





NIINIMÄEN TUULIPUISTO OY

Niinimäen tuulivoimapuiston meluselvitys kaavoitusta varten

Sisäinen tarkistussivu

Asiakas	Niinimäen Tuulipuisto Oy
Otsikko	Niinimäen tuulivoimapuiston meluselvitys kaavoitusta varten
Työnumero	16X267156-E721.D50
Tiedoston nimi	Liite 8_Niinimäki_meluselvitys_08062017_JULKINEN VERSIO.docx
Järjestelmä	Microsoft Word 14.0
Ulkoinen jakelu	Niinimäen Tuulipuisto Oy
Sisäinen jakelu	Pöyry / Arkisto
Vastaava yksikkö	Ympäristökonsultointi
Revisio	
Dokumentin pvm	8.6.2017
Laatija/asema/allekirj.	Carlo Di Napoli / Johtava asiantuntija
	
Tarkistuspvm	8.6.2017
Tarkistanut/asema/allekirj.	Leena-Kaisa Piekkari / Projektipäällikkö
	

Copyright © Pöyry Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Copyright © Pöyry Finland Oy

Sisältö**Yhteenveto**

1	YLEISTÄ	4
1.1	Ympäristömelu	4
1.2	Tuulivoimamelu	4
1.3	Sovellettavat vertailuohjeet	6
1.4	Melutason toimenpiderajat sisätiloissa	6
2	ARVIOINTIMENETELMÄT	7
2.1	Äänilähdetiedot	8
3	MELUMALLINNUSTULOKSET	9
3.1	Nykytila	9
3.2	Tuulivoimapuiston toiminnan aikainen melu	9
3.3	Pientaajuinen melu	10
3.4	Tuulivoimapuiston rakentamisen aikainen melu	11
3.5	Voimajohdon aiheuttama melu	11
4	MELUVAIKUTUKSET	11
4.1	Melun vaikutukset alueen äänimaisemaan	11
4.2	Haitallisten vaikutusten ehkäiseminen ja lieventäminen	12
4.3	Vaikutusten seuranta	12
5	YHTEENVETO	12
	VIITTEET	13

Liitteet

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

Lyhenteet

(+.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. Selvitys on tehty hankkeen kaavoitusta varten. Vertailuarvoina käytetään uusia tuulivoimamelun keskiäänitason LAeq ohjearvoja VnA 1107/2015.

Pöyryltä laskelmista vastasi DI Carlo Di Napoli. 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 häiritsee 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).

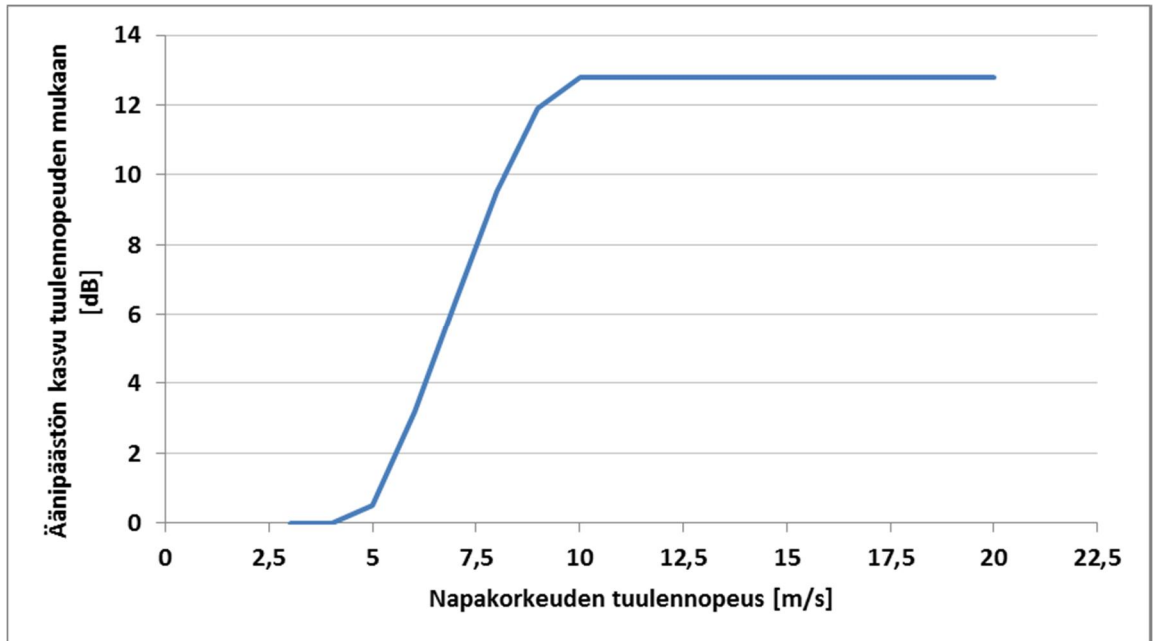
Ympäristömelu on luonteeltaan vaihtelevaa, joten sen äänitaso ei ole stabiili. Tämän takia sen suuruus määritellään käyttäen ekvivalenttitasoa (symboli Leq). Ajan kuluessa ekvivalenttitaso tasoittuu tietyille tasolle ja pienet vaihtelut melutasossa eivät sitä nosta tai laske, mikäli äänipäästötaaso on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

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 pientaajuisen 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 käyntiinlähtönopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin nimellisteholla (kuva 1). Tuulivoimalan 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.

Tuulen aiheuttaman tulovirtauksen turbulenssi sekä viereisten tuulivoimalaitosten lapojen muodostamat pyörteet ilmassa voivat lisätä aerodynaamista melua. Pyörteet tulovirtauksessa vaikuttavat ilmassan 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 sykintä 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 tuotantotehoon.

1.3 Sovellettavat vertailuohjeavot

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

Taulukko 1. Tuulivoimamelun uudet ohjeavot, LAeq.

Tuulivoimamelun ohjeavot	LAeq päivä-ajalle (klo 7–22)	LAeq yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Jos tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista melulle altistuvalla alueella, valvonnan yhteydessä saatuaan mittaustulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista 3 §:ssä säädettyihin arvoihin.

Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason ohjeavot määritetään A-taajuuspainotettuna keskiäänitasona LAeq erikseen yhden vuorokauden päiväajan ja yöajan osalta. Kyse ei ole hetkellisistä enimmäisäänitasoista. Kunkin vuorokauden päiväajan 15 tunnin (klo 7–22) keskimääräisen ulkomelutason (LAeq) on tarkoitus pysyä annetun päiväajan ohjeavon mukaisena. Vastaavasti kunkin vuorokauden yöajan osalta 9 tunnin (klo 22–7) keskimääräisen ulkomelutason (LAeq) on tarkoitus pysyä annetun yöajan ohjeavon mukaisena. (YM 2016)

Melumallinnuksessa ei erotella päivä- tai yöajan tilanteita, vaan melun leviäminen lasketaan taatun äänipäästön arvoilla ja tulosvertailu tehdään vain yöajan 40 dB:n ohjeavoon nähden. (YM 2014)

Ulkomelun suunnitteluarvojen lisäksi asuntojen sisätiloissa käytetään terveydensuojelulain (763/94) sisältövaatimukseen pohjautuen uuden asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisia taajuuspainottamattomia tunnin keskiäänitasoon Leq, 1h perustuvia pienitaajuisten melun toimenpiderajoja. (STM 2015)

1.4 Melutason toimenpiderajat sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön uusi asumisterveysasetus 545/2015 asettaa sisätilojen äänitasoille toimenpiderajat erityisesti yöajan äänitasoille nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa, sekä pientaajuiselle melulle taajuusvälillä 20–200Hz (taulukot 2 ja 3). (STM 2015)

Taulukko 2. Melutason toimenpiderajat sisätiloissa.

Melun A-painotettu ekvivalenttitaso (LAeq) enintään		
Huoneisto ja huonetila	Päivällä klo 07–22	Yöllä klo 22–07
<i>Asuinhuoneistot, palvelutalot, vanhainkodit, lasten päivähoitopaikat ja vastaavat tilat</i>		
asuinhuoneet ja oleskelutilat	35 dB	30 dB
muut tilat ja keittiö	40 dB	40 dB
<i>Kokoontumis- ja opetushuoneistot</i>		
huonetila, jossa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä	35 dB	-
muut kokoontumistilat	40 dB	-
<i>Työhuoneistot (asiakkaiden kannalta)</i>		
asiakkaiden vastaanottotilat ja toimistohuoneet	45 dB	-

Yöaikainen (klo 22–7) musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona LAeq, 1h (klo 22–7) mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Taulukko 3. Pientaajuisten sisämelun tunnin keskiäänitason Leq, 1h toimenpiderajat taajuusvälillä 20-200Hz nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa yöaikaan klo 22–07.

Kaista/Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Leq, 1h	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

2 ARVIOINTIMENETELMÄT

Melun leviäminen maastoon on havainnollistettu ohjelmistolla SoundPlan v.7.4, jossa ääniaalto lasketaan digitaaliseen karttapohjaan äänenpaineeksi immissio- eli vastaanottopisteessä. Laskentamallina on käytetty ISO 9613-2 algoritmia, jossa huomioidaan äänen geometrinen leviämisvaimentuminen pistelähteestä, maaston korkeuserot, rakennukset sekä maanpinnan ja ilmakehän melun vaimennusvaikutukset. Malli piirtää keskiäänitasokäyrät 5 dB:n välein valituilla lähtöarvoilla.

Laskentaparametrit on esitetty taulukossa 4 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 takuuarvoa L_{WA} . Laskentatulokset yksittäisissä reseptoripisteissä esitetään pyöristettyinä kokonaislukuina.

Taulukko 4. ISO 9613-2 laskentamallin parametrit.

Lähtötieto	Parametrit
Laskentaohje	YM OH 2/2014, kpl 4.1
Laskentalogiikka	Ylärajalaskenta
Mallinnusalgoritmit	Ylärajalaskenta: Teollisuusmelun laskentamalli ISO 9613-2 Pientaajuinen melulaskenta: DSO 1284 / YM 2/2014
Melulähdetyyppi	Pistelähde voimalan napakorkeudella (voimalan roottorin koosta riippumaton)
Voimalan napakorkeus	165 metriä
Äänipäästön arvo	29 x 3.45 MW:n tuulivoimala, äänipäästön takuuarvo $L_{WA} = 106.0$ dB(A), sahalaidoitettu siipimalli
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 tuulivoimalan äänitehotaso, missä on siiven sahalaidoitus, on 106.0 dB(A), joka edustaa paremmin ko. kokoluokan modernien tuulivoimaloiden äänitehotasoa. Käytetty napakorkeus on kuitenkin korkeampi kuin nykyvoimaloilla keskimäärin, joka edesauttaa melun laskennallista leviämistä ympäristöön. Tuulivoimalatyypin lopullinen valinta tapahtuu ennen rakentamisen aloittamista, jolloin voidaan valita äänitehotasoltaan laskentatilannetta vastaava tai hiljaisempi malli.

Tuulivoimalamallien äänitaajuus terssikaistalla (1/3 oktaavikaistalla) on saatu käyttäen valmistajan (Vestas) arvioimia arvoja. Mallinnuksessa käytettävälle turbiinille ei ole annettu takuuarvoa melun sykkinnästä tai impulssimaisuudesta. Mallinnetulle voimalalle ei ole myöskään annettu takuina merkityksellistä melun kapeakaistaisuutta ($\Delta L_a < 4$ dB). Esitetyt taajuusjakaumat on käyty läpi ja todettu, että ne eivät aiheuta riskiä kapeakaistaiselle melulle. Mallinnuksessa käytettyjen voimalamallien oktaavikaistan A-taajuuspainotetut äänipäästöarvot on esitetty meluselvityksen viranomaisversion liitteessä 3 (luottamuksellisia).

Tuulivoimalaitosten aiheuttaman pientaajuisen melun laskenta suoritettiin käyttäen painottamattomia äänitehotason 1/3 oktaavikaistatietoja. Laskenta suoritettiin YM:n ohjeen ja tanskalaisen asetuksen DSO 1284 laskentarutiinin mukaisesti.

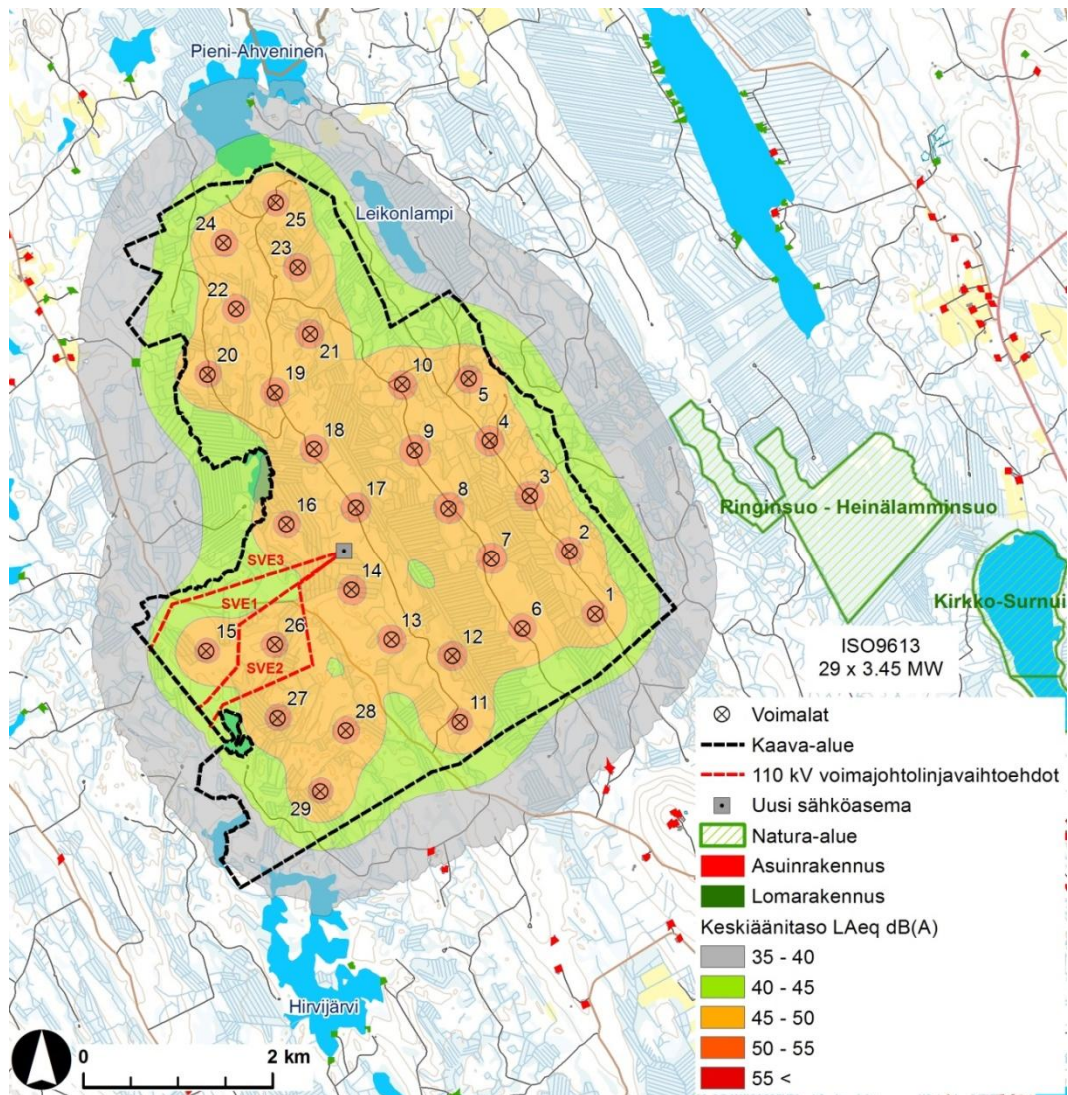
3 MELUMALLINNUSTULOKSET

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 toiminnan aikainen melu

Tuulivoimapuiston toiminnan aikainen melu muodostuu suurelta osin voimaloiden
käyntiäänestä, sekä vähemmässä määrin tieliikennemelusta huoltotoimintojen
yhteydessä. Hankevaihtoehto on laskettu melun leviämislaskelmaksi esitetyn
arviointimenetelmän mukaisesti sahalaidoitettulla siipimallilla ja laskennan tulokset
esitetään alla kuvassa 2, sekä liitteessä 1. Ympäristöministeriön ohjeen YM OH 2/2014
mukainen raportointilomake esitetään meluraportin liitteessä 3 soveltuvin osin.
Meluselvityksen viranomaisversion liite 3 sisältää joitakin luottamuksellisia tietoja, joita
ei ole esitetty meluselvityksen julkisessa raportissa.

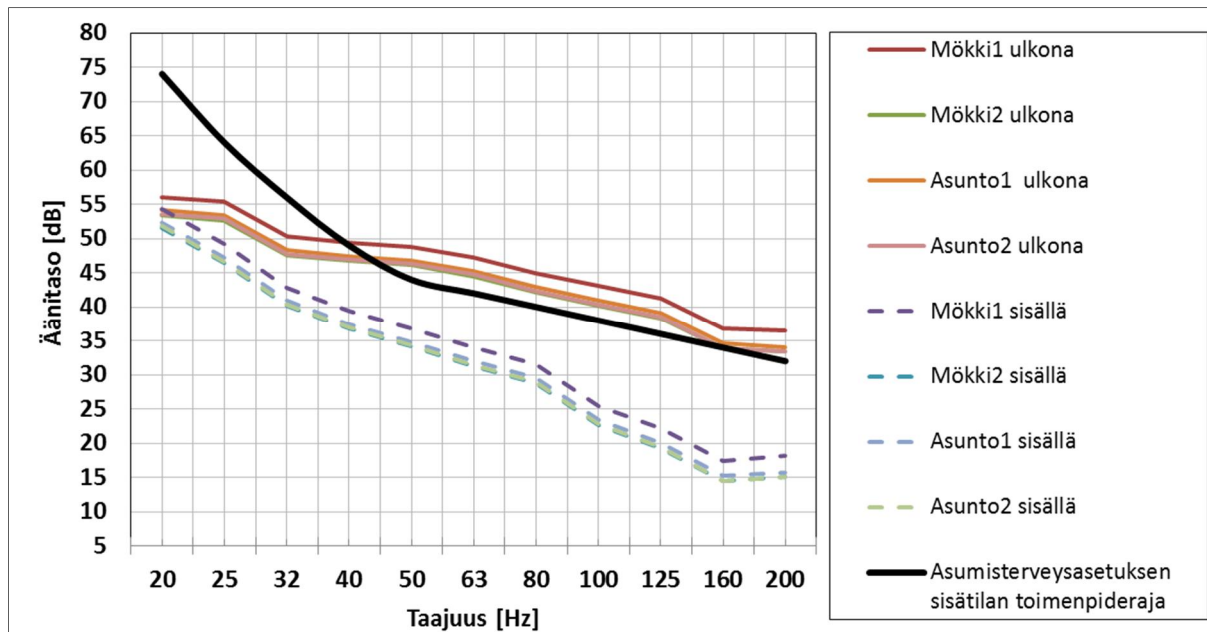


Kuva 2. Melun leviämiskartta, ylärajalaskennan mukainen keskiäänitaso LAeq, 3.45MW, sahalaidoitettu siipimalli (lähtöäänitehotaso 106.0 dB(A)).

Melun ylärajalaskentaan perustuvan leviämislaskentatuloksen perusteella 3.45 MW:n voimalalla (sahalaidoitettu siipimalli) 40 dB(A):n yöajan tuulivoimamelun ohjearvo ei ylity yhdenkään asuin- tai loma-asuinkohteen kohdalla. Laskennan perusteella lähimmän loma-asuinrakennuksen (Mökki 1) edessä keskiäänitaso ylärajalaskennan mukaan on hieman alle 40 dB(A).

3.3 Pientaajuinen melu

Tuulivoimalaitosten pientaajuisen melun laskenta suoritettiin käyttäen painottamattomia äänitehotason 1/3 oktaavikaistatietoja. Laskenta suoritettiin YM:n ohjeen, sekä DSO 1284 laskentarutiinin mukaisesti. Pientaajuisen melun ylärajalaskennan avulla saadut tuloksuvaajat lähimpien asuin- ja lomakiinteistöjen (Mökki1-2 ja Asunto 1-2) (liite 2) ulko- ja sisäpuolella on esitetty seuraavassa kuvassa 3.



Kuva 3. Pientaajuisen melulaskennan tulos, sahalaidoitettu siipimalli.

Eri laskentapisteissä saadut tulokset ovat lähellä toisiaan, mistä syystä tulokskäyrät yllä olevassa kuvassa ovat lähes päällekkäin.

Laskentatulosten perusteella voidaan todeta, että valitulla 3.45 MW:n tuulivoimalatyypillä (sahalaidoitettu 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 kuusi (6) dB taajuudella 125 Hz, jotta asumisterveysasetuksen mukaiset sisätilan ohjearvot L_{eq} , 1h alitetaan. 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 pientaajuisen 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 tuulivoimaloista 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 kovemille 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 (sahalaidoitettu siipi) osoittivat, että meluvaikutukset ovat kuultavissa lähimmissä asuin- tai lähtöäänitehotasolla 106.0 dB(A) laskettaessa ohjeavrot eivät ylity yhdenkään asuin- tai

loma-asuinkohteen kohdalla. Sisätiloissa pientaajuisen 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

Tarvittaessa, mikäli riittävän alhaista melutasoa ei muuten saavutettaisi, tuulivoimalaitoksia on mahdollista ajaa meluoptimoidusti, jolloin esimerkiksi roottorin pyörimisnopeutta rajoitetaan kovemmillä tuulennopeuksilla siiven lapakulmaa säätämällä. Säästöparametreiksi voidaan tyypillisesti valita tuulennopeus ja -suunta, sekä 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 äänitason noin 1-8 dB yhdessä voimalassa.

Hankkeen aiheuttamiin meluvaikutuksiin voidaan vaikuttaa lopullisella voimalavalinnalla. Myös voimaloiden sijoittelulla voidaan vaikuttaa meluvaikutuksiin. 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

Niinimäen tuulivoimapuiston hankesuunnitelman mukaiset tuulivoimalamelun leviämisyöhykkeet mallinnettiin tietokoneavusteisesti digitaalikarttaan noudattaen Ympäristöministeriön tuulivoimamelun mallinnusohjetta YM OH 2/2014. Mallinnus tehtiin sahalaidoitettulla siipityypillä, jonka lähtöäänitehotaso on 106.0 dB(A).

ISO 9613-2 mukaisella melumallinnuksella toteutetun ylärajalaskentaan perustuvan leviämislaskentatuloksen perusteella 3.45 MW:n voimalalla (sahalaidoitettu siipimalli) 40 dB(A):n yöajan tuulivoimamelun ohjearvo ei ylity yhdenkään asuin- tai loma-asuinkohteen kohdalla. Laskennan perusteella lähimmän loma-asuinrakennuksen edessä keskiäänitaso ylärajalaskennan mukaan on hieman alle 40 dB(A).

Laskelman perusteella suurin ilmaäänieristyksen vaatimus (sahalaidoitettulla siivellä mallinnettaessa) olisi noin kuusi dB taajuudella 125Hz, joka saavutetaan jo Tanskan normin mukaisella keskimääräisellä ilmaäänieristävyydellä. Laskennan perusteella sisätilan pientaajuisen melun ohjearvo siis todennäköisesti alittuu. 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.

Sosiaali- ja Terveysministeriö 2015. Asumisterveysasetus 545 / 2015

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

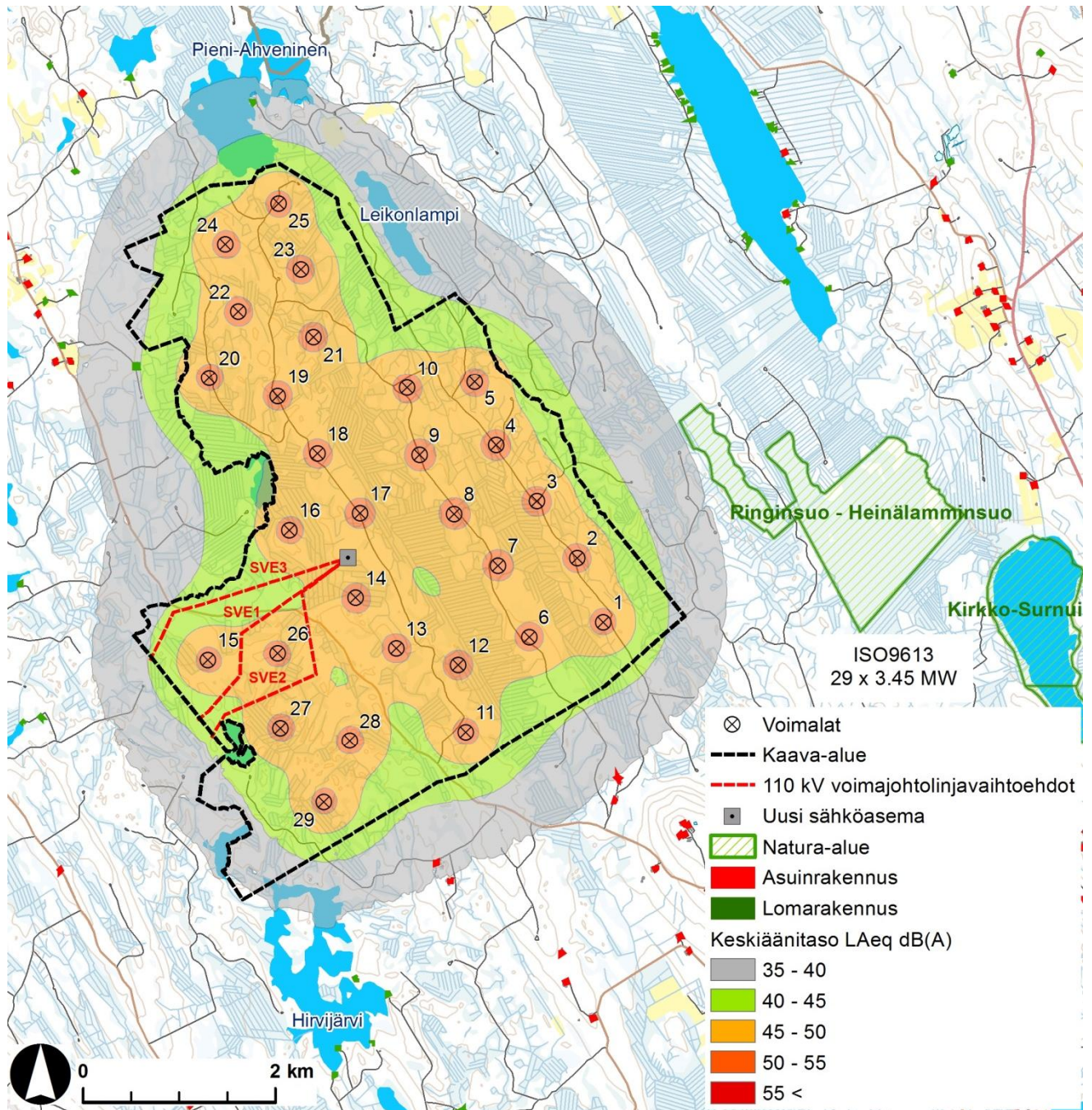
van den Berg, G.P. 2006. The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Doctoral Thesis, University of Groningen, Holland.

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

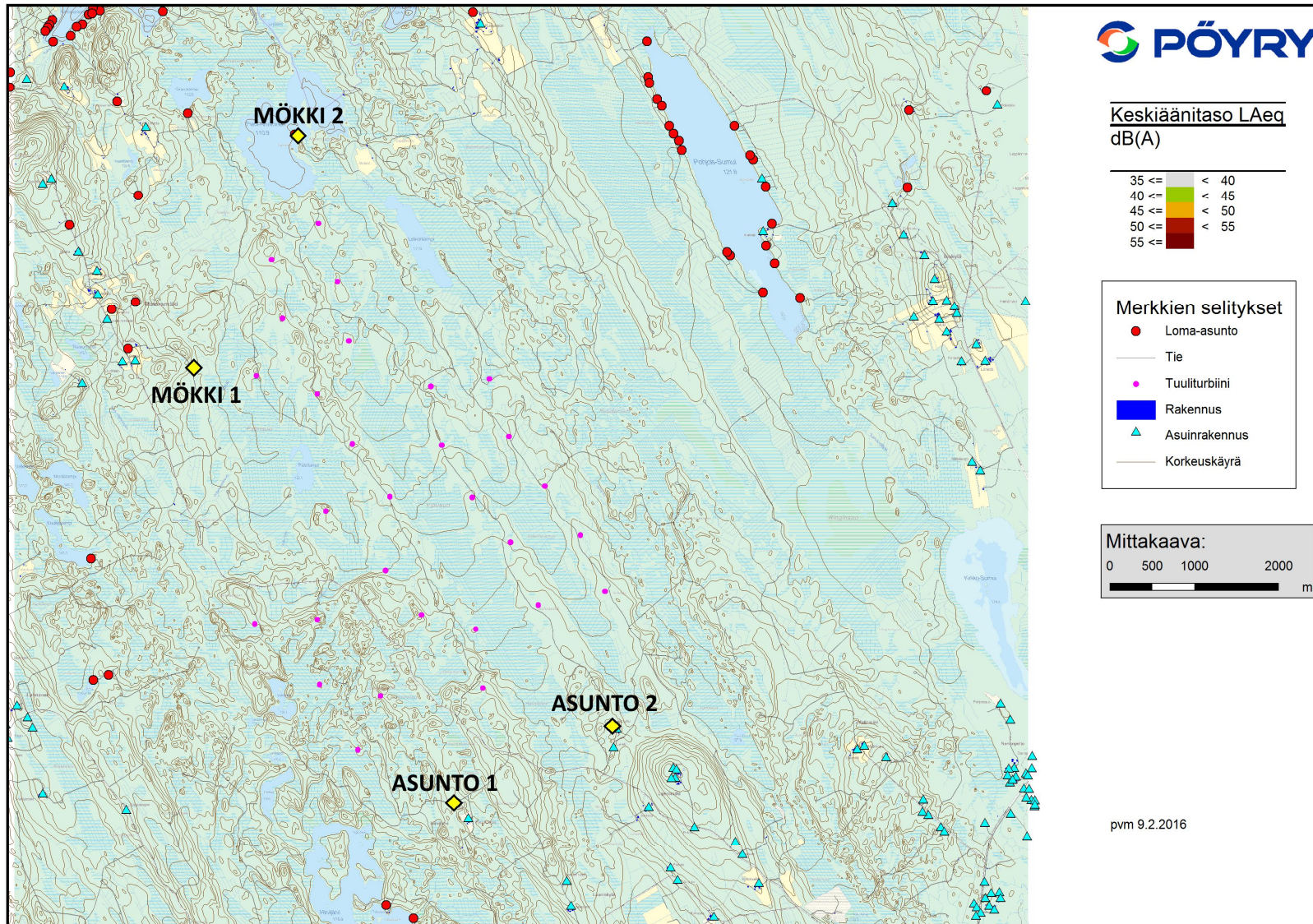
Ympäristöministeriö 2014. Ympäristöhallinnon ohjeita OH 3/2014. Helsinki.

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

Ympäristöministeriö 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita OH 5/2016. Helsinki.

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



RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		
Mallinnusraportin numero/tunniste: 16X267156-E721.D50	Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 8.6.2017	
Laatija: DI Carlo Di Napoli, Pöyry Finland Oy	Hyväksyjä: KTM Leena-Kaisa Piekkari, Pöyry Finland Oy	
MALLINUSOHJELMAN TIEDOT		
Mallinnusohjelma ja versio: Sound Plan v.7.4	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 (takuarvo/äänitehotason keskiarvo): 106.0 dB(A), 12 m/s napakorkeudella, sahalaidoitettu siipimalli		
Luottamuksellisia (NDA): Kyllä, vain viranomaiskäyttöön		
Oktaaveittain [Hz], dB		
Melun erityispiirteet		
Kapeakaistaisuus:	Impulssimaisuus:	
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: 1 kpl		
Laskentakartat: 1 kpl	Laskentavyöhykkeet , LAeq: 4 kpl: 35, 40, 45 ja 50 dB	
Pientaajuisen melun laskentataulukot: 1 kpl	Reseptoripisteet: 4 kpl	

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	