

Vastaanottaja
Element Power / Kangastuuli Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
22.11.2016

Viite
1510014630-008

KANGASTUULEN TUULI- VOIMAHANKE, SIIKAJOKI MELUMALLINNUS

Päivämäärä 22.11.2016
Laatija Ville Virtanen
Tarkastaja Janne Ristolainen

Melumallinnus tuulivoimahankkeen kaavoitustyötä varten

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 06/2015 aineistoa.

http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501

Viite 1510014630-008

SISÄLTÖ

1.	YLEISTÄ	3
2.	MELUN OHJEARVOT	3
2.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	3
2.2	Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa	3
3.	MELUMALLINNUKSEN TIEDOT	4
3.1	Tuulivoimalatiedot	4
3.2	Melulaskenta	4
3.3	Maastomalli	5
4.	TULOKSET	6
4.1	Meluvyöhyke- ja reseptoritulokset	6
4.2	Yhteisvaikutuksen tulokset	6
4.3	Pienitaajuinen melu	6
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	8
5.1	Häiritsevyyskorjaukset	8
5.2	Tuulivoiman melutasot verrattuna melun ohjearvoihin	8
5.3	Alueen yleiset tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	8

LIITTEET

Liite 1	Kangastuulen meluvyöhykkeet
Liite 2	Siikajoen tuulivoimahankkeiden yhteismallinnus, ilman Kangastuulta
Liite 3	Siikajoen tuulivoimahankkeiden yhteismallinnus
Liite 4	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 5	Tuulivoimalaitosten koordinaatit taulukossa
Liite 6	Tuulivoimalaitosten melumallinnuksessa käytetyt parametrit

1. YLEISTÄ

Tämä selvitys liittyy Kangastuulen tuulivoimahankkeen kaavoitukseen, joka on ehdotusvaiheessa. Tämän työn tarkoituksena on ollut selvittää suunniteltujen tuulivoimalaitosten aiheuttamat meluvaikutukset ympäristössä.

Melumallinnus tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisesti. Koska kyseessä on YVA-vaiheen/kaavavaiheen selvitys, on meluvyöhykkeiden sekä reseptoripistekohtaisessa mallinnuksessa käytetty laskentamallia ISO 9613-2. Pienitaajuuden melun tarkastelu tehtiin erillislaskentana YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti.

Työ on tehty Element Power/Kangastuuli Oy:n toimeksiannosta, josta yhteyshenkilönä on toiminut Eeva-Maria Hatva. Rambollissa kaavoituksen projektipäällikkönä toimii Erika Kylmänen. Melumallinnuksen ja raportoinnin ovat tehneet suunnittelija ins. (AMK) Ville Virtanen ja projektipäällikkö ins. (AMK) Janne Ristolainen.

2. MELUN OHJEARVOT

2.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 (voimaantulopäivä 1.9.2015) on annettu tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot. Ohjearvot on annettu absoluuttisina lukuarvoina, joissa ei huomioida taustamelua. Asetusta sovelletaan maankäyttö- ja rakennusalan mukaisessa maankäytön ja rakentamisen suunnittelussa, lupamenettelyissä ja valvonnassa sekä ympäristönsuojelulain mukaisessa lupamenettelyssä ja valvonnassa.

Tuulivoimalan toiminnasta aiheutuvan melupäästön takuuarvon perusteella määriteltä laskennallinen melutaso ja valvonnan yhteydessä mitattu melutason eivät saa ulkona ylittää melulle altistuvalla alueella melun A-taajuuspainotetun keskiäänitason (ekvivalenttitason L_{Aeq}) ohjearvoja taulukossa 1 esitetyn mukaisesti.

Taulukko 1. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot 1107/2015

	Ulkomelutason L_{Aeq} päivällä klo 7-22	Ulkomelutason L_{Aeq} yöllä klo 22-7
Pysyvä asetus	45 dB	40 dB
Loma-asutus	45 dB	40 dB
Hoitolaitokset	45 dB	40 dB
Oppilaitokset	45 dB	-
Virkistysalueet	45 dB	-
Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa suunniteltaessa ja järjestettäessä sekä tällaista toimintaa harjoitettaessa huomioon otettavista sisämelutasoista säädetään terveydensuojelulaissa (763/1994) ja sen nojalla annetuissa säännöksissä.

Valvonnan yhteydessä saatua mittaustulokseen tehdään 5 dB lisäys, mikäli tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista altistuvalla alueella.

2.2 Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön 23.4.2015 annetussa asetuksessa 545/2015 (voimaantulopäivä 15.5.2015) on annettu toimenpiderajoja asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisämelulle (ns. asumisterveysasetus). Asetus korvaa aiemmin käytössä olleen asumisterveysohjeen (STM oppaita 2003:1).

Asuinhuoneistojen asuinhuoneisiin (paitsi keittiö ja muut tilat) toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 7-22}$ 35 dB ja yöajan keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 22-7}$ 30 dB. Selvästi taustamelusta erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa unihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22-7) yhden tunnin keskiäänitaso $L_{Aeq,1h}$ 25 dB. Lisäksi on

huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset.

Asetus sisältää toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle, jotka on annettu taajuuspainottamattomina tunnin keskiäänitasoina $L_{eq,1h}$.

Taulukko 2. Yöaikaisen pienitaajuisen sisämelun toimenpiderajat terssikaistoittain (Asumisterveysasetus 545/2015). Päiväaikana sallitaan 5 dB suurempia arvoja.

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

Valtioneuvoston asetuksessa veloitetaan noudattamaan sisätilojen melun osalta Asumisterveysasetuksessa annettuja sisätilojen melun toimenpiderajoja. Tuulivoimarakentamisen suunniteluohjeen (4/2012) mukaisesti ulkomelun ohjearvoilla pyritään varmistamaan sisämelun osalta suunnitteluohjearvojen täyttyminen. Asumisterveysasetus ei tuo muutoksia mallinnusmenetelyihin tai -tarpeisiin, jotka tehdään YM:n ohjeistuksen mukaisesti.

3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

3.1 Tuulivoimalatiedot

Kangastuulen voimaloiden sijoittelu perustuu 2.6.2016 päivättyyn kaavaehdotusvaiheen mukaiseen sijoitus suunnitelmaan, joka käsittää 33 tuulivoimalaa. Mallinnus tehtiin käyttäen tuulivoimamallina GE 3.4–137 -laitosmallia, jonka napakorkeus on 160 metriä ja roottorin halkaisija 140 metriä. Liitteessä 4 on esitetty tuulivoimalaitosten koordinaatit.

Melutiedot perustuvat Kangastuulen toimittamiin GE:n meludokumenttiin:

- Technical Documentation Wind Turbine Generator Systems 3.4-137 - 50 Hz and 60 Hz

Äänitehotasot on esitetty terssikaistoittain välillä 12,5–10000 Hz. Laitosmallin suurin äänitehotaso (L_{WAQ}) on 106 dB, kun tuulennopeus on ≥ 9 m/s 10 m korkeudella. Dokumentin $L_{WA,k}$ arvoon on Element Powerin pyynnöstä lisätty + 2 dB, sillä turbiini on sen verran uusi, ettei siitä ole vielä riittäviä käytännön mittauksia todentamaan dokumentissa esitettyä äänitehotasoa. Laskennassa kokonaisäänitehotasona on siis käytetty 108 dB. Myös pienitaajuisen melun laskennassa dokumentin terssiarvoihin lisättiin + 2 dB.

Tuulivoimaloiden tarkemmat akustiset tiedot on esitetty liitteessä 5.

3.2 Melulaskenta

Melulaskennat tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisilla laskentaparametreilla ja -menetelmillä. Liitteissä 1 ja 6 on esitetty melulaskentojen oleelliset lähtötiedot esim. laskentaparametrit.

Melumallinnukset on tehty SoundPlan 7.3 -melulaskentaohjelmaa ja siihen sisältyvää ISO 9613-2 -melulaskentamallia käyttäen. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta www.soundplan.eu.

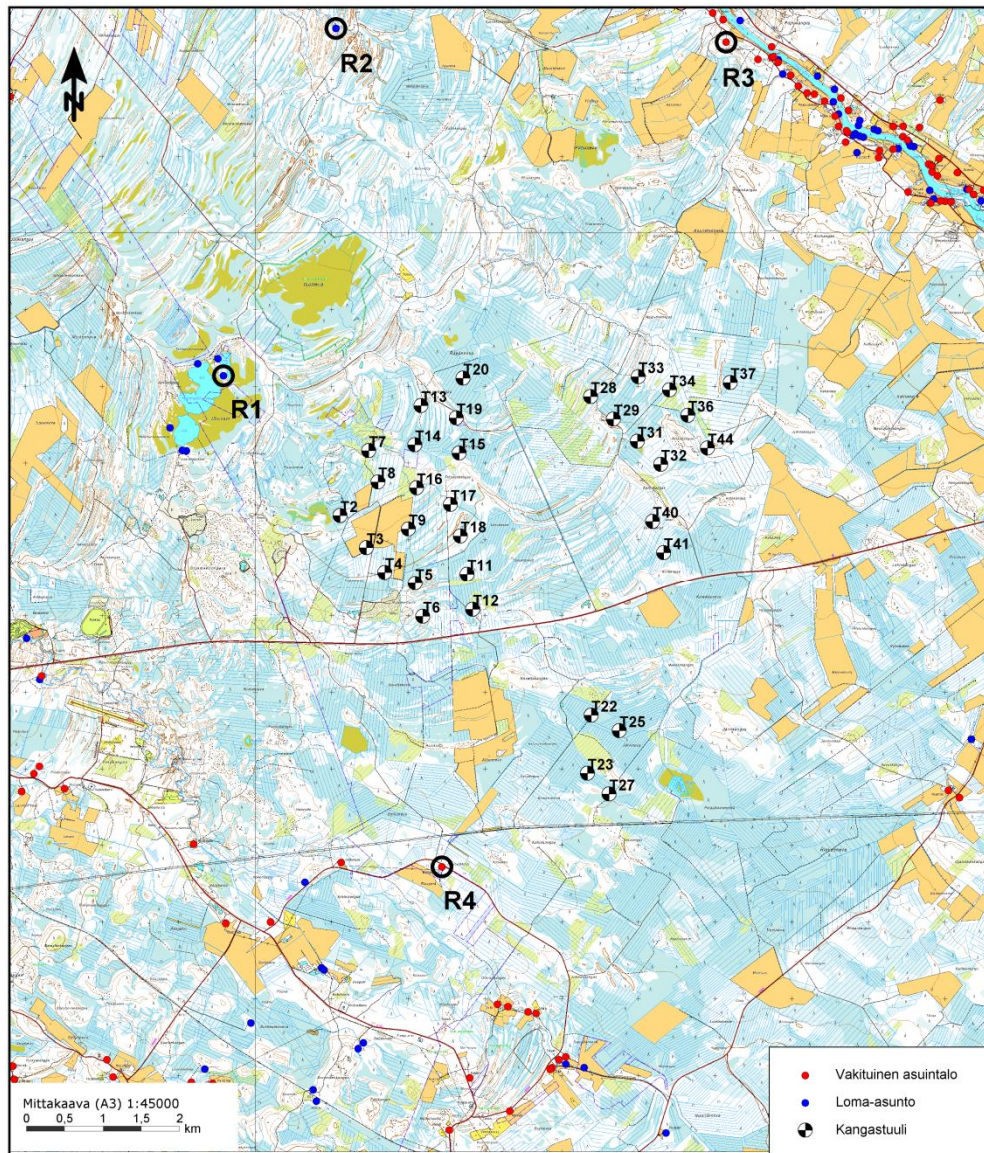
ISO 9613-2 -mallissa tuulen nopeutta tai suuntaa ei voida varioida, vaan laskentamallissa on oletuksena lievä myötätuuli melulähteestä laskentapisteeseen päin. Malli huomioi kolmiulotteisessa laskennassa mm. maastonmuodot sekä etäisyysvaimentumisen, ilman ääniabsorption, esteet, heijastukset ja maanpinnan absorptio-ominaisuudet.

Meluvyöhykelaskennat on tehty laskentapisteverkkoon ja ohjelma interpoloi melutasot laskentapisteidien välisille alueille. Lisäksi tehtiin reseptoripistelaskentoja kuvassa 1 esitettyjen asuin- ja lomarakennusten kohdalla. Reseptoripisteiden tuloksista käy ilmi tarkat keskiäänitasot (L_{Aeq}) kyseisten rakennusten kohdalla.

Pienitaajuisen melun tarkastelu tehtiin YM:n ohjeessa 2/2014 esitetyn mukaisesti. Taajuuspainottamattomien terssikaistakohtaisten melutasojen laskenta tehtiin kolmeen reseptoripisteeseen eli

samojen rakennusten kohdalle kuin pistekohtainen keskiäänitason laskentakin. Rakennuksen sisälle aiheutuvia pienitaajuisia melutasoja arvioitiin DSO 1284 laskentamenetelmässä esitettyjen asuintalon julkisivun ilmaääneneristävyyksarvojen avulla.

Kaikki esitetyt melutasot ovat suoraan mallinnuksen tuloksia, eikä niihin ole lisätty mitään mahdollisia häiritsevyyskorjauksia.



Kuva 1. Reseptoripisteiden sijainnit

3.3 Maastomalli

Laskennassa käytetty maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen laserkeilaukseen perustuvas- ta Korkeusmalli 2 -korkeusaineistosta. Maastomallissa ei huomioitu rakennuksia.

Mallissa ei ole huomioitu myöskään metsäkasvillisuutta melua vaimentavana tekijänä. Metsäkas- villisuus (puusto yms.) voi vaimentaa melua, mikäli kasvillisuusvyöhyke on riittävän korkea ja syvyys on suuri. Ympäristömeluarvioinneissa kasvillisuuden vaikutusta ei kuitenkaan pääsääntöi- sesti oteta huomioon, koska vyöhykkeiden pysyvyydestä ei voida olla varmoja (esim. puuston avohakkuut). Laskentamallien kyvystä huomioida luotettavasti puuston vaikutusta melun etene- miseen ei ole vielä riittävästi tutkittua tietoa.

Hankealueella tuulivoimalan perustusten ja enintään kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista si- jaitsevien asuintalojen ja loma-asuntojen välinen maanpinnan korkeusero on alle 60 metriä.

4. TULOKSET

Mallinnuksen tulokset pätevät selvityksessä käytetyllä laitosmallilla ja sen melupäästöllä sekä muilla suunnittelutiedoilla. Mikäli rakennettavan tuulivoimalaitoksen melupäästö on nyt tarkasteltua suurempi tai sijainti tai napakorkeus muuttuvat merkittävästi, tulee mallinnus ja meluvaikutusten arviointi päivittää.

4.1 Meluvyöhyke- ja reseptoritulokset

Laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty liitteessä 1.

Meluvyöhykkeet ovat keskiäänitasoja tilanteessa, jossa tuulivoimalaitokset tuottavat suurimman mahdollisen melupäästön koko päivä- tai yöajan. Todellisuudessa tuulennopeus vaihtelee päivä- ja yöaikana ja todellinen päivä- tai yöajan äänitaso tuulivoimaloiden ympärillä vaihtelee sen mukaisesti. Myös tuulen suunta vaikuttaa melun leviämiseen ja mallinnus on tehty myötätuuliolosuhteen vallitessa kaikkiin ilmansuuntiin.

Taulukko 3. A-painotetut keskiäänitasot eniten melulle altistuvien kohteiden kohdalla (ulkomelutaso)

Reseptori	L_{Aeq} , dB
	Kangastuuli
R1	35,6
R2	22,7
R3	24,6
R4	33,2

Kaikki asuin- ja lomarakennukset jäävät 40 dB melualueen ulkopuolelle Kangastuulen tuulivoimaloiden osalta.

4.2 Yhteisvaikutukset

Kangastuulen mallinnuksen lisäksi tehtiin yhteismallinnus, jossa huomioitiin hankealueen läheisyydessä sijaitsevat muut hankkeet. Lähialueiden hankkeiden tiedot perustuvat 20.5.2016 mennessä saatuihin hanketietoihin sijoittelusta ja voimaloiden mittasuhteista. Kangastuulen hankkeen mallinnus perustuu 2.6.2016 päivättyyn suunnitelmaan.

- Karhukangas: HH 160 m / L_{wa} 108,5 dB
- Isoneva I: HH 114 / L_{wa} 104,5 dB
- Isoneva II: HH 144 m / L_{wa} 104,5 dB
- Hummastinvaara: HH 123 m / L_{wa} 107,5 dB
- Navettakangas: HH 137 m / L_{wa} 106,5 dB

Liitteessä 2 on esitetty Siikajoen tuulivoimahankkeiden yhteismallinnus, kun Kangastuulta ei ole huomioitu. Liitteen 3 mallinnuksessa huomioitiin myös Kangastuulen hankkeen voimalat. Vertailtaessa liitteiden 2 ja 3 melutilanteita, nähdään, ettei Kangastuulen hankkeella ole juurikaan vaikutusta ja jokaisen ympäristön asuin- ja lomarakennuksen osalta melutasot jäävät 40 dB ulkopuolelle myös yhteismelun osalta.

Taulukko 3. A-painotetut keskiäänitasot eniten melulle altistuvien kohteiden kohdalla (ulkomelutaso)

Reseptori	L_{Aeq} , dB
	Yhteismallinnus
R1	38,5
R2	40,1
R3	32,7
R4	39,5

Kaikki asuin- ja lomarakennukset ovat 40 dB alle, tai tasalla, yhteismallinnuksen tuulivoimaloiden osalta.

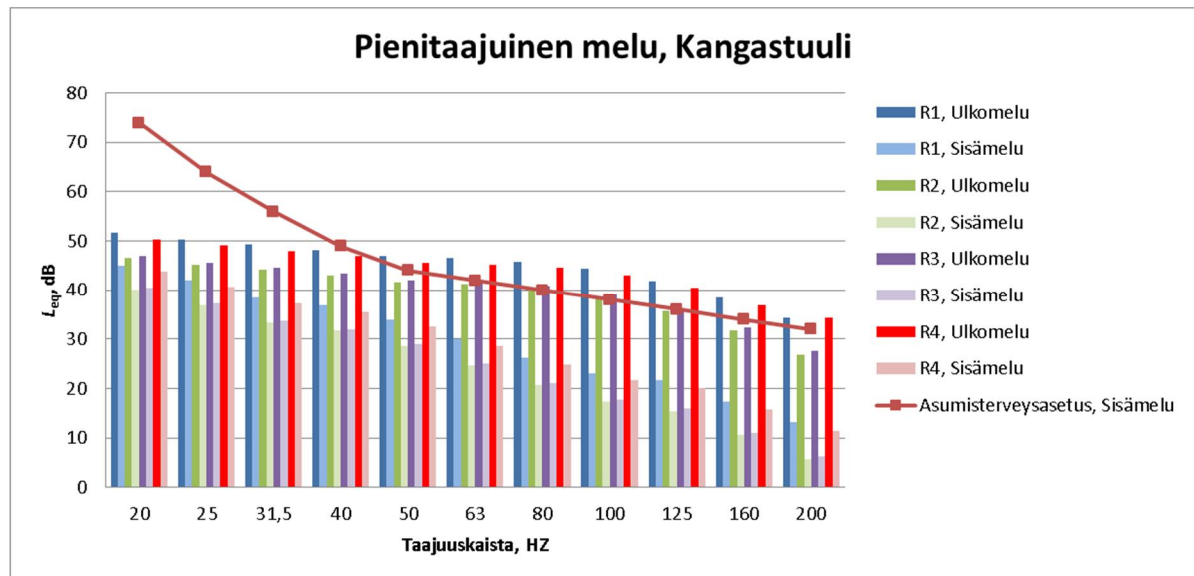
4.3 Pienitaajuinen melu

Kangastuuli

Verrattaessa Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisten melun yöajan toimenpiderajoihin, ovat reseptoripisteissä ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) enimmillään:

- R1 = 6 dB terssikaistoilla 80 Hz - 125 Hz
- R2 = 1 dB terssikaistalla 100 Hz
- R3 = 1 dB terssikaistalla 100 Hz
- R4 = 6 dB terssikaistoilla 80 Hz ja 100 Hz

Pienimmillä terssikaistoilla 20 Hz – 40 Hz ulkomelutasot ovat kaikissa reseptoripisteissä yöajan sisämelun toimenpiderajojen alle.



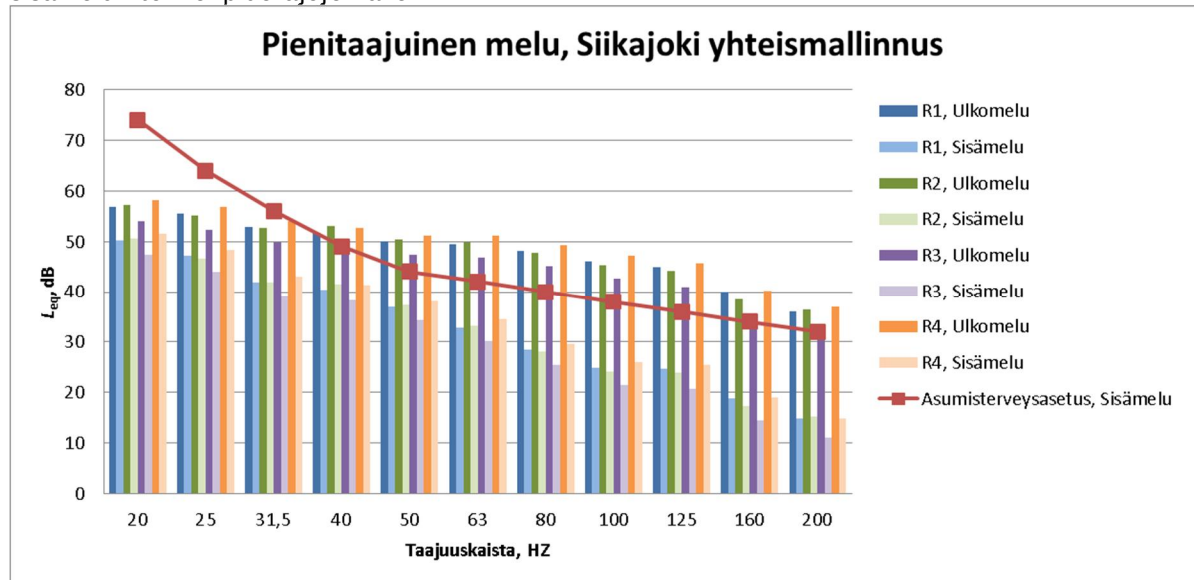
Kuva 2. Pienitaajuisten melun laskentatulokset (tummemmat värit kuvastavat ulkomelun tasoja ja vaaleammat sisämelun).

Yhteismallinnus

Ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) enimmillään:

- R1 = 9 dB terssikaistalla 125 Hz
- R2 = 8 dB terssikaistoilla 63 Hz, 80 Hz ja 125 Hz
- R3 = 5 dB terssikaistoilla 63 Hz - 125 Hz
- R4 = 10 dB terssikaistalla 125 Hz

Pienimmillä terssikaistoilla 20 Hz – 31,5 Hz ulkomelutasot ovat kaikissa reseptoripisteissä yöajan sisämelun toimenpiderajojen alle.



Kuva 3. Yhteismallinnuksen pienitaajuisen melun laskentatulokset (tummemmat värit kuvastavat ulkomelun tasoja ja vaaleammat sisämelun).

DSO 1284 -menetelmän mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL) kuvaavat tyypillisen tanskalaisen asuintalon ilmaääneneristävyyttä, jotka vastaavat kohtuullisen hyvin Suomessa käytettyjä rakenteita.

Kun huomioidaan ulkoseinän ääneneristävyys DSO 1284 -menetelmässä mainittujen arvojen mukaisesti, alittaa terssikohtaiset melutasot toimenpiderajat kaikissa. Tulosten perusteella voidaan myös todeta, että pienitaajuinen melu alittaa rajat myös kauempana tuulivoimaloita, koska laskennan periaatteiden mukaan pienitaajuinen melu vaimenee etäisyyden kasvaessa.

5. TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Häiritsevyyskorjaukset

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen. Asetus ei sisällä korjausta merkityksellisestä sykinnästä (amplitudimodulaatio), koska sen määrittämiseen ei ole standardisoitua menetelmää.

5.2 Tuulivoiman melutasot verrattuna melun ohjearvoihin

YM:n mallinnusohjeen (2/2014) mukaan ohjearvovertailussa ei huomioida epävarmuutta, kun laskenta tehdään ohjeessa mainituilla parametreilla ja käyttäen valmistajan takaamia melupäästöarvoja (declared value tai warranted level). Koska laitostalli on uusi, ei vielä ole riittävästi käytännön mittauksia todentamaan valmistajan ilmoittamia melupäästötietoja. Tästä syystä laitoksen suurimpaan ilmoitettuun melupäästöön L_{WA} 106 dB lisättiin 2 dB.

Ulkomelutaso alittaa kaikkien asuin- ja lomarakennusten kohdalla Valtioneuvoston asetuksen 1107/2015 ulkomelun päiväjän ohjearvon 45 dB ja yöajan ohjearvon 40 dB Kangastuulen hankkeen osalta.

Valtioneuvoston asetuksessa veloitetaan noudattamaan sisätilojen melun osalta Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annettuja sisätilojen melun toimenpiderajoja. Tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeen (4/2012) mukaisesti ulkomelun ohjearvoilla pyritään varmistamaan sisämelun osalta suunnitteluohjearvojen täyttyminen.

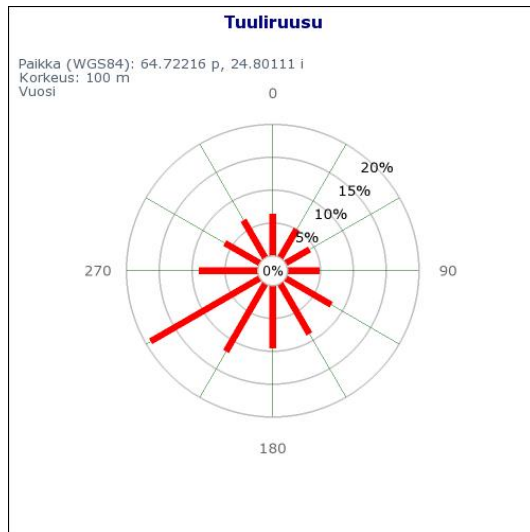
Käytännöllisesti katsoen kaikki tavanomaiset rakenteet täyttävät 20 dB:n eristävyysvaatimuksen (RIL 129-2009 Ääneneristykseen toteuttaminen). Tuulivoimamelun ollessa ohjearvojen puitteissa, tulee eristävyysvaatimukseksi 15 dB (= 1107/2015 ulkomelun yöajan ohjearvo $L_{Aeq\ 22-7}$ 40 dB – 545/2015 sisämelun toimenpideraja $L_{Aeq\ 1h}$ 25 dB). Tämän perusteella myös 545/2015 sisämelun rajat alittuvat ympäristön rakennusten kohdalla.

Sisätiloihin arvioidut (ulkoseinän ääneneristävyys DSO 1284 arvojen mukaisesti) pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätiloihin annetut 545/2015 mukaiset toimenpiderajat ympäristön rakennusten kohdalla.

5.3 Alueen yleiset tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun

Tuuliolosuhteet vaikuttavat merkittävästi tuulivoimalaitoksen meluntuottoon. Meluntuotto ei kasva lineaarisesti tuulennopeuden mukana ja äänitehotason voimistuminen pysähtyy tai alkaa laskea voimalan saavuttaessa tietyn tuulen nopeuden. Hiljaisilla tuulen nopeuksilla voimalaitoksen äänitehotaso saattaa olla merkittävästi maksimiarvoa pienempi.

Tuulennopeus vaihtelee päivä- ja yöaikana ja hetkittäinen äänitaso vaihtelee sen mukaisesti. Mallinnuksen tulokset vastaavat keskiäänitasoja tilanteessa, jossa tuulennopeus on koko päivä- tai yöajan on hyvin voimakasta. Todellinen päivä- ja yöajan keskiäänitaso laitosten ympärillä riippuu tarkastelujakson tuulisuudesta ja mallinnuksen mukaiset melutasot edustavatkin lähelle äänekäintä mahdollista tilannetta.



Kuva 4. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Mallinnuksessa oletetaan olevan myötätuuli tuulivoimaloista kaikkiin ilmansuuntiin. Koska alueen vallitseva tuulensuunta on lounaasta, toteutuu mallinnuksen mukainen melutaso useimmin hankkealueen koillispuolella. Vastaavasti lounaispuolella mallinnusten mukaisten melutasojen ajallinen esiintyvyys vuoden aikana on vähäisempää.

Lahdessa 22. päivänä marraskuuta 2016

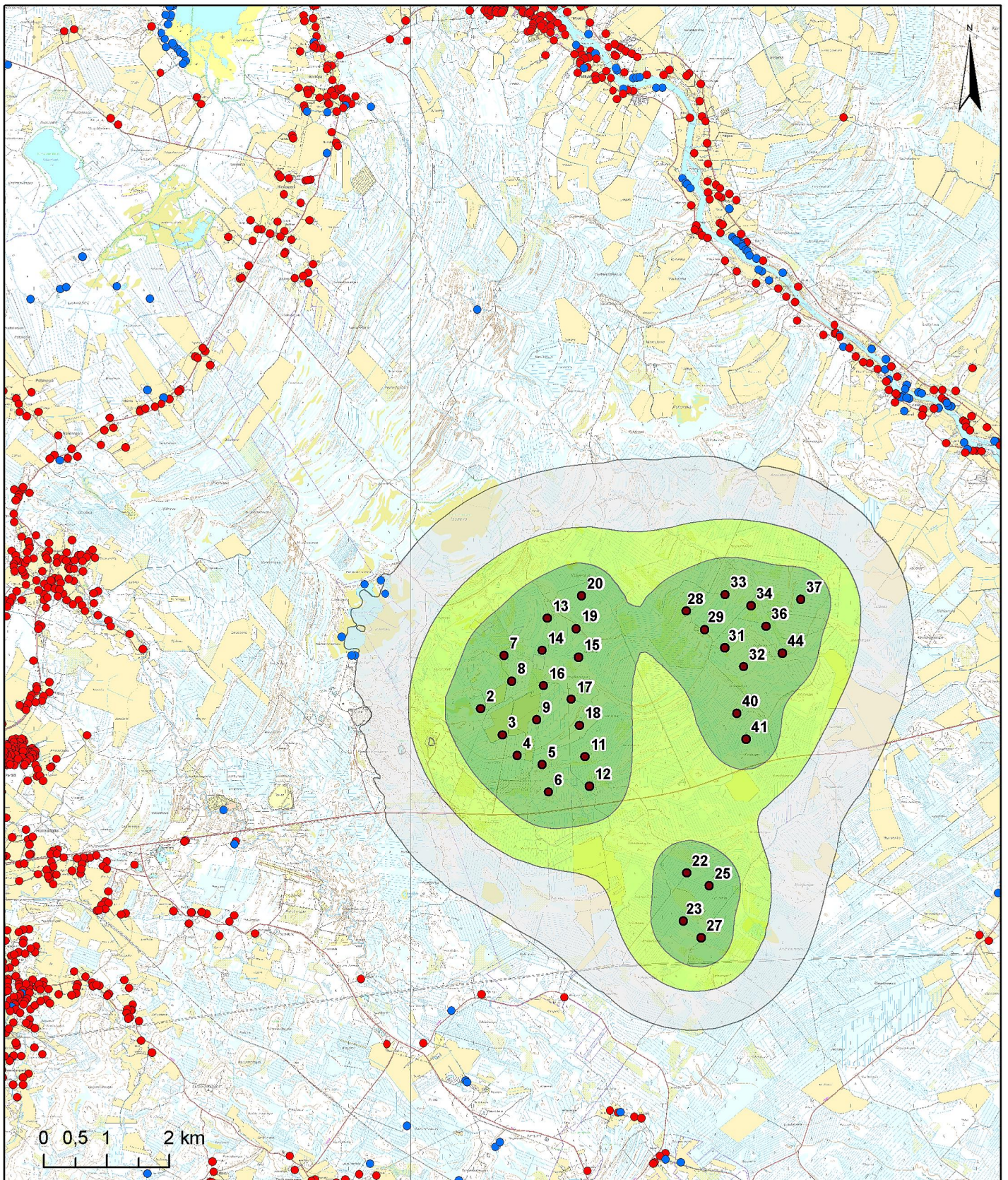
RAMBOLL FINLAND OY

Jo Rutah

Janne Ristolainen
Projektipäällikkö

Vincent

Ville Virtanen
Suunnittelija



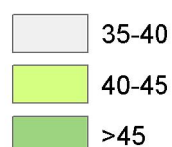
Element Power
Kangastuuli, Siikajoki

Melumallinnus

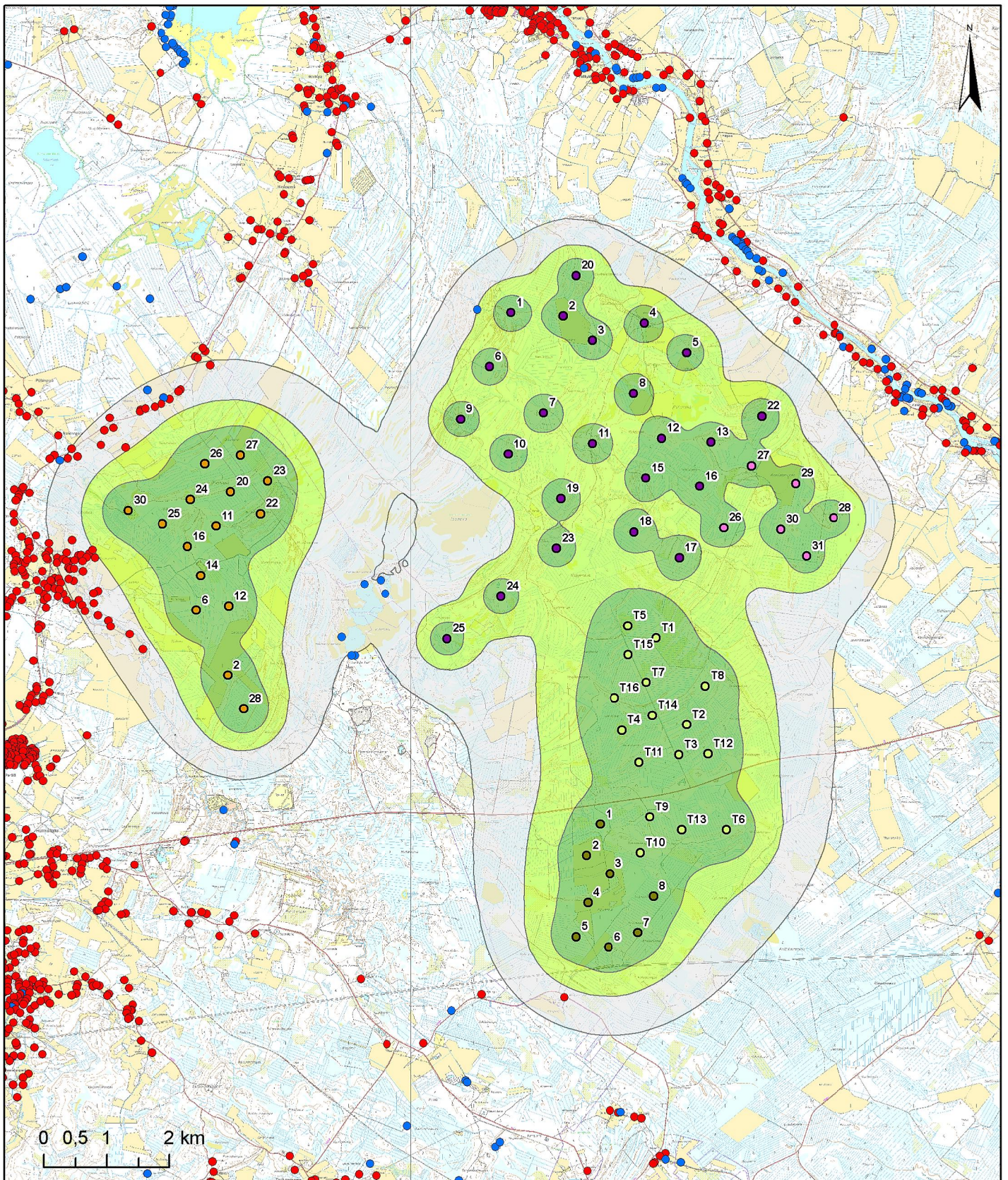
J.Ristolainen 16.8.2016

Laskentamalli ISO 9613-2
YM:n 2/2014 laskentaparametrit
Laskentakorkeus mp + 4 m

Äänitaso, dB(A)



- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Kangastuuli: 2.6.2016 / HH 160 m / Lwa 108 dB



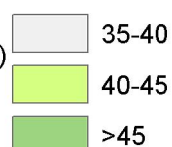
Element Power
Kangastuuli, Siikajoki

Melumallinnus
Yhteismelu (Ilman Kangastuulta)

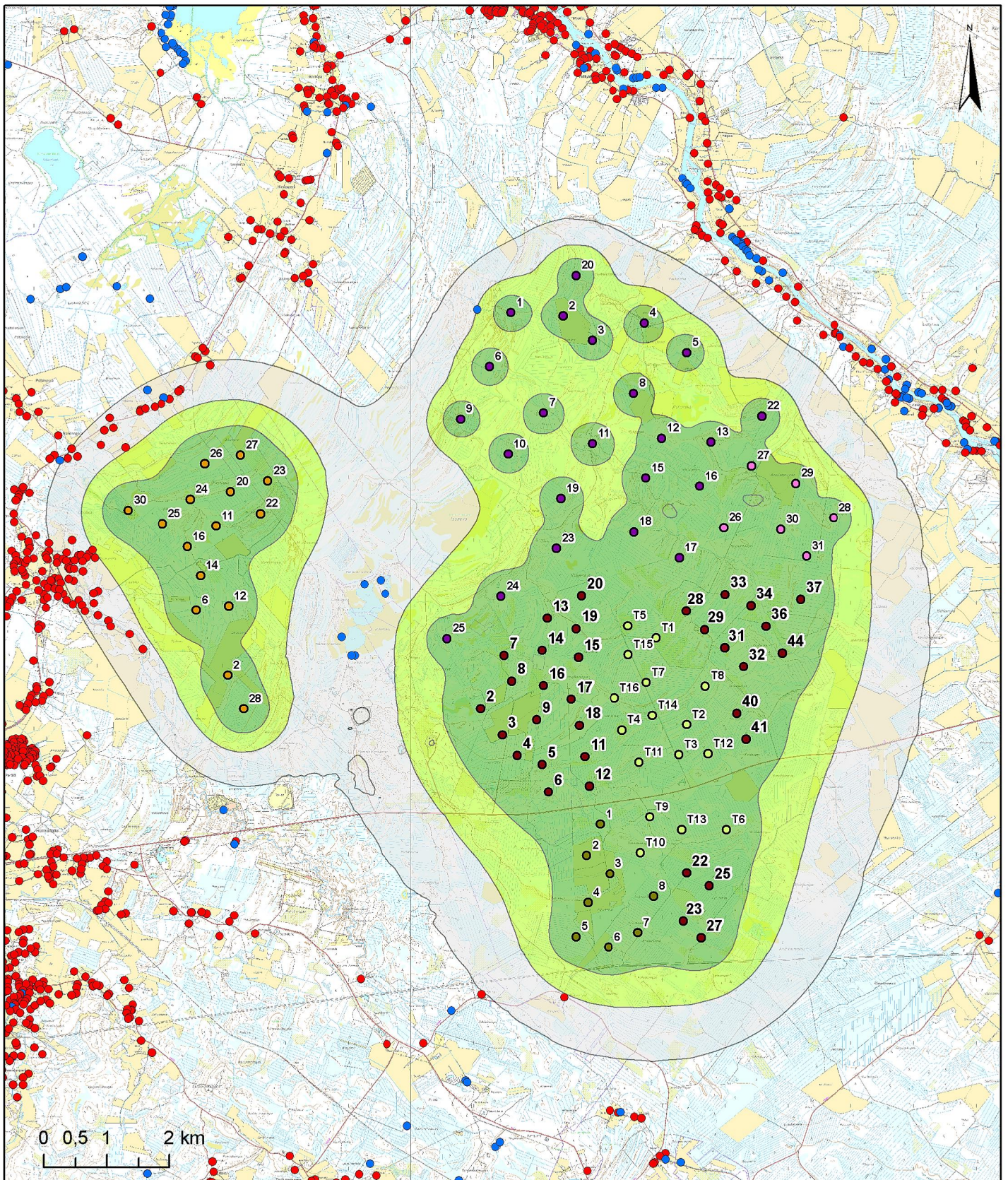
J.Ristolainen 16.8.2016

Laskentamalli ISO 9613-2
YM:n 2/2014 laskentaparametrit
Laskentakorkeus mp + 4 m

Äänitaso, dB(A)



- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Karhukangas: HH 160 m / Lwa 108,5 dB
- Isoneva I: HH 114 m / Lwa 104,5 dB
- Isoneva II: HH 144 m / Lwa 104,5 dB
- Hummastinvaara: HH 123 m / Lwa 107,5 dB
- Navettakangas: HH 137 m / Lwa 106,5 dB



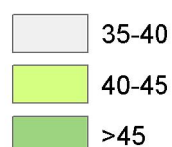
Element Power
Kangastuuli, Siikajoki

Melumallinnus
Yhteismelu

J.Ristolainen 16.8.2016

Laskentamalli ISO 9613-2
YM:n 2/2014 laskentaparametrit
Laskentakorkeus mp + 4 m

Äänitaso, dB(A)



- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Kangastuuli: 2.6.2016 / HH 160 m / Lwa 108 dB
- Karhukangas: HH 160 m / Lwa 108,5 dB
- Isoneva I: HH 114 m / Lwa 104,5 dB
- Isoneva II: HH 144 m / Lwa 104,5 dB
- Hummastinvaara: HH 123 m / Lwa 107,5 dB
- Navettakangas: HH 137 m / Lwa 106,5 dB

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 16.8.2016

Hankevastaava: Element Power/Kangastuuli Oy
Hankealue: Kangastuuli, Siikajoki

Mallinnusohjelman tiedot

Mallinnusohjelma ja versio: SoundPlan 7.3
Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2

Laskennan lähtötiedot

Laskentaverkko
Laskentakorkeus: 4 metriä
Laskentaruudukon koko: 20*20 metriä

Sääolosuhteet
Suhteellinen kosteus: 70 %
Lämpötila: 15 °C

Maastomalli
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos, Korkeusmalli 2m
Vaakaresoluutio: 2,0 m
Pystyresoluutio: 0,3 m

Hankealueen korkeuserot

Tuulivoimalan perustusten ja altistuvan kohteen korkeusero yli 60 m (3 km etäisyydellä voimaloista)

☐ Kyllä ☒ Ei

Jos kyllä, mitkä tuulivoimalat:

-

Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastukset, käytetyt kertoimet

Vesialueet 0 akustisesti kova pinta

Maa-alueet 0,4 akustisesti puolikova

Ilmakehän stabiilius laskennassa / meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

☒ Vapaa avaruus

☐ Muu

Tuulivoimaloiden perustiedot

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
GE	3.4-137	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
3,4 MW	160 m	140 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
☐ Kyllä	☐ Kyllä	
☐ Ei	☐ Ei	
☒ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu	

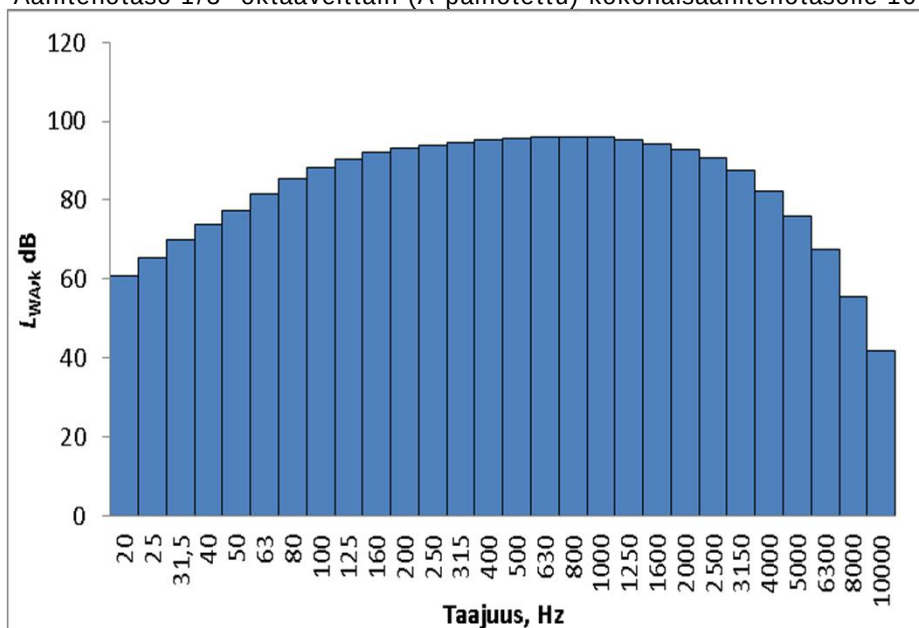
Akustiset tiedot

Melupäästötiedot

Suurin kokonaisäänitehotaso L_{WA} :

106 dB ☒ Takuu-/tunnusarvo

Äänitehotaso 1/3 -oktaaveittain (A-painotettu) kokonaisäänitehotasolle 106 dB:



Melun erityspiirteiden mittausta ja havainnot:

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)	Muu, mikä
☐ Kyllä ☒ Ei ☐ Ei ilmoitettu	☐ Kyllä ☐ Ei ☒ Ei ilmoitettu	☐ Kyllä ☐ Ei ☒ Ei ilmoitettu	

Pienitaajuisen melun laskenta

Lineaariset melutasot altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella

Pienitaajuisen melun laskentamenetelmä:

YM:n ohjeen 2/2014 mukainen (DSO 1284 sovellettuna)

Kangastuuli

	R1	R2	R3	R4
Hz	L_{Leq} , dB	L_{Leq} , dB	L_{Leq} , dB	L_{Leq} , dB
20	52	47	47	50
25	50	45	46	49
31,5	49	44	45	48
40	48	43	43	47
50	47	42	42	46
63	47	41	42	45
80	46	40	41	44
100	44	39	39	43
125	42	36	36	40
160	38	32	32	37
200	34	27	28	34

LIITE 5

Taulukossa esitetyissä tuulivoimalaitosten koordinaateissa Z-koordinaatti (N2000) kertoo maaston korkeuden metreissä merenpinnan yläpuolella tuulivoimalan suunnitellulla sijaintipaikalla.

Tuulivoimalaitosten koordinaatit, Kangastuulen tuulivoimahanke (ETRS-TM35FIN)

Tunnus	X	Y	Z
2	393108	7178317	36
3	393452	7177898	38
4	393690	7177573	40
5	394087	7177428	43
6	394188	7176991	47
7	393480	7179163	32
8	393604	7178756	34
9	394001	7178142	38
11	394764	7177552	42
12	394836	7177084	44
13	394164	7179750	33
14	394085	7179239	33
15	394661	7179133	35
16	394106	7178681	35
17	394548	7178464	39
18	394677	7178050	40
19	394624	7179591	35
20	394713	7180109	32
22	396384	7175700	54
23	396337	7174941	53
25	396749	7175498	53
27	396616	7174673	55
28	396376	7179867	36
29	396676	7179576	39
31	396988	7179286	40
32	397292	7178983	43
33	396999	7180129	37
34	397406	7179955	38
36	397647	7179625	39
37	398198	7180052	40
40	397184	7178243	45
41	397331	7177833	46
44	397901	7179199	41

Suure	Parametrin lukuarvo	Parametrin määritysperuste
Laskentaohje	Ympäristöministeriön ohje 2/2014	
Suurin ilmoitettu melupäästö	GE 3.4–137, LWA 106 dB, kun tuulennopeus on suurempi kuin 9 m/s 10 m korkeudella maanpinnasta, laskennassa melupäästöön lisättiin +2 dB.	IEC 61400-11 Ed.3
Äänen suuntaavuus	Ympärisäteilevä suuntaamaton pistelähde voimalaitoksen napakorkeudella tuulen suunnasta riippumatta	Äänen säteily vapaaseen avaruuteen, geometrinen vaimennus 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa
Ilmakehän absorption aiheuttama vaimennus	Lämpötila: 15 °C Ilmanpaine 1013,25 mbar Ilman suhteellinen kosteus: 70 %	ISO 9613-1
Maan- tai vedenpinnan absorption ja heijastuksen vaikutus	Vaikutuserroin on maa-alueella 0,4 ja vesialueella 0	ISO 9613-2 yleinen menetelmä (General method of calculation)
Maanpinnan muodon vaikutus	Tuulivoimalaitosten perustusten ja ympäristön melulle altistuvien kohteiden maanpinnan korkeuden välinen korkeusero on alle 60 metriä, joten voimalan melupäästön takuuarvoon ei lisätä 2 dB korjausta.	Mallinnus- ja mittaustulosten välinen ero.
Sääolosuhde	Neutraali–stabiili sääolosuhde, meteorologinen korjaus: 0	ISO 9613-2
Laskennan vaaka- ja pystyresoluutio	Vaakaresoluutio: 2 m Pystyresoluutio: 0,3 m	Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2m (tarkin käytettävissä oleva tieto)
Pientaajuisen äänen etenemisvaimennus	Geometrinen vaimennus 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa, maa- ja vesialuevaikutus DSO 1284 mukaan	DSO 1284
Laskentaverkko	Laskentapistet 50 x 50 metrin välein 4 m korkeudella maanpinnasta	