

16X267156-E721.D50
25.4.2016



NIINIMÄEN TUULIPUISTO OY

Niinimäen tuulivoimapuiston meluselvitys YVA-menettelyä varten

Raportti

Vastaanottaja: Niinimäen Tuulipuisto Oy

Päiväys 25.4.2016

Viite 16X267156-E721.D50
Sivu 1 (17)
Yhteyshlö Carlo Di Napoli
Puh +358 10 33 24587
carlo.dinapoli@poyry.com

Niinimäen tuulivoimapuiston meluselvitys YVA-menettelyä varten

Sisältö

1	YLEISTÄ	2
1.1	Ympäristömelu	2
1.2	Tuulivoimamelu	2
1.3	Sovellettavat vertailuohjeavot	4
2	ARVIOINTIMENETELMÄT	4
2.1	Äänilähdetiedot	5
3	MELUMALLINNUSTULOKSET	6
3.1	Nykytila	6
3.2	Tuulivoimapuiston toiminnanaikainen melu	6
3.3	Pientaajuinen melu	8
3.4	Tuulivoimapuiston rakentamisen aikainen melu	10
3.5	Voimajohdon aiheuttama melu	10
4	MELUVAIKUTUKSET	10
4.1	Melun vaikutukset alueen äänimaisemaan	10
4.2	Haitallisten vaikutusten ehkäiseminen ja lieventäminen	11
4.3	Vaikutusten seuranta	11
5	YHTEENVETO	11
	VIITTEET	12

Liitteet

- 1 Melumallinnuskartat
- 2 Pientaajuisen melulaskennan reseptoripisteet
- 3 YM:n ohjeen mukainen mallinnuksen raportointilomake

Jakelu

- (+.pdf) Niinimäen Tuulipuisto Oy
(1) Pöyry / Arkisto

1 YLEISTÄ

Niinimäen Tuulipuisto Oy (myöhemmin 'tilaaja' tai 'asiakas') suunnittelee tuulipuistoa Pieksämäen Niinimäen alueelle. Pöyry Finland Oy (myöh. 'Pöyry') selvitti tilaajan toimeksiannosta melun laskennallista leviämistä alueen ympäristöön yhdessä hankevaihtoehdossa (kaksi siipimallia). Selvitys on tehty hankkeen YVA -menettelyä varten. Vertailuarvoina käytetään uusia tuulivoimamelun keskiäänitason LAeq ohjearvoja VnA 1107/2015.

Pöyryltä laskelmista vastasivat DI Carlo Di Napoli ja DI Panu Lehto. Tulokset esitetään tässä raportissa.

1.1 Ympäristömelu

Ääni on aaltoliikettä, joka tarvitsee väliaineen välittyäkseen eteenpäin ja jonka eteneminen riippuu väliaineen ominaisuuksista. Ilmassa äänen nopeus riippuu lämpötilasta. Normaali ympäristömelu sisältää useiden kohteiden yhtäaikaista ääntä, jossa äänen taajuudet ja aallonpituudet ovat jatkuvassa muutoksessa. Melu on subjektiivinen käsite, jolla viitataan äänen negatiivisiin vaikutuksiin. Sitä käytetään puhuttaessa ei toivotusta äänestä, joka haittaa ihmisiä ja jonka havaitsemisessa kuulijan omilla tuntemuksilla ja äänenerotuskyvyllä on suuri merkitys. Melua voidaan mitata sen fysikaalisten ominaisuuksien perusteella. Ympäristömelu koostuu ihmisen aiheuttamasta melusta, joka vaihtelee ajan ja paikan mukaan. Äänen (melun) voimakkuutta mitataan logaritmisella desibeliasteikolla (dB), jossa äänenpaineelle (eli hyvin pienelle paineenmuutokselle ilmassa) käytetään referenssipainetta 20 μPa ilmalle sekä 1 μPa muille aineille. Tällöin 1 Pa paineenmuutos ilmassa vastaa noin 94 dB:iä.

Kuuloaistin herkkyys vaihtelee eri taajuisille äänille, jolloin vaihtelevat myös melun haitallisuus, häiritsevyys sekä kiusallisuus. Nämä on huomioitu äänen taajuuskomponentteja painottamalla. Yleisin taajuuspainotus on A-painotus, joka perustuu kuuloaistin taajuusvasteen mallintamiseen ja ilmaistaan usein A-kirjaimella dimension perässä, esimerkiksi dB(A).

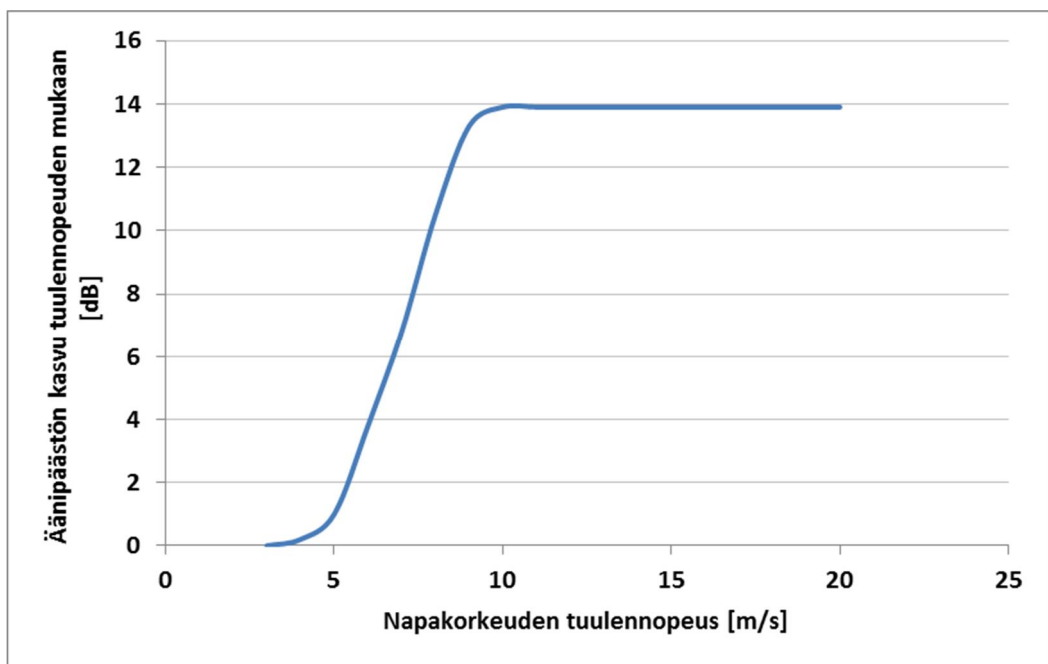
Ympäristömelu on luonteeltaan vaihtelevaa, joten sen äänitaso ei ole stabiili. Tämän takia sen suuruus määritellään käyttäen ekvivalenttitasoa (symboli Leq). Ajan kuluessa ekvivalenttitaso tasoittuu tietylle tasolle ja pienet vaihtelut melutasossa eivät sitä nosta tai laske. Toisin sanoen ekvivalenttitaso tarkoittaa samanarvoista jatkuvaa äänitاسoa kuin vastaavan äänienergian omaava vaihteleva äänitaso. Koska ääni käsitellään logaritmisena suureena, hetkellisesti korkeammilla äänitasoilla on suhteellisen suuri vaikutus ekvivalenttiseen keskiäänitasoon.

1.2 Tuulivoimamelu

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaamisesta melusta (kohinamainen ääni, jossa on jaksollinen rytmi) sekä sitä hieman kapeakaistaisemmasta sähköntuotantokoneiston yksittäisten osien melusta (muun muassa vaihteisto, generaattori sekä jäähdytysjärjestelmät). Aerodynaaminen melu on hallitsevin (noin 60–70 % kokonaisäänienergiasta) lapojen suuren vaikutuspinta-alan vuoksi. Äänen voimakkuus vaihtelee ajallisesti lapojen pyörimistaajuuden mukaan. Amplitudimodulaatiota (sykintä) voidaan havaita sekä aerodynaamiselle virtausmelulle että myös koneiston kapeakaistaisille

komponenteille. Yleisesti tuulivoimalan melun taajuusjakauma on painottunut enemmän pientaajuisten melun alueelle 50–800 Hz.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalat ovat nykyisin ylävirtalaitoksia, joissa siivistö sijaitsee tuulen etupuolella suhteessa voimalan torniin. Pyörivän siivistön äänitaso on ylä- ja alatuulen puolilla suurempi kuin sivusta käsin katsottuna samalla etäisyydellä (Oerlemans & Schepers 2009). Lisäksi voimalan lähtöäänitaso on suoraan tuulennopeudesta riippuvainen siten, että alhaisilla tuulilla ja lähellä käyntiinlähönnopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin nimellisteholla (ks. kuva 1). Tuuliturbiinin teholuokitus (tässä tapauksessa 3.45MW) on nimellisteho eli maksimi, jota turbiinilla pystytään hetkellisesti tuottamaan. Maksimi äänitehotaso (L_w) saavutetaan nimellistehon tuulinopeuksilla (yleisesti tuulennopeus napakorkeudella on oltava yli 9 m/s) ennen siipikulmasäädön käynnistymistä, mikä yleensä tasoittaa äänitehotason nousun tuulen nopeuden edelleen kasvaessa.



Kuva 1. Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan.

Siiven kärkinopeus on moderneissa voimaloissa maksimissaan noin 70–75 m/s. Tuulen aiheuttaman tulovirtauksen turbulenssi sekä viereisten tuulivoimalaitosten lapojen muodostamat pyörteet ilmassa voivat lisätä aerodynaamista melua. Pyörteet tulovirtauksessa vaikuttavat ilmamassan ja turbiinin lapojen väliseen kohtaamiskulmaan. Optimista poikkeava kulma voi aiheuttaa korkeamman hetkellisen melutason.

Taustamelu ja tuulen aiheuttama aallokko- ja puustokohina peittävät voimaloiden melua, mutta peittoäänien vaihtelevat ajallisesti. Niiden voimakkuus on sitä parempi, mitä lähempänä peittoäänien taajuusjakauma on vastaavaa tuuliturbiinin äänijakaumaa (Nelson 2007). Vastaavasti tuulivoimamelun mahdollinen syöntä voi heikentää taustamelun peittovaikutusta ja siten kuulua myös taustakohinan läpi. Näin tapahtuu erityisesti tilanteissa, joissa alailmakehän stabiilisuus kasvaa ja kasvillisuuden ja aallokon kohina pienenee. (van den Berg 2006, Uosukainen 2010).

Modernien tuulivoimaloiden lähtöäänitasoa voidaan valvoa erillisellä optimointisäädöllä, jonka avulla kellonajan, tuulensuunnan ja tuulennopeuden mukaan säädetään

lapakulmaa haluttuun pyörimisnopeuteen ja melutasoon. Sääto vaikuttaa kuitenkin voimalan sen hetkiseen tuotantototehoon.

1.3 Sovellettavat vertailuohjeavot

Ympäristöministeriön uusi tuulivoimamelun asetus on astunut voimaan 1.9.2015. Oheisessa taulukossa 1 on esitetty uuden asetuksen mukaiset keskiäänitaso ohjeavot LAeq tuulivoimamelulle päivällä ja yöllä.

Taulukko 1. Tuulivoimamelun uudet ohjeavot, LAeq.

Tuulivoimamelun ohjeavot	LAeq päivällä (klo 7–22)	LAeq yöllä (klo 22–7)
Pysyvä asutus Loma-asutus Hoitolaitokset Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Ulkomelun suunnitteluavojen lisäksi asuntojen sisätiloissa käytetään terveyden-suojelulain (763/94) sisältövaatimukseen pohjautuen uuden asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisia taajuuspainottamattomia tunnin keskiäänitasoon Leq, 1h perustuvia pienitaajuisen melun toimenpiderajoja.

2 ARVIOINTIMENETELMÄT

Melun leviäminen maastoon on havainnollistettu ohjelmistolla Sound Plan 7.3, jossa ääniaalto lasketaan digitaaliseen karttapohjaan äänenpaineeksi immissio- eli vastaanottopisteessä. Laskentamallina on käytetty ISO 9613-2 algoritmia, jossa huomioidaan äänen geometrinen leviämismuutuminen pistelähteestä, maaston korkeuserot, rakennukset sekä maanpinnan ja ilmakehän melun vaimennusvaikutukset. Malli piirtää keskiäänitasokäyrät 5 dB:n välein valituilla lähtöarvoilla.

Laskentaparametrit on esitetty taulukossa 2 ja ne vastaavat ympäristöministeriön meluohjeen YM OH 2/2014 ISO 9613-2 menetelmää (Ympäristöministeriö 2014). Laskennan epävarmuus on sisällytetty voimalan melupäästöön, sillä laskennassa on hyödynnetty valmistajan arvioimaa alustavaa takuuarvoa. Laskentatulokset yksittäisissä reseptoripisteissä esitetään pyöristettyinä kokonaislukuina.

Taulukko 2. ISO 9613-2 laskentamallin parametrit.

Lähtötieto	Parametrit
Laskentaohje	YM OH 2/2014, kpl 4.1
Laskentalogiikka	Ylärajalaskenta
Mallinnusalgoritmit	Ylärajalaskenta: Teollisuismelun laskentamalli ISO 9613-2 Pientaajuinen melulaskenta: DSO 1284 / YM 2/2014

Lähtötieto	Parametrit
Melulähdetyyppi	Pistelähde voimalan napakorkeudella (voimalan roottorin koosta riippumaton)
Voimalan napakorkeus	165 metriä
Äänipäästön arvo	VE1: 29 x 3.45 MW:n tuulivoimala, äänipäästön arvo LWA = 108.5 dB(A) tai 106.0 dB(A)
Sääolosuhteet	Ilman lämpötila 15 °C, ilmanpaine 101,325 kPa, ilman suhteellinen kosteus 70 prosenttia
Laskentaverkko	Laskentapiste viisi kertaa viiden metrin välein laskentaverkolla neljän metrin korkeudella seuraten maanpintaa
Maanpinnan akustinen kovuus	Maa-alueet 0.4 (keskikova), vesialueet, tienpinnat ja laajat kallioalueet 0 (kova)
Topografian pystyresoluutio	Korkeuskäyrät 0.5 metrin välein, MML Korkeusmalli 2m (MML 2015)

2.1

Äänilähdetiedot

Mallinnuksessa käytetty 3.45 MW:n turbiinin äänitehotaso 108.5 dB(A) (normaalsiipi) on hieman pienempi kuin 4.5 MW:n turbiinien yleisesti. Mallinnuksessa käytetty 3.45 MW:n turbiinin äänitehotaso 106.0 dB(A) edustaa paremmin ko. kokoluokan turbiinien äänitehotasoa. Käytetty napakorkeus on kuitenkin korkeampi kuin nykyturbiineilla keskimäärin, joka edesauttaa melun laskennallista leviämistä ympäristöön. Turbiinityypin lopullinen valinta tapahtuu ennen rakentamisen aloitusta, jolloin voidaan valita äänitehotasoltaan laskentatilannetta vastaava tai hiljaisempi malli.

Tuulivoimalamallien äänitaajuus terssikaistalla (1/3 oktaavikaistalla) on saatu käyttäen valmistajan (Vestas) arvioimia melupäästön takuuarvoja L_{WA} . Mallinnuksessa käytettävälle turbiinille ei ole annettu takuuarvoa melun sykinnästä tai impulssimaisuudesta. Mallinnetulle voimalalle ei ole myöskään annettu takuina merkityksellistä melun kapeakaistaisuutta ($\Delta L_a < 4$ dB). Alla on esitetty mallinnuksessa käytettyjen voimalamallien oktaavikaistan A-taajuuspainotettuja äänipäästöarvoja (taulukko 3).

Taulukko 3. Mallinnettujen tuulivoimalaitosten äänitehotaso, L_{WA}

Voimalatyyppi	Oktaavikaistat, Hz									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{WA}
V126, 3.45MW, normaalsiipi	114	111	109	106	106	104	100	95	82	108.5
V126, 3.45MW, sahalaidoitettu siipi	115	112	108	106	104	101	95	88	69	106.0

Tuulivoimalaitosten aiheuttaman pientaajuuden melun laskenta suoritettiin käyttäen painottamattomia äänitehotason 1/3 oktaavikaistatietoja. Laskenta suoritettiin Pöyryn kehittämällä ohjelmalla YM OH 2/2014 ohjeen DSO 1284 laskentarutiinin mukaisesti.

Tuulivoimalaa voidaan ajaa ilman meluoptimointiajoa tai erityisellä optimointiajolla, joka voidaan ohjelmoida voimalan järjestelmään käymään tietyn aikajakson sisällä. Optimointiajossa voimalan siipikulmaa säädetään kohti tuulta nimellistehon tai alemman tehotason tuulennopeudella, jolloin lapojen pyörimisnopeus pienenee eikä äänitehotaso nouse yli säädetyn arvon, joka on alhaisempi kuin maksimiäänipäästöllä. Optimointiajo voidaan suorittaa erisuuruisilla vaimennuksilla maksimissaan noin 6-7 dB:iin asti.

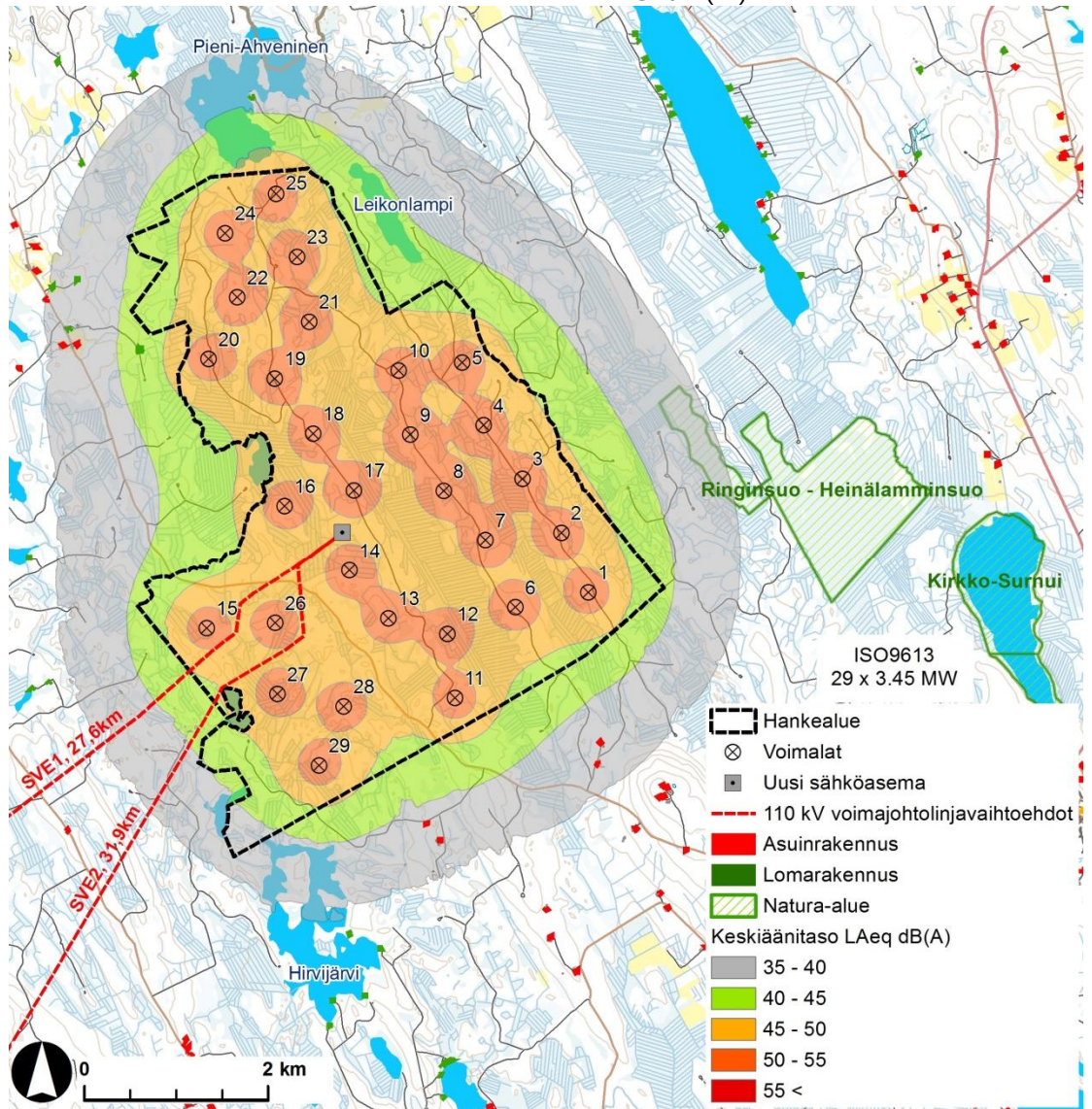
3 MELUMALLINNUSTULOKSET

3.1 Nykytila

Pieksämäen Niinimäen alueen nykyinen ympäristömelu koostuu pääsääntöisesti valta-
teiden 9 ja 23, kantatien 72 ja hankealuetta ympäröivien yhdysteiden päivä- ja
yöaikaisesta tieliikenteestä, sekä raideliikenteen, metsäkoneiden ja
turvetuotantoalueen melusta.

3.2 Tuulivoimapuiston toiminnanaikainen melu

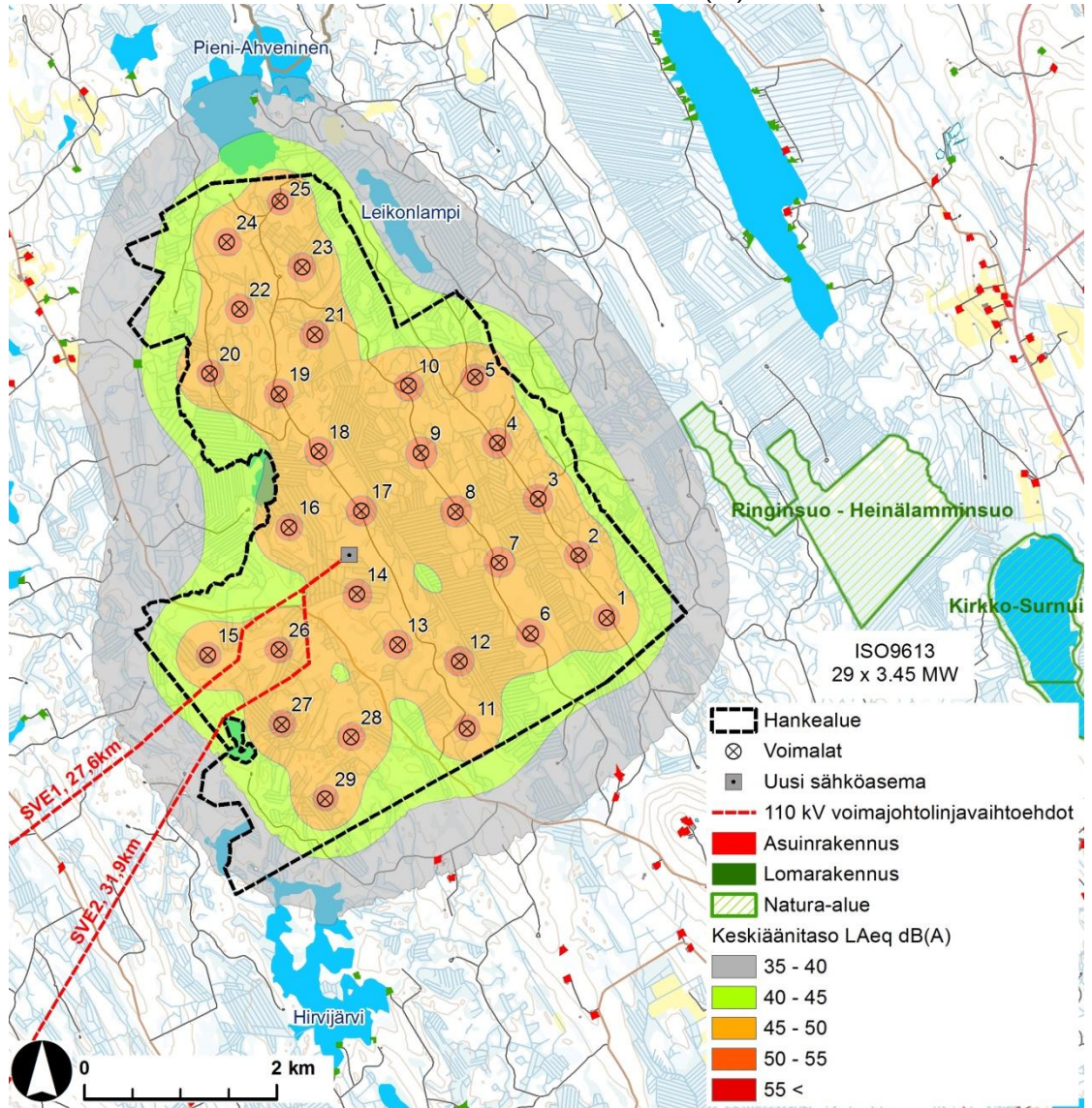
Tuulivoimapuiston toiminnan melu muodostuu suurelta osin voimaloiden
käyntiäänestä sekä vähemmässä määrin tieliikennemelusta huoltotoimintojen
yhteydessä. Hankevaihtoehto on laskettu melun leviämislaskelmaksi esitetyn
arviointimenetelmän mukaisesti kahdella eri siipimallilla ja laskennan tulokset
esitetään alla sekä liitteessä 1. Ympäristöministeriön ohjeen YM OH 2/2014 mukainen
raportointilomake esitetään liitteessä 3 soveltuvin osin.



Kuva 2. Melun leviämiskartta, ylärajalaskennan mukainen keskiäänitaso LAeq, 3.45MW, normaalii siipimalli (lähtöäänitehotaso 108.5 dB(A)).

Melun ylärajalaskentaan perustuvan leviämislaskentatuloksen perusteella 3.45MW:n voimalalla (normaaliisiipi) 40 dB(A):n yöajan tuulivoimamelun ohjearvo ylittyy lähimmässä loma-asuinkohteessa hankealueen länsipuolella, jossa laskettu melutaso on 42 dB(A).

Mallinnuksen mukaan lähimpään loma-asuinkohteeseen leviävästä melusta yli puolet syntyy voimalan 20 toiminnasta. Muita kyseisessä kohteessa melua aiheuttavia voimaloita ovat voimalat 22 ja 19, jotka vastaavat noin 12:sta ja seitsemästä prosentista kohteeseen syntyvästä kokonaismelusta.

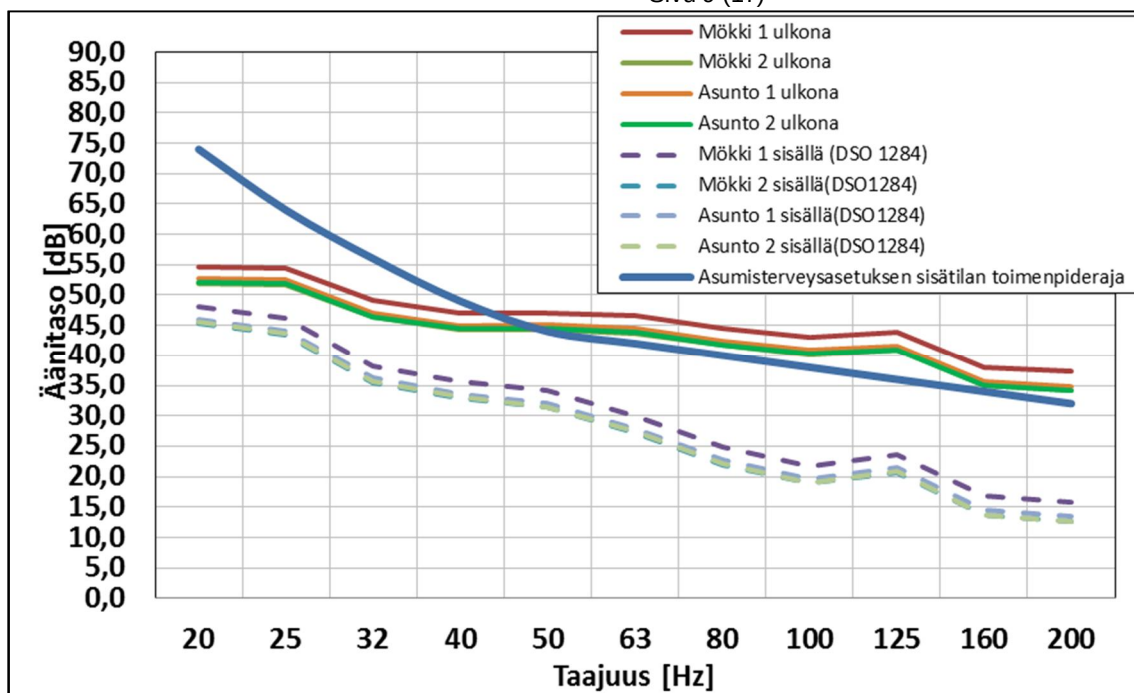


Kuva 3. Melun leviämiskartta, ylärajalaskennan mukainen keskiäänitaso L_{Aeq}, 3.45MW, sahalaioitettu siipimalli (lähtöäänitehotaso 106.0 dB(A)).

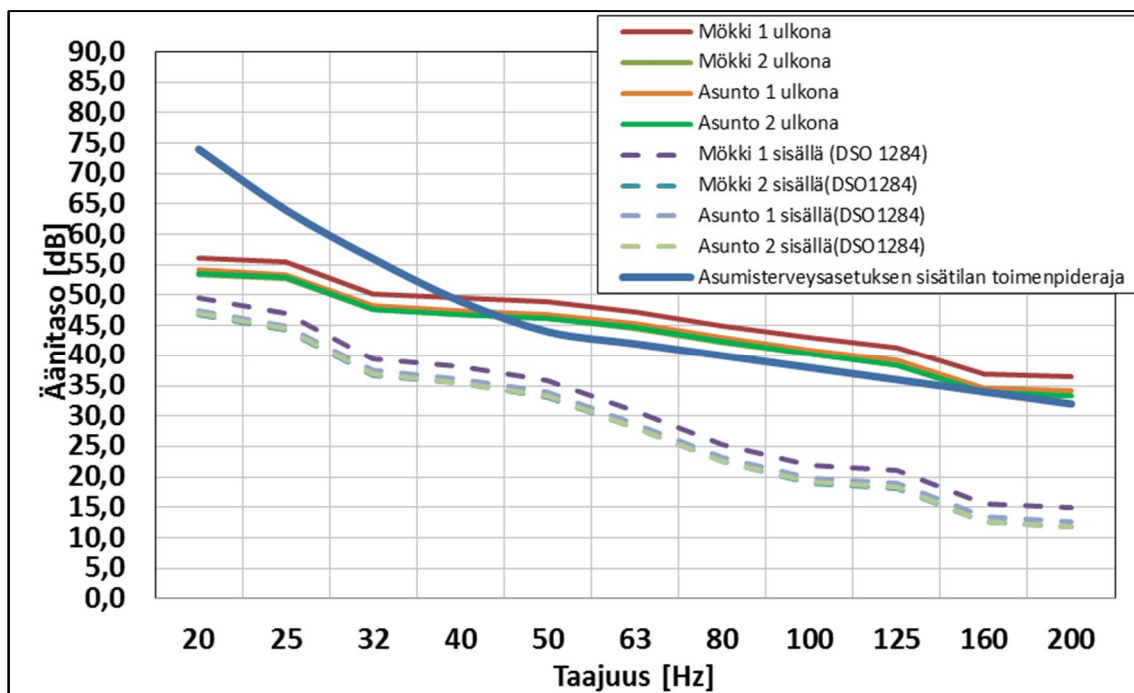
Melun ylärajalaskentaan perustuvan leviämislaskentatuloksen perusteella 3.45 MW:n voimalalla (sahalaioitettu siipimalli) 40 dB(A):n yöajan tuulivoimamelun ohjearvo ei ylitä yhdenkään asuin- tai loma-asuinkohteen kohdalla. Laskennan perusteella lähimmän loma-asuinrakennuksen edessä keskiäänitaso ylärajalaskennan mukaan on tasan 40 dB(A).

3.3 Pientaajuinen melu

Tuulivoimalaitosten pientaajuisen melun laskenta suoritettiin käyttäen painottamattomia äänitehotason 1/3 oktaavikaistatietoja molemmille siipivaihtoehdoille. Laskenta suoritettiin Pöyryn kehittämällä ohjelmalla ohjeen DSO 1284 laskentarutiinin mukaisesti. Pientaajuisen melun ylärajalaskennan avulla saadut tulokuviaajat lähimpien asuin- ja lomakiinteistöjen (Mökki1-2 ja Asunto 1-2) (liite 2) ulko- ja sisäpuolella on esitetty seuraavissa kuvissa 4 ja 5.



Kuva 4. Pientaajuisen melulaskennan tulos, normaali siipimalli.



Kuva 5. Pientaajuisen melulaskennan tulos, sahalaoidettu siipimalli.

Eri laskentapisteissä saadut tulokset ovat lähellä toisiaan, minkä takia tulostulokset ovat graafeissa (4 ja 5) lähes päällekkäin.

Laskentatulosten perusteella voidaan todeta, että valitulla 3.45 MW:n turbiinityypillä (normaalsiipi ja sahalaoidettu siipi) pientaajuinen melu on kuultavissa taustamelutasosta riippuen alkaen taajuudesta 40–50 Hz lähimpien asuin- ja loma-asuinrakennusten luona ulkona. Suurin ilmastieristävyyden arvo pitäisi olla noin kahdeksan dB taajuudella 125 Hz (normaalsiipi), jotta asumisterveysasetuksen mukaiset sisätilan ohjearvot Leq,1h alitetaan. Sahalaoidetun siiven kohdalla vastaava arvo on kuusi dB taajuudella 125 Hz. Esimerkiksi Tanskan DSO:n mukaisilla ilmastieristävyyden arvoilla laskettu tilanne alittaa ohjearvot varsin selkeästi. Alueen

asuin- tai loma-asuinrakennusten ilmastieristävyyksiä ei kuitenkaan tunneta eikä näin matalille taajuuksille (alle 100 Hz) ole olemassa pientaajuisten melun rakentamisstandardeja. Siten todellisen tilanteen voi todeta vain mittauksin. Laskennan mukainen ilmastieristävyyden minimivaatimus on kuitenkin sen verran pieni, että sen voidaan katsoa täyttyvän jo varsin kevyellä suojarakenteella.

3.4 Tuulivoimapuiston rakentamisen aikainen melu

Rakentamisen aikainen melu koostuu pääsääntöisesti tieliikennemelusta (kevyt- ja raskasliikenne), sekä koneiden käytön aiheuttamasta melusta.

Tuulipuiston rakentaminen koostuu teiden kunnostamisen/rakentamisen, voimaloiden asennus- ja kokoonpanoalueiden raivaamisen, voimaloiden perustusten rakentamisen ja pystytyksen, sekä sähköaseman, maakaapeloinnin ja ilmajohdon rakentamisen työvaiheista. Hankealueen melun kannalta merkittävimmät vaiheet ovat tiestön rakentamisen ja perustusten rakentamisen aikana, jolloin voi esiintyä myös vähäisissä määrin impulssimaista melua (esimerkiksi kiven rikotus). Tässä selvityksessä ei ole erillisen karttapohjaisen melumallin avulla arvioitu rakentamisen aikaista melua, sillä eri työvaiheiden aiheuttama melukuorma voi vaihdella ajallisesti voimakkaasti.

Rakentamisen aikaisesta melusta ei arvioida olevan haittaa lähialueen asukkaille etäisyydestä johtuen. Rakentamisen aikainen melu ei ole luonteeltaan verrattavissa tuuliturbiineista kantautuvaan meluun.

3.5 Voimajohdon aiheuttama melu

Voimajohdoissa (ilmajohdot) melua aiheuttaa johtimen pinnalla syntyvät paikalliset sähköpurkaukset (koronailmiö), jotka aiheuttavat sirisevää ääntä. Tätä ilmiötä esiintyy erityisesti huonolla säällä. Äänen voimakkuus on tällöin suurimmillaan noin 45 dB(A) 100 metrin päässä voimajohdoista. Niinimäen hankkeessa sähkönsiirto toteutetaan voimaloiden välillä maakaapeleina ja hankealueelta sähköasemalle ilmajohtona.

4 MELUVAIKUTUKSET

4.1 Melun vaikutukset alueen äänimaisemaan

Tuulivoimaloiden melu voi muuttaa alueen äänimaisemaa, mutta muutokset vaihtelevat ajallisesti ja paikallisesti. Ajallisesti suurin muutos havaitaan melulle altistuvien kohteiden luona tilastollisen myötätuulen puolella eli hankealueen pohjois- ja koillisosissa, sekä lähempänä voimaloita meluvyöhykkeiden sisällä. Melun erottuminen on hyvin pitkälti säätilasta riippuvaista. Erottumista lisääviä säätekijöitä ovat stabiili ilta- ja yöajan alailmakehä, kostea säätila ja voimakas alailmakehän inversio (ilmakerrosten lämpötilojen ero, lämpötilainversio).

Melu havaitaan paremmin myötätuuliolosuhteissa ja heikommin (tai ei lainkaan) vastatuuliolosuhteissa. Mitä kauempana voimaloista ollaan, sitä enemmän ilmakehän absorptio vaimentaa korkeita taajuuksia jättäen jäljelle vain matalimpia tuulivoimamelun taajuuksia. Lisäksi tuulivoimamelun amplitudimodulaatio (sykkivyyty) voi erottua taustakohinan läpi ulkona kuunneltaessa. Uudet voimalat ovat kuitenkin hitaasti pyöriviä siipien kärkivälin merkittävän pituuden vuoksi, mistä syystä modulaation erottuminen voi kohdistua enemmän vain kovemmille tuulennopeuksille. Tällöin etenkin aerodynaaminen melu voi kuulostaa matalataajuiselta lentomelulta (kuminaa), jolla on jatkuvasti vaihteleva, mutta yleisesti

varsin matala äänitaso. Näissä olosuhteissa taustamelu voi olla voimakkaampaa ja osaltaan peittää tuulivoimaloiden ääntä.

Tuulivoimamelun leviämislaskennat 3.45 MW:n voimalatyypillä (normaali- ja sahalaudoitettu siipi) osoittivat, että meluvaikutukset ovat kuultavissa lähimmissä asuinkohteissa. Kuitenkin melulle asetetut ohjearvot ylittyvät korkeammalla lähtöäänitehotasolla (108.5 dB(A)) laskettaessa ainoastaan lähimmän kohteen (kaupungin rekisterin mukainen erillinen vapaa-ajan asunto hankealueen länsipuolella) pihalla. Lähtöäänitehotasolla 106.0 dB(A) laskettaessa ohjearvot eivät ylitä yhdenkään asuin- tai loma-asuinkohteen kohdalla. Sisätiloissa matalataajuisen melun sisätilan ohjearvot alittuvat jo kevyellä seinärakenteella. Tuulivoimaloiden aiheuttaman melun taso pienenee etäisyyden kasvaessa. Tuulipuiston käyntiaikana melu hankealueen sisällä kasvaa nykytilasta. Alueen nykyinen melutaso nousee myös tuulipuiston toimintaan liittyvän liikenteen myötä. Rakentamisaikaiset meluvaikutukset ovat lyhytkestoisia, vaihteellaisia ja melko paikallisia.

4.2 Haitallisten vaikutusten ehkäiseminen ja lieventäminen

Tuulivoimalaitoksia on mahdollista ajaa meluoptimoidusti, jolloin esimerkiksi roottorin pyörimisnopeutta rajoitetaan kovemmilla tuulennopeuksilla siiven lapakulmaa säätämällä. Säästöparametreiksi voidaan tyypillisesti valita tuulennopeus ja -suunta ja kellonaika. Meluoptimoitu ajo rajoittaa vastaavasti voimalan äänen tuottoa eli äänitehotasoa. Muuten melua ei voida merkittävästi torjua, ellei voimalaa pysäytetä kokonaan. Esimerkiksi tässä selvityksessä käytettyjen turbiinivalmistajien meluoptimointiajo vähentää korkeinta taattua äänitasa noin 1-7 dB yhdessä voimalassa.

Hankkeen aiheuttamiin meluvaikutuksiin voidaan vaikuttaa lopullisella turbiinivalinnalla (valitsemalla hiljaisempi turbiinivaihtoehto). Myös voimaloiden sijoittelulla voidaan vaikuttaa meluvaikutuksiin. Siirtämällä voimalaa 20 päästään myös lähtöäänitehotasolla 108,5 dB(A) alle ohjearvojen. Hankkeessa käytettävä voimalatyyppi ja tuulivoimaloiden sijoittelu valitaan niin, että melulle asetetut ohjearvot alitetaan kaikissa melulle altistuvissa kohteissa.

4.3 Vaikutusten seuranta

Mikäli rakentamisen jälkeen ilmoitetaan tuulipuiston aiheuttamasta meluhaitasta, voidaan meluvaikutuksia seurata mittauksin, joista ohjeistetaan ympäristöministeriön oppaissa YM OH 3-4/2014. Mittauksin voidaan varsin luotettavasti todeta melutasot ja luonne sekä tehdä vertailuja mallinnettuihin tasoihin ja annettuihin ohjearvoihin.

5 YHTEENVETO

Hankesuunnitelman (VE1) mukaiset tuulivoimamelun leviämisyöhykkeet mallinnettiin tietokoneavusteisesti digitaalikarttaan noudattaen Ympäristöministeriön tuulivoimamelun mallinnusohjetta YM OH 2/2014. Mallinnus tehtiin kahdella siipityypillä (normaali- ja sahalaudoitettu siipi), joiden lähtöäänitehotasot eroavat (108.5 dB(A) ja 106.0 dB(A)).

ISO 9613-2 mukaisella melumallinnuksella toteutetun ylärajalaskennan perusteella 3.45 MW:n voimalalla (normaali- ja sahalaudoitettu siipi) 40 dB(A):n yöajan tuulivoimamelun ohjearvo ylittyy lähimmässä loma-asuinkohteessa hankealueen länsipuolella, jossa laskettu melutaso on 42 dB(A). Melun ylärajalaskentaan perustuvan leviämislaskentatuloksen perusteella 3.45 MW:n voimalalla (sahalaudoitettu siipimalli) 40 dB(A):n yöajan tuulivoimamelun ohjearvo ei ylitä yhdenkään asuin- tai loma-asuinkohteen kohdalla.

Laskennan perusteella lähimmän loma-asuinrakennuksen edessä keskiäänitaso ylärajalaskennan mukaan on tasan 40 dB(A).

Laskelman perusteella suurin ilmaäänieristysten vaatimus (normaalsiivellä mallinnettaessa, maksimimelutilanne) olisi noin kahdeksan dB taajuudella 125Hz, joka saavutetaan jo Tanskan normin mukaisella keskimääräisellä ilmaäänieristävyydellä. Laskennan perusteella sisätilan pientaajuisten melun ohjearvo siis todennäköisesti alittuu molemmilla siipityypeillä laskettaessa. Laskennan mukainen ilmaäänieristävyyden minimivaatimus on kuitenkin sen verran pieni, että sen voidaan katsoa täyttyvän jo varsin kevyellä suojarakenteella.

Tuulivoimalaitosten melu voi muuttaa alueen äänimaisemaa, mutta muutokset vaihtelevat ajallisesti ja paikallisesti tuulisuuden ja sään mukaan. Ajallisesti suurin muutos voidaan havaita tilastollisen myötätuulen puolella eli hankealueen pohjois- ja koillisosissa sekä laskennallisten meluvyöhykkeiden sisällä.

VIITTEET

Nelson, D. A. 2007. Perceived loudness of wind turbine noise in the presence of ambient sound. Second International Meeting on Wind Turbine Noise, September 20 – 21, Lyon, France.

Oerlemans, S. & Schepers, J.G. 2009. Prediction of wind turbine noise directivity and swish. Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise, Aalborg, Denmark.

van den Berg, G.P. 2006. The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Doctoral Thesis, University of Groningen, Holland.

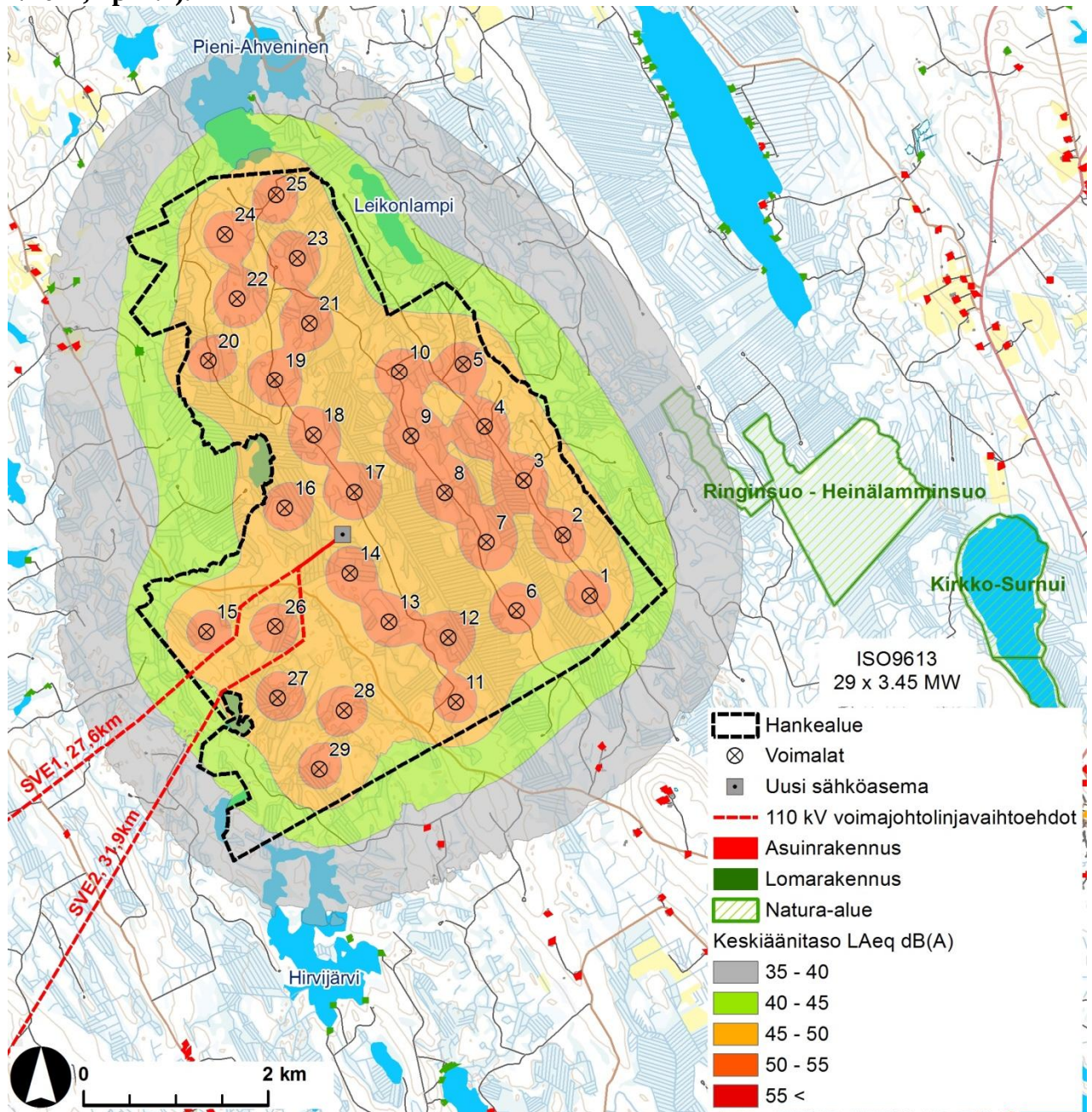
Uosukainen, S. 2010. Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys. VTT tiedotteita 2529, Helsinki.

Ympäristöministeriö 2014. Ympäristöhallinnon ohjeita OH 2/2014. Helsinki.

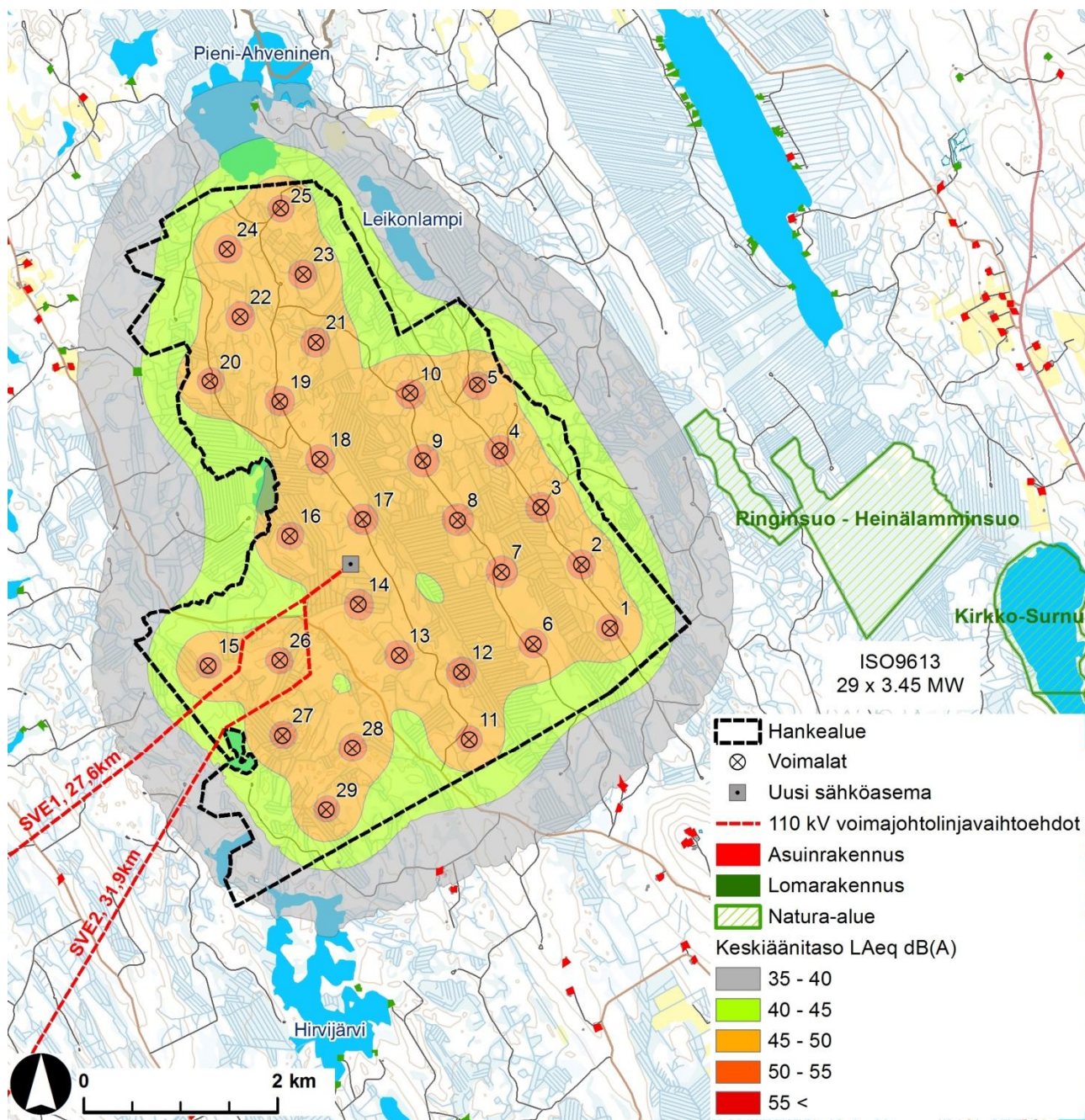
Ympäristöministeriö 2014. Ympäristöhallinnon ohjeita OH 3/2014. Helsinki.

Ympäristöministeriö 2014. Ympäristöhallinnon ohjeita OH 4/2014. Helsinki.

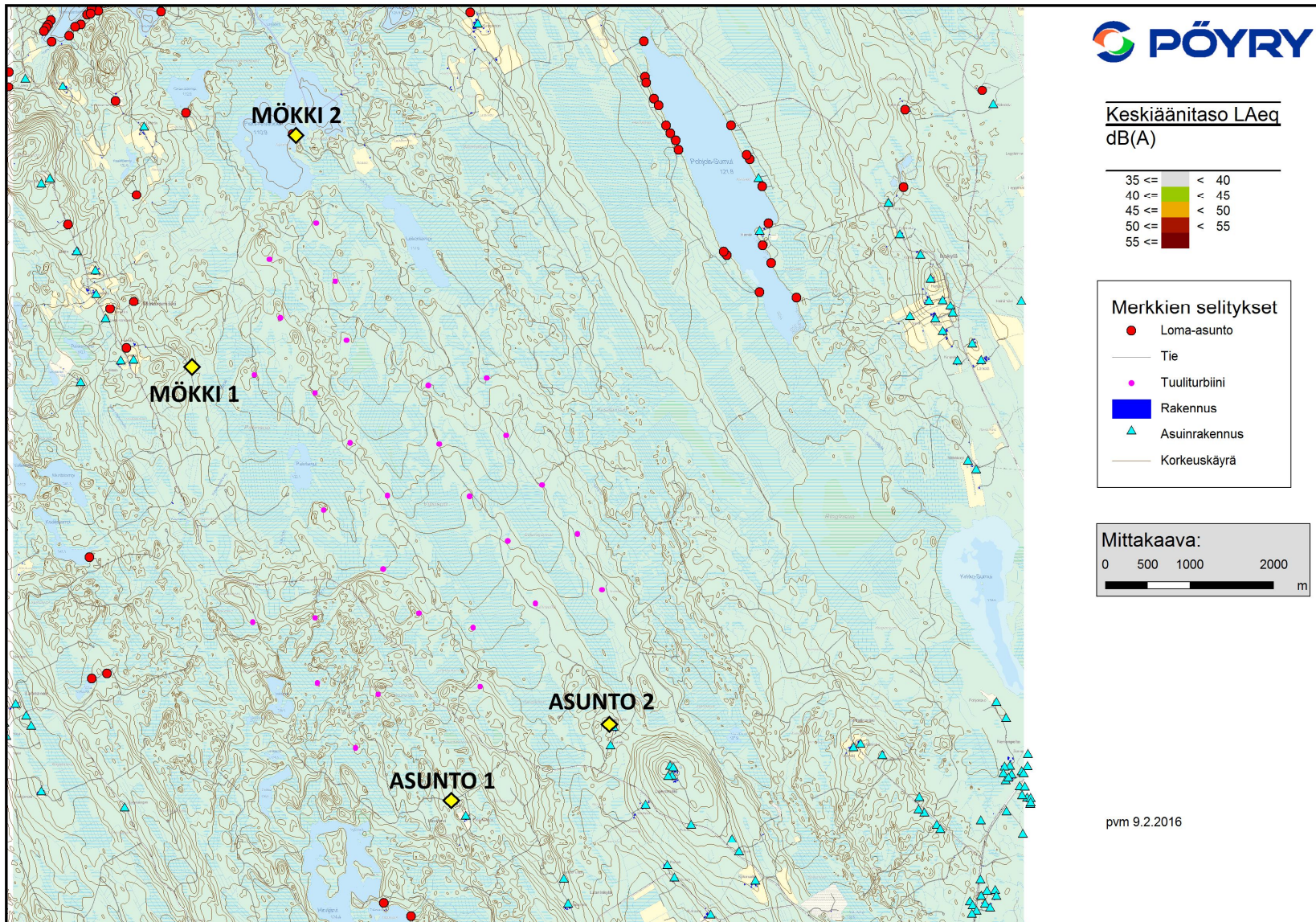
Liite 1. Melumallinnuskuvaaja, 29 x Vestas 3.45 MW, ISO 9613-2, normaalsiipi (YM OH 2/2014, kpl 4.1).



Liite 1. Melumallinnuskuvaaja, 29 x Vestas 3.45 MW, ISO 9613-2, sahalaidoitettu siipiprofiili (YM OH 2/2014, kpl 4.1).



Liite 2. Pientaajuisen melulaskennan reseptoripisteet



Liite 3. YM 2/2014 mukainen raportointitaulukko.

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT								
Mallinnusraportin numero/tunniste:					Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 25.4.2016			
Laatija: DI Carlo Di Napoli, Pöyry Finland Oy					Hyväksyjä: Kirsi Koivunen			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT								
Mallinnusohjelma ja versio: Sound Plan v.7.3					Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)								
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas					Nimellisteho: 3.45MW			
Roottorin halkaisija: 140m					Napakorkeus: 165m			
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana: Kyllä, n.1-8 dB								
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT								
Melupäästötiedot (takuuarvo/äänitehotason keskiarvo): 108.5 dB(A), 12 m/s napakorkeudella, normaaliisiipi								
Melupäästötiedot (takuuarvo/äänitehotason keskiarvo): 106.0 dB(A), 12 m/s napakorkeudella, sahalaoidettu siipimalli								
Luottamuksellisia (NDA): Kyllä, vain viranomaiskäyttöön								
Oktaaveittain [Hz], dB								
31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
114	111	109	106	106	104	100	95	82
115	112	108	106	104	101	95	88	69
Melun erityispiirteet								
Kapeakaistaisuus: Ei					Impulssimaisuus: Ei			
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT								
Laskentakorkeus: 4m			Suhteellinen kosteus: 70%			Lämpötila: 15 °C		
Maastomallin lähde: MML					Pystyresoluutio: 0.5m / laserkeilausaineisto			
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet								
Vesialueet:			Maa-alueet:			Muut alueet (mitkä?)		
0			0.4			Laajat kallioalueet, 0		
LASKENTATULOKSET								
Laskentavaihtoehdot: 2 kpl								
Laskentakartat: 2 kpl					Laskentavyöhykkeet [dB]: 3 kpl, 40, 45 ja 50 dB(A)			
Pientaajuisen melun laskentataulukot: 2 kpl					Reseptoripisteet: 4 kpl			

Melulle altistuvat asuin- tai loma-asuinkohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta), normaalsiipi	
Yli 40 dB(A):n vyöhykkeellä: 1 kpl	Yli 45 dB(A):n vyöhykkeellä: 0 kpl
Pientaajuisen melun tulokset (DSO 1284 mukaan): Kaikki tulokset alle asumisterveysasetuksen	
Melulle altistuvat asuin- tai loma-asuinkohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta), sahalaidoitettu siipi	
Yli 40 dB(A):n vyöhykkeellä: 0 kpl	Yli 45 dB(A):n vyöhykkeellä: 0 kpl
Pientaajuisen melun tulokset (DSO 1284 mukaan): Kaikki tulokset alle asumisterveysasetuksen	