshaitat eivät ole tunnettu ilmiö Suomessa viranomaisten ja asiantuntijoiden keskuudessa, eivät esitetyt väitteet terveyshaitoista ole este tuulivoimatuotannolle.

Vastine: Tuulivoimaloiden infraäänien aiheuttamat terveyshaitat ovat Suomessa uusi ilmiö, kuten niiden aiheuttaja tuulivoimatuotantokin. Ongelman viimeaikainen äkillinen syntyminen Suomeen tuulivoimatuotannon kasvun seurauksena ei ole peruste sille, että tarvittaviin toimenpiteisiin tilanteen korjaamiseksi ei ryhdyttäisi. On ymmärrettävää, ettei Suomessa näin

uudesta ilmiöstä ole vielä asiantuntemusta samassa määrin kuin maissa, joissa on ollut tuulivoimatuotantoa jo pitkään.

Vastaväite: Eräät suomalaiset asiantuntijat ovat sitä mieltä, ettei tuulivoimaloiden infraääni aiheuta terveysongelmia, joten infraäänien aiheuttamaa terveysongelmaa ei ole olemassa.

Vastine: Näillä asiantuntijoilla ei ole lääketieteellistä pätevyyttä ja omilla lääketieteellisillä tutkimuksilla osoitettua kokemusta ottaa käsiteltävään asiaan kantaa. He mm. edustavat koulutukseltaan esimerkiksi tekniikan alaa eikä heidän mielipiteidensä painoarvoa voi näin ollen verrata laajan ulkomaisen lääketieteen alan asiantuntijajoukon tuottamaan tutkimustietoon. Lisäksi tulee ottaa huomioon rahoituslähteen aiheuttaman vinouman mahdollisuus tilanteissa, joissa tuulivoimayhtiöt itse ovat mukana rahoittamassa ja ohjaamassa tuulivoima-alaan, esim. tuulivoimameluun, liittyvää tutkimusta. Lääketieteen alalla tutkijoiden kaikki rahoitus tulee olla nykyisin avointa. Tekniikan alalla tätä ei vaadita.

Vastaväite: Ihminen kävelee, juoksee ja liikkuu eikä sairastu, vaikka saa liikkeestä johtuen suuremman infraäänialtistuksen kuin tuulivoimaloista, joten tuulivoimaloiden infraääni ei voi aiheuttaa ihmisen sairastumista.

Vastine: Ihmisen liikkumisesta aiheutuva infraäänialtistus ei ole verrattavissa tuulivoimaloiden infraäänestä aiheutuvaan altistukseen, koska mm. ihmisen liiketila, altistusaika ja infraäänisignaalin muoto eivät ole vastaavia. Liikkumisesta aiheutuva infraäänialtistus on erittäin lyhytkestoista ja satunnaista verrattuna tuulivoimaloiden infraäänien aiheuttamaan krooniseen altistukseen.

Vastaväite: Tiedeyhteisö ei ole pystynyt osoittamaan tuulivoimaloiden aiheuttaman infraäänien vaikutuksia ihmisiin.

Vastine: Tuulivoimaloiden infraäänien tuottamat terveyshaitat on tunnettu tiedeyhteisössä jo 1980-luvulta lähtien ja niiden olemassaolo on osoitettu lukuisissa vertaisarvioituissa tutkimuksissa. Eräs osoitus näytön vahvuudesta on Portugalin korkeimman oikeuden päätös tapauksesta, joka on kuvattu edellä tässä raportissa. Tutkimustietoa siitä, että pitkäaikainen altistus tuulivoimaloiden infraäänelle ei aiheuttaisi terveyshaittoja, ei sen sijaan ole olemassa. Vaikka ongelma on ollut tiedossa jo vuosikymmeniä, eivät tuulivoimatoimijat ole voineet osoittaa voimaloiden olevan turvallisia, kuten mm. EU:n konedirektiivi vaatii.

Vastaväite: On tieteellisesti osoitettu, että pelottelu infraäänillä aiheuttaa oireet infraäänialtistuksen sijaan. Kyse on nocebo -ilmiöstä.

Vastine: Ei ole olemassa minkäänlaista tutkimusnäyttöä siitä, että pelottelulla voitaisiin saada aikaan elimistön vaurioita, jotka asiaan perehtyneiden lääketieteen asiantuntijoiden mukaan ovat tyypillisiä tuulivoimaloiden infraäänialtistuksen seurauksia. Jos tarkoitetaan kahta tutkimusta, jossa koehenkilöt kokivat oireita pelottelun seurauksena, ei ole kyse tässä raportissa käsitellystä asiasta. Kyseisissä tutkimuksissa koehenkilöt altistettiin osana koeasetelmaa lyhytkestoiselle 10 tai 23 minuutin infraäänelle. Koeasetelman perusteella ei voida tehdä mitään päätelmiä tuulivoimaloiden infraäänien pitkäkestoisen altistuksen seurauksista ihmisen terveydelle. Koeasetelma voidaan toistaa samoin tuloksin korvaamalla pelottelu infraäänellä millä tahansa vastaavalla pelottelulla.

Vastaväite: Infraäänien havaintokynnyksen alittavalla äänenpainetasolla ei ole mitään terveysvaikutuksia.

Vastine: Voimakkuustason ollessa lähelläkään kuulokynnystä on kyse täysin eri ilmiöstä eikä käsiteltävänä olevasta asiasta. Infraäänien havaintokynnys on määritelty luonnollisesti erittäin lyhytaikaisella altistuksella tehdyillä tutkimuksilla eikä sitä senkään vuoksi voida käyttää terveydellisenä kynnysarvona pitkäaikaisessa altistuksessa. Infraäänialtistuksesta aiheutuvaa terveyshaittaa voidaan arvioida altistusajan ja -voimakkuuden perusteella. Tutkimusten perusteella tiedetään, että riittävän pitkäkestoinen infraäänialtistus huomattavasti kuulokynnystä alemmilla voimakkuustasoilla aiheuttaa terveyshaittaa. Sitä, kuinka alhaisella voimakkuustasolla terveyshaittaa aiheutuu, ei ole luotettavasti pystytty määrittämään. Tuulivoimateollisuus ei ymmärrettävästi halua antaa asian tutkimiseen rahoitusta.

Vastaväite: Ongelmat eivät johdu infraäänestä, vaan kuultavasta äänestä ja sen voimakkuuden vaihteluista (amplitudimodulaatiosta).

Vastine: Suurin osa sairastuneista ihmisistä ei kuule tuulivoimalan kuultavaa melua. Koska tutkimusnäytön perusteella merkittävä osa sairastuneista ei kuule tuulivoimaloiden ääntä, ei kuultava ääni voi olla oireiden aiheuttaja. Kuultava ääni ei edes voi edetä kuultavana sille etäisyydelle, jossa merkittävä osa sairastuneista ihmisistä asuu ja oleskelee.

Vastaväite: Muissa maissa, mm. Saksassa ja Tanskassa, on moninkertaisesti voimaloita Suomeen verrattuna ja lähempänä ihmisiä eikä siellä valiteta oireista.

Vastine: Saksassa, Tanskassa, Australiassa, Kanadassa jne. merkittävä joukko ihmisiä kärsii tuulivoimaloiden infraäänien aiheuttamista terveyshaitoista. Tuulivoimalan tuottaman

infraäänipäästön määrä on voimakkaasti riippuvainen tuulivoimalan koosta. Erityisesti Euroopassa tuulivoimaloiden koko on merkittävästi Suomeen rakennettavia tuulivoimaloita pienempi. Samoin yöaikaan syntyvä pintainversio-ilmiö ja siitä johtuva äänen kauas kantautuminen on Suomessa paljon pitempiaikaista vuositasona kuin esimerkiksi Tanskassa tai Saksassa, auringon viistosta paistekulmasta johtuen. Kansainvälisten standardien perusteella määritellyt tuulivoimamelun keskiäänitasot tästä syystä pätevät huonosti Suomessa. Tästä johtuen sairastumiseen vaadittava altistusaika on Suomessa huomattavasti lyhyempi kuin esim. Tanskassa. Yksin EPAW (European Platform Against Wind Farms) on kahdessa vuodessa kaksinkertaistanut jäsenyhdistysten määrän ollen tällä hetkellä noin 900 jäsenyhdistyksen keskittymä. Ulkomailla tuulivoimalakriittinen keskustelu on merkittävästi painottunut infraääniongelman ympärille toisin kuin Suomessa, jossa terveysongelmien muodostuminen on uusi ilmiö.

LISÄTIETOA

Waubra Foundation

Australiassa toimiva yhdistys, joka on perustettu 2010 edistämään riippumatonta ja monipuolista tutkimusta niistä uusista terveysongelmista, joita on havaittu esiintyvän erityisesti tuulivoimaloiden ja eräiden muiden teollisuuslaitosten lähiasukkailla.

waubrafoundation.org

EPAW

Jo vuonna 2008 perustettu, irlantilaisalkuinen, euroopanlaajuinen keskusyhdistys tuulivoimaloita vastaan.

Järjestön sivuilta löytyy uutisia, artikkeleita ja valtava verkosto.

Epawin tavoite on suojella luontoa, ihmisiä, omaisuutta ja taloutta tuulivoimaloiden aiheuttamalta vahingolta.

epaw.org

Wind Watch

National Wind Watch® (NWW) on yhteisöjen ja yksityishenkilöiden muodostama yhteenliittymä, joka työskentelee maaseudun ja luonnontilaisten alueiden pelastamiseksi teollisen luokan tuulivoimaloiden vyöryltä. Sivusto pitää merkittävää arkistoa mm. terveysvaikutuksiin liittyvistä tieteellisistä artikkeleista ja tutkimuksista.

www.wind-watch.org

Stop these things

"We are a kitchen table group of citizens concerned about what is happening across rural and regional Australia, by the harm being done by the wind industry, in partnership with governments."

Australialainen verkkosivusto, joka välittää ajankohtaista tietoa tuulivoima-alalta.

stopthesethings.com

Muita merkittäviä viimeaikaisia tutkimuksia ja julkilausumia

Tuulivoimalan vaikutus kiinteistöjen arvoon

Tuore tutkimus Englannista ja Walesista, joka osoitti tuulivoimalan vähentävän lähellä sijaitsevien kiinteistöjen arvoa sekä aiheuttavan huomattavia hiljaisia visuaalisen ympäristön kustannuksia.

Gibbons, Stephen (2015), Gone with the wind: valuing the visual impacts of wind turbines through house prices. *Journal of Environmental Economics and Management*, 72 . pp. 177-196. [25]

Tuulivoiman kokonaiskustannukset

Yhdysvalloissa Utahin yliopistossa tehty tutkimus tuulivoimaloiden kokonaiskustannuksista osoitti, että tuulivoima tulee yhteiskunnalle n. 48 % kalliimmaksi kuin yleisesti on väitetty. Tutkimuksessa laskettiin mukaan kustannuksiin kaikki tuulivoimaloiden aiheuttamat kustannukset, myös niiden negatiiviset ympäristö- ja sosiaaliset vaikutukset, mukaan luettuna mahdolliset terveyshaitat.

Randy et al. (2015), The true costs of energy: Wind power. [26]

Senaattori Madigan, 20.8.2015

"Mielestäni, herra puheenjohtaja, puhdas energia voi olla likaista bisnestä. Näkemäni uskomaton epäoikeudenmukaisuus – isot yhtiöt antamassa turpiin kunnollisille maalaisasukkaille planeetan pelastamisen nimissä – inspiroi minua kysymään yhä uudelleen yhtä kysymystä: Miksi tuulivoimateollisuudella on erivapaus asianmukaisista säännöistä, jotka koskevat kaikkia muita teollisuudenaloja?"

Senaattori John Madiganin puhe Australian senaatille sen tuulivoimaraportista. [27]

Senaattori Chris Back 13.8.2015:

"I do not think wind turbines are a renewable energy source."

Senaattori Chris Backin puhe Australian senaatille sen tuulivoimaraportista. [28]

Sydänsairaudet ja ympäristömelu

Swinburn et al. (2015), Valuing Quiet. An Economic Assessment of U.S. Environmental Noise as a Cardiovascular Health Hazard, *American Journal of Preventive Medicine* 2015, 49(3):345–353

LÄHDELUETTELO

Ananthaswamy A. (2013), "Like clockwork.", *New Scientist*, 31st August 2013

Alves-Pereira M. & Castelo Branco (2015a), "Clinical Protocol for Evaluating Pathology Induced by Low Frequency Noise Exposure", *Euronoise 2015*

Alves-Pereira M. & Castelo Branco (2015b), "Low Frequency Noise-Induced Pathology: Contributions provided by the Portuguese Wind Turbine Case", *Euronoise 2015*

Alves-Pereira M. (2005), "Vibroacoustic disease report"

Alves-Pereira M. & Castelo Branco (1999), "Vibroacoustic disease: the need for a new attitude towards noise"

Ambrose S.E. & Rand R.W. (2011), "The Bruce McPherson Infrasound and Low Frequency Noise Study"

APA American Psychological Association, <http://www.apa.org/helpcenter/stress-children.aspx>

Baerwald [14]<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0042:FI:HTML> et al. (2008), "Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines"

Bakker et al. (2009), "Seismic Effect of Residents from 3MW Wind Turbines", *The International Meeting on Wind Turbine Noise, Aalborg Denmark, 17-18 June 2009*

Bell A. (2014), "Constructive interference of tonal infrasound from synchronised wind farm turbines: evidence and implications", *Acoustics Australia, Vol. 42, No. 3, December 2014*

Boyd-Brewer C. & McCaffrey R. (2004), "Vibroacoustic sound therapy improves pain management and more", *Holist Nurs Pract.*

Branco et al. (2004), "Vibroacoustic disease", *Noise Health [serial online] 2004 [cited 2015 Aug 11], 6:3-20.*

Branco et al. (2007), "Respiratory pathology in vibroacoustic disease: 25 years of research", *Rev Port Pneumol. 13(1), 2007*

Castelo Branco (1999), "A unique case of vibroacoustic disease. A tribute to an extraordinary patient", *Aviat. Space Environ. Med., 70 (3, Suppl), A27-31*

- Castelo Branco (2001), "Low Frequency Noise: A Major Risk Factor in Military Operations"
- Castelo Branco & Alves-Pereira M. (2004), "Vibroacoustic disease," *Noise & Health*, 6(23), 3-20
- Castelo Branco et al. (1999), "Vibroacoustic Disease: Some Forensic Aspects.", *Aviation Space Environmental Medicine* 70 (3, Suppl), A145-51
- Chauhan et al. (2009), "Application of Operational Modal Analysis and Blind Source Separation / Independent Component Analysis Techniques to Wind Turbines", *Proceedings of the IMAC-XXVII, February 9-12 2009*
- Ceranna et al. (2005), "The inaudible noise of wind turbines", *Infrasound Workshop, November 28 - December 02, 2005, Tahiti.*
- Cooper (2014), "The results of an acoustic testing program - Cape Bridgewater wind farm", *Energy Pacific (Vic) Pty Ltd, 2014*
- Dlouhy B. J. et al. (2015), "Breathing Inhibited When Seizures Spread to the Amygdala and upon Amygdala Stimulation", *The Journal of Neuroscience*, 15 July 2015, 35(28): 10281-10289
- Doolan et al. (2012), "Wind turbine noise mechanism and some concepts for its control", *Acoustics Australia*, Vol. 40, No. 1, April, 2012
- Drexler M. et al. (2013), "Multiple Indices of the 'Bounce' Phenomenon Obtained from the Same Human Ears", *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*
- Ears Project Communiqué, "Assessment and safety of non-audible sound", 2015
- Evans (2013), "Macarthur wind farm infrasound & low frequency noise operational monitoring"
- F. Du et al. (2010), "Involvement of microglial cells in infrasonic noise-induced stress via upregulated expression of corticotrophin releasing hormone type 1 receptor", *Neuroscience*, Volume 167, Issue 3, 19 May 2010, Pages 909-919
- Fiori et al. (2009), "A study of the seismic disturbance produced by the wind park near the gravitational wave detector GEO-600"
- Garcia-Segura LM (2009), "Hormones and Brain Plasticity", *Oxford University Press US.*
- Gibbons, Stephen (2015), "Gone with the wind: valuing the visual impacts of wind turbines through house prices", *Journal of Environmental Economics and Management*, 72. pp. 177-196
- Gilboa T. (2012), "Emotional stress-induced seizures: another reflex epilepsy?", *Epilepsia*. 2012 Feb;53(2):e29-32.

- Hampel H. et al. (2008), "Core candidate neurochemical and imaging biomarkers of Alzheimer's disease", *Alzheimer's & Dementia* 4 (1): 38–48.
- Hanning C. (2012), "Evidence for proposed Straboy Wind Farm"
- Hanning C. & Evans A. (2012), "Wind Turbine Noise", *British Medical Journal* 3/10/12
- Hayes McKenzie Partnership Ltd. (2006), "The Measurement of Low Frequency Noise at Three UK Wind Farms", *DTI-Contract No. W/45/00656/00/00. URN No. 06/1412*
- Heinonen-Guzejev M. et al. (2012), "Melulla on monia vaikutuksia terveyteen", *Suomen lääkärilehti*, 2012, 67(36):2445-2450
- Huson (2015a), "Stationary wind turbine infrasound emissions and propagation loss measurements", *6th International Conference on Wind Turbine Noise, Glasgow, 20-23 April, 2015*
- Huson (2015b), "Constraints imposed by and limitations of IEC 61672 for the measurement of wind farm sound emissions", *INCE/Europe, Wind Turbine Noise 2015, Glasgow*
- Inagaki et al. (2014), "Analysis of Aerodynamic Sound Noise Generated by Large Scaled Wind Turbines. Energy induced a physiologically stressed state directly in the brain, visualised on objective eeg studies"
- Joëls M. (2008), "Functional actions of corticosteroids in the hippocampus", *SILS-CNS, University of Amsterdam*
- Karl A. et al. (2006), "A meta-analysis of structural brain abnormalities in PTSD", *Neurosci Biobehav Rev.* 2006;30(7):1004-31. Epub 2006 May 26.
- Kelley et al. (1987), "A Proposed Metric for Assessing the Potential of Community Annoyance from Wind Turbine Low-Frequency Noise Emissions", *Presented at the Windpower '87 Conference and Exposition October 5-8, 1987 San Francisco, California*
- Kempton J. M. et al. (2011), "Structural Neuroimaging Studies in Major Depressive Disorder Meta-analysis and Comparison With Bipolar Disorder", *Arch Gen Psychiatry.* 2011, 68(7):675-690
- Kennedy, R.S. et al. (1987), "Motion sickness symptoms and postural changes following flights in motion-based flight trainers"
- Koenigs M. et al. (2007), "Focal brain damage protects against post-traumatic stress disorder in combat veterans", *Nature Neuroscience* 11, 232 - 237

Koek R.J. et al. (2014), "Deep brain stimulation of the basolateral amygdala for 2treatment-refractory combat post-traumatic stress disorder (PTSD): study protocol for a pilot randomized controlled trial with blinded, staggered onset of stimulation", *Trials*. 2014; 15: 356

Koskenvuo M. (2004), "Geenien ja ympäristön vuorovaikutus", *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim*

Kühler Koch et al. (2015), "Investigation of perception at infrasound frequencies by functional magnetic resonance imaging (fmri) and magnetoencephalography"

Lehikoinen P. (1998), "The Physioacoustic Method. Acoustic Vibration in Medicine." *Musiikkikasvatus*.

Liu Z. et al. (2012), "Infrasound increases intracellular calcium concentration and induces apoptosis in hippocampi of adult rats", *Molecular medicine reports* 5: 73-77, 2012

Martinho Pimenta & Castelo Branco (1999), "Neurological aspects of vibroacoustic disease.", *Aviation Space Environmental Medicine* 70 (3, Suppl), A91-5

McEwen B. & Boyce T. (2010), Radiohaastattelu,
<http://www.abc.net.au/radionational/programs/allinthemind/stressed-out-the-powerful-biology-of-stress/3118934#transcript>

McMurtry R. Proof Committee Hansard, *Sydney*, 29 June 2015, p. 8

Mohr et al. (1965), "Effects of low-frequency and infrasonic noise on man", *Aerospace Med* 36(9):817-824

Møller H. et al. (2010), "Low-frequency noise from large wind turbines", *J. Acoust. Soc. Am.* 129 (6), June 2011

Nienstedt et al. (1997), "Ihmisen anatomia ja fysiologia"

Panksepp J. (2008), "The Affective Brain and Core Consciousness, how does neural activity generate emotional feelings?", *Handbook of emotions, third edition, Chapter 4, editors: Michael Lewis, Jeannette M. Haviland-Jones, Lisa Feldman Barrett*

Pei Z. et al. (2013), "Cardiac Peroxisome Proliferator-Activated Receptor-c Expression is Modulated by Oxidative Stress in Acutely Infrasound-Exposed Cardiomyocytes", *Cardiovasc Toxicol.* 2013, 13(4): 307-315

Pereira Costa e Curto & T. M. (2012), "Acquired flexural deformation of the distal interphalangeal joint in foals."

- Persinger M. (2013), "Infrasound, human health, and adaptation: an integrative overview of recondite hazards in a complex environment", *Nat Hazards DOI 10.1007/s11069-013-0827-3*
- Pierpont N., MD, PhD (2010), "Wind Turbine Syndrome & The Brain"
- Punch J. et al. (2010), "Wind-Turbine Noise, What Audiologists Should Know", *Audiology Today, Jul-Aug 2010*
- Puttonen S. (2006), "Stressin fysiologiset vaikutukset", *Työterveyslääkäri 2006, 24(3):28-31*
- Quine D. B. (1981), "Frequency shift discrimination: Can homing pigeons locate infrasounds by Doppler shifts?", *Journal of Comparative Physiology*
- Rinne S. (2009), "Fysioakustisen hoidon vaikutukset ikääntyneiden liikkumiskykyyn"
- Saarelma O. (2015), "Menieren tauti", *Lääkärikirja Duodecim 10.8.2015*
- Salt A. et al. (2014), "How Does Wind Turbine Noise Affect People?", *Acoustic Today 1/2014*
- Sandström M. et al. (2004), "Vibraatio ja sen käyttömahdollisuudet", *Sjukgymnasten 2004:1:28-31*
- Saccorotti G. et al. (2011), "Seismic Noise by Wind Farms: a Case Study from the VIRGO Gravitational Wave Observatory, Italy", *Bullettin of the Seismological Society of America, 2011*
- Schofield R. (2001), "Seismic Measurements at the Stateline Wind Project"
- Schust M. (2004), "Effects of low frequency noise up to 100 Hz", *Noise Health 6:73-85.*
- Scottish Government (2013), "Initial study of seismic ground vibration data from mega-watt class wind turbines - Interim Technical Report", *June, 2013*
- Silva MJ, Carothers A, Castelo Branco NAA, Dias A, Boavida MG. (1996), "Sister chromatid exchanges workers exposed to noise and vibration", *Mutation Research 369, 113-21*
- Sonus Pty Ltd (2010), "Infrasound measurements from wind farms and other sources"
- Styles P. (2005), "A detailed study of the propagation and modelling of the effects of low frequency seismic vibration and infrasound from wind turbines"
- Tamura H. et al. (2012), "Chronic exposure to low frequency noise at moderate levels causes impaired balance in mice", *PLoS One. 2012, 7(6):e39807*

Uno H et al. (1989), "Hippocampal damage associated with prolonged and fatal stress in primates", *The Journal of neuroscience*, 1989 May, 9(5):1705-11

Wigram T. et al. (2002), "A comprehensive guide to music therapy"

Wilke et al. (2015), "What is evidence-based about myofascial chains? A systematic review"

Willshire, W. (1985), "Long Range Downwind Propagation of Low-Frequency Sound", NASA

Wright et al. (2000), "Meta-analysis of regional brain volumes in schizophrenia"

Xi Engineering (2014), "Seismic vibration produced by wind turbines in the Eskdalemuir region", *Release 2.0 of Substantial Research Project*, 15.5.2015, Edinburgh

Yuan H. et al. (2009), "Effects of infrasound on hippocampus-dependent learning and memory in rats and some underlying mechanisms", *Environ Toxicol Pharmacology*, 2009 Sep, 28(2):243-7. Epub 2009 Apr 24

Zhaohui et al. (2013), "Cardiac Peroxisome Proliferator-Activated Receptor- γ Expression is Modulated by Oxidative Stress in Acutely Infrasound-Exposed Cardiomyocytes"

Zhuang ZQ et al. (2007), "Infrasound-induced changes on sexual behavior in male rats and some underlying mechanisms", *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 2007, 23:111-114

www-lähteet

[1] <http://waubrafoundation.org.au/information/health-researchers/symptoms-clinical-framework/>

[2] <http://yle.fi/aihe/artikkeli/2013/02/27/sylia-ja-silityksia-stressiin>

[3] <http://www.apa.org/helpcenter/stress-children.aspx>

[4] <http://traumajadissosiaatio.fi/traumanjalkeinen-stressihairio-ptsd-2/>

[5] <http://www.mielenterveysseura.fi/fi/mielenterveys/hyvinvointi/unen-merkitys>

[6] <http://waubrafoundation.org.au/resources/symptoms-reported-by-sick-residents-living-near-wind-turbines/>

- [7] <http://waubrafoundation.org.au/resources/vibroacoustic-disease-biological-effects-infrasound-alves-periera-castelo-branco/>
- [8] <http://www.eastcountymagazine.org/mink-miscarriages-birth-defects-and-stillbirths-heighten-concerns-over-wind-turbines>
- [9] <http://vind-alarm-danmark.eu/?s=mink>
- [10] <http://waubrafoundation.org.au/information/health-researchers/vulnerable-groups/>
- [11] <http://waubrafoundation.org.au/resources/senate-select-committee-wind-turbines-final-report-august-2015/>
- [12] <http://davidleyonhjelm.com.au/wind-turbine-report-vindicates-senate-scrutiny/>
- [13] <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/pp/EU%20texts/conventioninfinnish.pdf>
- [14] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0042:FI:HTML>
- [15] <http://www.dgsi.pt/jstj.nsf/954f0ce6ad9dd8b980256b5f003fa814/4559d6d733d1589780257b7b004d464b>
- [16] <https://www.masterresource.org/windpower-health-effects/au-testimony-laurie-ii/>
- [17] <http://stopthesethings.com/2015/07/17/senate-wind-farm-inquiry-dr-sarah-laurie-says-kill-the-noise-give-neighbours-a-fair-go/>
- [18] http://www.epaw.org/documents/Alec_Salt_to_Martii_Warpenius_18Sep2013.pdf
- [19] <https://youtu.be/Fd64sxabuMM>
- [20] <https://youtu.be/iJJjH4SlgUw>
- [21] <http://www.fasciamanipulaatio.fi/2015/01/12/sidekudos-koko-kehon-kattava-viestiverkko/>
- [22] <http://www.myalgia.com/Myofascial/Understanding%20MPS.htm>
- [23] http://www.epaw.org/documents/List_of_concerned_health_practitioners_researchers_and_acousticians.pdf

[24] <http://instituteeforenergyresearch.org/analysis/big-winds-dirty-little-secret-rare-earth-minerals/>

[25] <http://eprints.lse.ac.uk/62880/>

[26] <http://www.strata.org/wp-content/uploads/2015/07/Full-Report-True-Cost-of-Wind1.pdf>

[27] <http://www.johnmadigan.com.au/speeches/2015/8/20/the-senate-wind-farm-inquiry-report>

[28] <http://en.friends-against-wind.org/news/senator-chris-back-s-speech>

LIITELUETTELO

- 1: Vestaksen konsernijohtaja Ditlev Engelin kirje Tanskan ympäristöministeri Karen Ellemannille 29.6.2011
- 2: Oireluettelo, Waubra Foundation / Sarah Laurie
- 3: Esimerkkitapaukset Suomessa, 12 perheen, kattaen otoksena 55 yksilöä, terveystarkastuksen tulokset
- 4: Käännettyjen sitaattien alkukieliset versiot

LIITE 1. VESTAS -KIRJE

TRANSLATIONZ

Suite 413, 1 Queens Road
Melbourne, VIC 3004
Melbourne Phone (03) 9005 6661
Sydney Phone (02) 8003 5446
Brisbane Phone (07) 3040 0226
Perth Phone (08) 6102 1211

www.translationz.com.au

Vestas

Karen Ellemann, Minister of Environment
Department of Environment
Højbro Plads 4
1200 Copenhagen K

[Stamp:RECEIVED
BY THE DEPARTMENT
30 JUNE 2011]

Date
Randers, 29 June 2011/erkjs

Dear Karen Ellemann,

Following previous correspondence, I am writing this letter to express my concern regarding the limits for low frequency noise from wind turbines now being proposed.

Back in January 2011 we applauded your announcement of the new regulations regarding low frequency noise and the fact that you also then emphasised that those regulations would not be tightened and that it was a question of improving the security in connection with the installation of wind turbines. Accordingly, the reaction from the industry branch back in January 2011 was positive, although as an industry we were uneasy about having heavier demands imposed on us than other industries.

When the new regulations were then published on 26.05.2011, we were of course convinced of your initial point of view. As a result, we were extremely surprised to find that the proposed new regulations do in fact include a significant and severe tightening of the previous noise regulations.

In fact, according to our analyses, the most economical turbines, the 3 MW category, are the ones that will be strongly affected by the new rules. This applies to open terrain in particular, where in future low frequency noise will dictate and increase the distance requirements to neighbours for close to half of the projects that we are already aware of over the next 2 to 3 years.

In a small country such as Denmark this means that a significant number of projects will not be viable as the increased distance requirements cannot be met whilst maintaining a satisfactory business outcome for the investor.

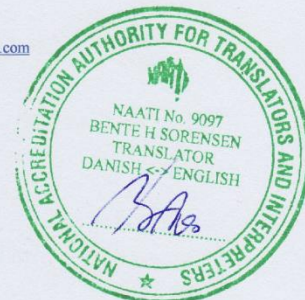
The Danish market for wind turbines is of minor importance for Vestas in terms of sales, typically less than 1% of our sales per year. However, the Danish market provides a number of other functions for Vestas which are of considerable value from a business point of view. By means of its high wind penetration, 24% in 2010 - still a world record - Denmark has a role as a forerunner country and a full scale laboratory for conversion to renewable energy.

This means that other countries often look to Denmark when adjusting their legislation regarding wind energy. We are therefore concerned - justifiably so as history shows - that the proposed Danish regulations for low frequency noise from wind turbines will spread to a large number of other markets with much higher commercial impact for Vestas and consequently for employment in the business.

The Danish wind turbine industry employs approx. 25,000 people in Denmark and boasts an export which is about 8.5% of total Danish exports. Such "over-proportional" presence has become possible because Denmark

Vestas Wind Systems A/S

Alsvej 21, 8940 Randers SV, Denmark
Ph.: +45 9730 0000, Fax: +45 9730 0001, vestas@vestas.com, www.vestas.com
Bank Nordea Bank A/S, Reg. No. 2100, Account No. DKK ... [illegible]
Company Reg. No.: 10 40 57 82
Company Reg. Name: Vestas Wind systems



Vestas

Page
2/2

has been able to create the conditions for good correlation between demonstration, education and industry research and development. In reality we fear that the demonstration element will suffer irreparable damage as a result of the new regulations regarding low frequency noise. When combined with the imminent danger that important markets will copy the new Danish regulations, I consider the new regulations to be extremely damaging to the prospects of further popularisation of land-based wind energy.

At this point you may have asked yourself why it is that Vestas does not just make changes to the wind turbines so that they produce less noise? The simple answer is that at the moment it is not technically possible to do so, and it requires time and resources because presently we are at the forefront of what is technically possible for our large wind turbines, and they are the most efficient of all.

In the light of this it seems strange that the wind turbine industry is being discriminated against compared to other industries. All other industries are subject to differential noise requirements regarding low frequency noise for night and day (20, respectively 25 dB), whereas the wind turbine industry are subject to requirements of 20 dB 24 hours a day.

The proposed low frequency limit values may hinder the development of onshore wind in Denmark, including meeting our commitments in relation to the EEC. Ultimately, we consider there is a danger that the regulations will be copied by other countries and accordingly this will provide an obstacle to the popularisation of wind energy at a global level. Both issues will damage Vestas as a business, including affecting Danish activities.

Yours sincerely,

Vestas Wind systems A/S

[Signature]
Ditlev Engel
Chief Executive Officer

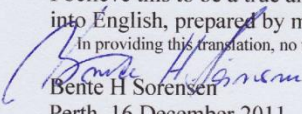
Alsvej 21, DK-8940
Dir. +45 9730 0000, www.vestas.com

A copy of this letter was sent to Lykke Friis, Minister for Climate and Energy

End of Translation

I believe this to be a true and accurate translation of the document before me, from Danish into English, prepared by me to the best of my knowledge and understanding.

In providing this translation, no warrant is given as to the authenticity or otherwise of the source document presented.


Bente H Sorensen
Perth, 16 December 2011



LIITE 2. OIRELUETTELO

Lähde: Waubra Foundation / Sarah Laurie

List of symptoms

This section gives a detailed framework to assist with understanding the range and the pattern of symptoms being described by residents, workers and visitors.

People are affected by infrasound and low frequency noise (ILFN) and vibration from a wide variety of sources in both residential and occupational settings. Sources of ILFN reported to the Waubra Foundation include wind turbines, coal seam gas field compressors, coal mining activities, gas fired power stations. Some acousticians also report being affected whilst conducting attended measurements.

Residents can get started with a more simple summary

If you're new to the topic or looking for a less technical List of Symptoms, please get started with the Information for Residents section.

What is the pattern of symptoms?

For those affected, there is a clear and consistent correlation between exposure to the environmental noise and the development of characteristic symptoms. Not everyone is affected, although over time, more and more people report developing sleep disturbance or other symptoms.

The onset of symptoms is variable, even within families where individuals have identical exposures. Many farming or rural families have one or more members 'off farm' for long periods of time, especially during the day, for education or employment activities, meaning there will generally be very different exposures during the day.

Individual differences in susceptibility also play a role.

A small subgroup of people with a history of migraine, inner ear pathology or motion sickness describe being affected from the first few days of exposure, with nausea and vertigo in the case of wind turbine noise, but the vast majority of affected residents are not affected in this way.

For most residents, the changes appear incremental over months or years.

Many people describe not realising how they are being affected until either the source of the noise ceases for a period of time (rare) or they go away and start to notice the symptoms dissipate or vanish completely. Often people describe this happening repetitively, before they are sure their symptoms are related to the environmental noise.

For those rural residents who never get away, they often attribute it to 'getting older', 'menopause' or some other factor, until they start talking with neighbours and others with similar experiences, and realise that there may be other reasons for their symptoms.

Turbine hosts get symptoms too

David Mortimer, a wind turbine host from South Australia, has publicly described on a number of occasions how he just thought he was 'getting older', until he heard another resident from Cape Bridgewater speaking about his own symptoms, which were identical to those David had experienced for some years.

David describes being affected by the turbines much earlier than his wife. Once David made that connection between the symptoms and exposure to operating wind turbines, David and his wife then tried periods of time away from their home and kept track of what their symptoms and sleep patterns were like. They found their symptoms correlated directly with exposure to operating wind turbines.

The symptoms disappear when the Mortimers are nowhere near industrial wind turbines, but David and his wife have now become so sensitised that they can detect the unwelcome pulsating sensations particularly at night, out to 17 km from the nearest operating wind turbine.

This distressing perception of inaudible sound energy out to distances well beyond 10km has also been reported by residents who are sensitised both in Australia and internationally in the UK, France and the USA, particularly in areas with quiet background noise.

What is the most common symptom?

Recurrent sleep disturbance or waking up tired is the most commonly reported problem.

What are the acute symptoms?

Vestibular dysfunction/disorders or “wind turbine syndrome” symptoms

(see also Dr Owen Black MD’s affidavit, and Dr Nina Pierpont’s executive summary and report for clinicians submitted to the Federal Senate Inquiry)

- Sleep disturbance
- Headache, including migraines
- Tinnitus
- Ear pressure (often described as painful)
- Balance problems / dizziness
- Vertigo
- Nausea
- Visual blurring
- Irritability
- Problems with concentration and memory
- Panic episodes
- Tachycardia (fast heart rate)

Acute Sympathetic Nervous System ‘fight flight’ Symptoms & Problems

- Tachycardia (fast heart rate)
- Arrhythmias, which residents might describe as palpitations
- Hypertension (high blood pressure) which has been reported by some residents to be considered unstable by their treating doctor or cardiologist, and to vary in response to exposure to operating wind turbines.

Related rare but serious conditions

The following three conditions are rare, but important to mention because they are potentially life threatening, and have been identified in Australia, Canada and Germany to correlate with wind turbine operation.

- **Tako Tsubo heart attack** — these are not the classic heart attack, involving acute blockage of a major artery to the heart muscle, rather they are caused by adrenaline surges which cause constriction of the little blood vessels called capillaries directly supplying the heart muscle
- **Acute hypertensive crisis (Australia, Ontario)** - sudden onset of dangerously high blood pressure, often accompanied by severe headache, nausea, sensation of their heart ‘leaping out of their chest’. The usual cause for these symptoms and this diagnosis caused by adrenaline surges would be an underlying adrenal tumour, called a pheochromocytoma. However in the residents reporting this problem, that diagnosis of an adrenal tumour was specifically excluded by subsequent medical investigations

- **Crescendo angina** — i.e. worsening severe cardiac ischemic chest pain which was previously successfully relieved with anginine spray, when not exposed to operating wind turbines. The best clinical description of this came from a couple in Germany highly sensitised to ILFN after 18 years of exposure, who were stuck in a vehicle on an autobahn near large industrial wind turbines. The same phenomena has been reported in Australia by a resident subsequently advised verbally by his cardiologist never to go back home to Waterloo

Other characteristic symptoms (some have a chronic exposure component but manifest with acute symptoms)

- Episodes of sensation of body vibration (specifically lips, chest cavity and abdomen)
- Episodes of intense anger (reported in workers as well as residents, also noted to a much lesser extent with short exposure to infrasound and low frequency noise (ILFN) in Professor Leventhall's experimental research in an office occupational setting in 1997)
- Bleeding from ear drum following intense and painful sensation of ear pressure, in the absence of trauma or previous symptoms
- Deteriorating hearing (confirmed sometimes with audiological assessment)
- Menstrual irregularities in women marked by heavy bleeding and noticeable hormonal cycle changes
- Significantly decreased ability to "multi task" impacting noticeably on resident's ability to perform usual tasks
- Noticeable difficulties with mental arithmetic, when previously able to calculate easily
- Hyperacusis – extreme sensitivity to "normal" sounds which in some circumstances has persisted for over 6 years after removal from the exposure to ILFN
- Disorders of thyroid metabolism which stabilize when away from ILFN
- Disorders of diabetes control, which stabilize when away from ILFN
- Disorders of blood pressure control, which stabilise when not exposed to ILFN
- Migraines and severe headaches described by sufferers as "like a vice around the head"
- Episodes of perceiving that their heart beat is trying to "get in sync" with the blade pass of the turbines, which some people describe as being like an arrhythmia but others do not. It is universally described as unpleasant

Chronic symptoms

Sleep disturbance & its consequences

Sleep disturbance itself has been attributed by residents to the following, which they report does NOT happen when they are not exposed to operating wind turbines, and correlates with wind direction and weather conditions on the nights when they are affected in this way:

- Audible noise of the turbines (especially if their home is not well insulated, or the windows are open, and they live close to the turbines)

- Waking at night in the characteristic 'panicked' state (many residents living far from turbines report this symptom despite not being able to see or hear the turbines when they awake)
- Violent and disturbing dreams in adults and children, which can happen repeatedly over the same night. In the case of children, they can be extremely distressed and difficult to console
- Increased need to urinate, sometimes as often as every 10 minutes for a period of up to one hour (sometimes this affects numerous people in the house at once)
- Bedwetting in children reported by parents to have been previously dry at night for some years

Known clinical consequences of repetitive sleep disturbance/deprivation

The adverse health consequences of insufficient sleep have been well known to clinical medicine for decades, and are increasingly being reflected in the peer reviewed published literature. They include the following:

- Cardiovascular disorders (including hypertension) ischemic heart disease, angina
- Diabetes
- Mental health disorders such as depression and anxiety, and increased suicide risk
- Impaired immunity, leading to increased acute and chronic infections, and in the longer term malignancies (cancers)
- Fatigue-related work impairment and accidents. This is a serious issue for rural communities and farms, where workplace injury is already a significant problem
- Fatigue driving heavy vehicles and school buses (a safety concern for the entire rural community)
- Fatigue in workers such as health care workers (Australia), air traffic controllers (USA), well known to lead to impaired judgment which will detrimentally impact on the safety of the wider community, in addition to personal health problems for those individuals

Chronic stress (Psychological & Physiological) & its consequences

Illnesses either caused or exacerbated by chronic stress have been well documented in published peer reviewed research literature for many years, and are being reported by these residents. Some overlap with those listed above for sleep disturbance, which is itself a source of stress. They include the following:

- Cardiovascular disorders (including hypertension), ischemic heart disease, angina, and transient ischemic attacks (precursors of strokes)
- Diabetes
- Mental health disorders such as depression and anxiety, often severe (suicidal ideation)
- Impaired immunity, (elevated cortisol being one component) leading to increased acute and chronic infections, delayed healing, and in the longer term to malignancies (cancers)
- Disrupted human fertility and hormonal cycles

- Exacerbation of pre-existing inflammatory disorders, including arthritis, asthma, inflammatory bowel disease, SLE (Lupus), or the development of new inflammatory conditions which coincide with exposure to ILFN & vibration

Is there a link between ILFN and Post Traumatic Stress Disorder (PTSD)?

Repetitive physiological stress events as well as a once off major acutely stressful event like a fire or a flood or a major accident have both been linked with subsequent development of PTSD.

There are residents living near ILFN sources who have reported that symptoms of their pre-existing PTSD (resulting from Vietnam War experiences or childhood sexual abuse) are triggered with exposure to operating wind turbines. Other residents with a history of PTSD have reported feeling the symptoms of a panic attack coming on when driving past operating turbines (these individuals were unaware of any possible connection between ILFN and anxiety symptoms, and were strong supporters of wind turbines at the time).

Helicopter noise, and blast noise and vibration from mining have also been reported by other clinicians as triggers for recurrence of PTSD symptoms in their patients. All these are also known sources of ILFN & vibration, as well as sources of sudden impulsive noise.

There are also reports of people who develop PTSD **after** exposure to operating wind turbines, having no previous psychiatric problems. One former resident at a wind development has ongoing problems with residual PTSD seven years after they moved away, having been bought out and silenced by the wind developer.

Stress and dental disease

Stress is an acknowledged long term contributor to dental disease via a number of mechanisms including impaired immunity and a dry mouth from repetitive physiological stress episodes. Increased severity of dental infections has certainly been reported by some residents living near turbines who report this as one of a number of health problems.

Tissue damage

The conditions below have been reported from Germany in residents exposed to operating wind turbines for over 10 years.

- Pericardial thickening
- Mitral and tricuspid valve thickening
- Characteristic mouth ulcers described in Vibroacoustic disease

The cardiac tissue pathology is identical to that described in workers and others studied by the Portuguese researchers who first described vibroacoustic disease (VAD), now being diagnosed in others including most recently in Taiwanese aviation workers.

The occurrence of symptoms correlating with ILFN exposure

All of the above problems listed have the characteristic pattern of improving partially or completely when the turbines are off, or when the residents are away from their homes or source of other ILFN.

Some residents also report subsequently being affected by other sources of ILFN, such as when flying in some aeroplanes, or when exposed to LFN from heating and cooling (air conditioning) compressors, or travelling in some motor vehicles. This is not unknown to acousticians, and is evidence of that individual's sensitisation to ILFN, described by Professor Leventhall in 2003. The only known solutions are either removal of the source of the ILFN, or relocating away from it.

What happens with ongoing exposure? Do people "get used to it"?

What is being consistently observed is that the symptoms progress, and the mental and physical health of many sick people deteriorates with ongoing exposure to ILFN, if they cannot move away.

This pattern of deterioration was well described in the scientific literature relating to chronic stress by Bruce McEwen in 1998, in an important review article in the New England Journal of Medicine. (McEwen, Bruce "Protective and Damaging Effects of Stress Mediators" New England Journal of Medicine 1998, 338 171-179)

There is no clinical or experimental evidence that people "get used to" the sound energy in low frequencies, especially once they are "sensitised".

LIITE 3. HAASTATTELU TEOLLISUUSLUOKAN TUULIVOIMALOIDEN VAIKUTUKSISTA TERVEYTEEN

Heinä- elokuun 2015 aikana haastateltiin 12 perhettä eri puolilta Suomea, 4 eri tuulivoimala-alueen vaikutuspiiristä. Otos käsitti 55 ihmisen kokemuksia teollisuusluokan tuulivoimaloiden läheisyydessä asumisesta. Haastateltavia pyydettiin kertomaan erityisesti terveyteen liittyvistä oireista, joita heillä tai heidän perheenjäsenillään (lapsiperheitä) oli ilmennyt tuulivoimaloiden (jatkossa: tv) aloitettua toiminnan. Kaikki tähän yhteenvedoon otetut oireet ovat sellaisia, jotka ovat ilmaantuneet tuulivoimaloiden aloitettua toiminnan ja helpottuvat / poistuvat, kun ihminen poistuu kauemmas voimaloiden vaikutusalueelta (poikkeuksena migreeni, joka oli kahdella asukkaalla, mutta kohtaukset pahenivat ja yleistyivät tuulivoimaloiden tulon jälkeen).

Haastatelluista

Kodin ja lähimmän tv:n etäisyys 1 km tai sen alle: 24 ihmistä

Kodin ja lähimmän tv:n etäisyys yli 1 km – 2 km: 19 ihmistä

Kodin ja lähimmän tv:n etäisyys yli 4 km: 12 ihmistä

Yhteensä 55 ihmistä.

Yhteenvedo

Unihäiriöitä kertoi kokeneensa 33. Näistä 31 asui 2 km tai lähempänä lähintä tv:aa.

Unihäiriöt: nukahtamisvaikeudet, katkonainen uni, pintauni, yökastelu, painajaisunet ja lyhentynyt yöuni. Lisäksi yöhikoilua koki 2 (molemmat asuivat 2 km tai alle tv:sta).

Korvavaivoista valitti 26 asukasta. Näistä 18 asui 2 km tai alle lähimmästä tv:sta.

Korvavaivat: tinnitus, pistävä tunne korvassa, lukkiutuminen, korvakipu ja korvatulehdukset.

Päänsärky vaivasi 23 asukasta. Näistä 16 asui 2 km tai alle lähimmästä tv:sta.

Migreeni (joko uusi sairaus tai jo olemassa olleen paheneminen) 3. Kaikki 3 asuivat 2 km tai alle tv:sta.

Pahoinvointi / huono olo: 17. Näistä 16 asui 2 km tai alle tv:sta.

Sydänoireet / rintatuntemukset (muljahtelut, rintakipu): 11. Näistä 7 asui 2 km tai alle tv:sta.

Verenpaineen epätasapaino: 4, joista 3 asui 2 km tai alle tv:sta.

Verenpaineen epätasapaino: vp nousee tai laskee normaalista (myös ne, joilla oli vp-lääkitys, mutta aiemmin lääkityksellä stabiilina pysynyt vp alkoi heitellä, kun tv:t aloittivat toiminnan).

Kipu: 8 asukasta, joista 7 asui 2 km tai alle tv:sta.

Kipuun on luokiteltu niitä, jotka kertoivat nivelkivuista ja kivuista, joiden tyypillisesti kuvailtiin vaihtavan paikkaa (esim. kiveskipu, kipu alaraajoissa).

Ihotuntemuksista kertoi 12, jotka kaikki asuivat 2 km tai alle tv:sta.

Ihotuntemukset: puutuminen, kutina ja polttava tunne.

Hengityselinten oireita kuvaili 4, jotka kaikki asuivat 2 km tai alle tv:sta.

Hengityselinten oireet: jatkuva yskä ja hengenahdistus.

Keskittymis-, muisti- ja aloitekyvyn ongelmista kertoi kärsivänsä 6, joista 5 asui 2 km tai alle tv:sta.

Mielialan muutoksia kuvaili (ärtymys, kiivastuminen, masennus) 12, jotka kaikki asuivat 2 km tai alle tv:sta.

Voimattomuutta kuvailtiin 11 asukkaalla, jotka kaikki asuivat 2 km tai alle tv:sta.

Huimaus ja tasapaino-ongelmat tulivat esiin 8 asukkaan kohdalla.

Kuukautiskierronhäiriöstä kertoi 4 asukasta, joista 3 asui 2 km tai alle tv:sta.

Täysin ilman oireita 6, joista 4 asui 4 km tai yli tv:sta.

Tuulivoimaloiden haittavaikutusten takia 13 ihmistä oli jo joutunut jättämään kotinsa. He kaikki asuivat 2 km tai alle tv:sta.

Kaksi kertoi joutuneensa rajoittamaan kiinteistönsä käyttöä (alle 1 km tv:sta).

3 on yrittänyt myydä kiinteistöään alle 1 km tv:sta siinä onnistumatta.

Tulokset tuulivoimaloiden terveyshaitoista vastaavat hyvin kokemuksia ulkomailta (Australia, Yhdysvallat, Saksa, Portugali jne.). Huomattavaa kuitenkin on, että esim. Saksassa pienempien tuulivoimaloiden läheisyydessä asuvilla terveysoireet ovat yleensä ilmaantuneet jopa 10 vuoden altistuksen jälkeen. Meillä Suomessa oireita on ilmaantunut jopa vain muutaman kuukauden altistuksen jälkeen. Haastatelluista pisin aika altistusta oli alle 2 vuotta. Tuulivoimalat olivat teholtaan: 3,0 MW, 3,3 MW ja 4,5 MW. Samalla alueella oli 6 voimalaa tai enemmän.

Oire	Etäisyys koti - lähin tuulivoimala			yhteensä
	1 km tai alle	yli 1 km - 2 km	yli 4 km	
Unihäiriöt	12	19	2	33
Yöhikoilu	1	1		2
Korvavaivat	2	16	8	26
Päänsärky	5	11	7	23
Migreeni	2	1		3
Pahoinvointi / huono olo	5	11	1	17
Sydänoireet / rintatuntemukset	2	5	4	11
Verenpaineen epätasapaino		3	1	4
Kipu (paikka vaihtelee)		7	1	8
Iho-oireet		12		12
Hengityselinten oireet		4		4
Keskittymis/muisti/aloitokyvyn vaikeudet	1	4	1	6
Mielialan muutokset	1	11		12
Voimattomuus	1	10		11
Huimaus / tasapaino-ongelmat	1		7	8
Kuukautiskierron häiriöt	1	2	1	4
Ei mitään oireita	2		4	6
	36	117	37	190

LIITE 4. KÄÄNNETTYJEN SITAATTIEN ALKUKIELISET VERSIOT

"The study confirms that large industrial wind turbines can produce real and adverse health impacts and suggests that this is due to acoustic pressure pulsations, not related to the audible frequency spectrum, by affecting the vestibular system especially at low ambient sound levels. The study results emphasize the need for epidemiological and laboratory research by medical health professionals and acousticians concerned with public health and well-being. This study underscores the need for more effective and precautionary setback distances for industrial wind turbines. It is especially important to include a margin of safety sufficient to prevent inaudible low-frequency wind turbine noise from being detected by the human vestibular system."

(Ambrose & Rand 2011)

"Our ears do more than just listen; they play an integral part in sensing environmental conditions. The ear performs many interrelated functions that condition and inform our personal state of well-being."

(Ambrose & Rand 2011)

"Professor McMurtry told the committee:

...annoyance in the context of wind turbines translates to 'stress, psychological distress, difficulty initiating sleep and sleep disruption'—I believe those words, although from memory, are a direct quote—so it is a very serious business. The most common problems without question we find are sleep disturbance and stress. Those two are always there. Vestibular disturbance we are also finding. There is no question though when the vestibular gets perturbed, it can make you uneasy, make you feel unwell or nauseated, for example. It may be the mechanism. I am in no way discounting it and it is considered in my diagnostic criteria."

(Dr Robert McMurtry, Proof Committee Hansard, Sydney, 29 June 2015, p. 8.)

High pressure levels of infrasound may induce resonance responses in body cavities. Man-made infrasonic sources and the potential harm of infrasound are increasing. Infrasound causes biological resonance, which can directly and indirectly induce a series of bioeffects. Some infrasound exposures result in death of the whole organism, organs, tissues, and cells."

(Zhaohui et al. 2013)

"Only the wind industry and its cheer squad disagree. There are glaring planning and compliance deficiencies plus growing evidence, domestic and international, that infrasound and low frequency sound from wind turbines is having an adverse health impact on some who live in the vicinity of wind farms. This is not something a responsible government ignore."

(Leyonhjelm 2015)

"As it is generally the case when debate influences a specific industry's financial interests and legal well-being, the scientific objectivity of those associated with the industry can be questioned. Liability, damage claims, and large amounts of money can hang in the balance of results from empirical studies. Whether it is a chemical industry blamed for contaminating groundwater with cancer causing dioxin, the tobacco industry accused of contributing to lung cancer, or athletes of the National Football League (NFL) putatively being susceptible to brain damage, it can be extremely difficult to establish the truth when some have an agenda to protect the status quo. It is only when sufficient scientific evidence is compiled by those not working for the industry that the issue is considered seriously."

(Alec N. Salt, Jeffery T. Lichtenhan 2014)

"Moderate strength correlations occur between the incidences of infrasound and reports of nausea, malaise, fatigue, aversion to the area, non-specific pain, and sleep disturbances when pressure levels exceed about 50 dB for protracted periods.", "Relying on only the average intensity overtime for these sources (such as infrasound) as indicators of their importance is about as useful as only measuring the loudness of a conversation to discern its syntactic content and meaningfulness."

(Persinger 2013)

"The propagation of infrasonic frequencies can be readily calculated but the complex interaction between towers, blades, wake and turbulence and wind shear are not readily calculated", "While the potential for adverse health effects such as sleep disturbance and stress due to anxiety and annoyance due to low frequency and audible noise can be reasonably well defined the same cannot, however, be said for infrasound.", "The collection of sound levels without a detailed knowledge of what the sound levels relate to renders the data uncertain in nature and content."

(Thorne 2014)

"In my view, Mr. President, clean energy can be a dirty business. The unimaginable injustice of what I have seen - decent rural people done over by big business in the name of saving the planet - is what inspires me to keep asking one question. Why is the wind industry exempt from appropriate regulatory practices that apply to any other industries?"

(Madigan 2015)