



MELUSELVITYS

Sarvikankaan Tuulivoimapuisto

1.10.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	3
2	TAUSTA.....	4
3	MELU.....	5
3.1	Yleistä	5
3.2	Melun muodostuminen	5
4	MELUN OHJEARVOT	7
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	7
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	7
5	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	9
5.1	Lähtötiedot.....	9
5.2	Menetelmät.....	10
6	ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET	13
6.1	Nykytilanne	13
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	13
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset.....	13
6.4	Yhteisvaikutusten mallinnus.....	15
6.5	Pienitaajuinen melu	16
6.6	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset	17
6.7	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	17
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA	18
8	LÄHTEET	19
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, SARVIKANGAS.....	20
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset	22
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, Sarvikangas	23

Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta, Sarvikangas ja Niinimäen yhteisvaikutukset.....	27
Liite 4: Sijoitussuunnitelmat.....	31

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Nina Nurmela & Alexander Ehrs 25.10.2023	Sonja Telkki 25.10.2023	Christian Granlund 25.10.2023	Sarvikankaan tuulivoimapuiston meluserivitys, naapuripuiston yhteisvaikutukset huomioiden.
Ver 2	Afonso Lugo, 1.10.2024	Christian Granlund, 1.10.2024	Christian Granlund, 1.10.2024	Meluserivitys päivitettyllä layoutilla.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Sarvikankaan tuulivoimapuiston kahdelle eri hankevaihtoehdolle osana ympäristövaikutusten arviointia. Selvityksessä on huomioitu viereinen Niinimäen tuulivoimapuisto, joka on rakenteilla.

Työmenetelmät:

Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.6 ohjelmiston DECIBEL-moduulia sekä ISO 9613-2 standardin mukaisia oletuksia ja lähtöarvoja. Mallinnus ja raportointi on tehty noudattaen ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita (Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014). Matalataajuisen melun mallintaminen on myös tehty noudattaen Ympäristöministeriön ohjeita. Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa. Tuloksia on vertailtu valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin (Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista 1107/2015).

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 -menetelmän mukaisesti, käyttäen R-ohjelmistoa laskentatyökaluna, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun ohjearvoihin. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Tulokset:

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja asunnoille ja vapaa-ajan asunnoille ei ylitetä. Myöskään STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä.

2 TAUSTA

Meluselvitys on tehty Sarvikankaan tuulivoimapuistolle Pieksämäen kaupungin alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 25 tuulivoimalasta. Mallinnus on tehty Siemens Gamesan SG-170 6.6 MW -voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja äänitehotaso 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Siemens Gamesan lokakuussa 2022 päivittämiä äänitietoja.

Mallinnuksessa on otettu huomioon myös viereinen rakenteilla oleva tuulivoimapuisto Niinimäki. Hankekohtaiset voimalatyypit on listattu taulukossa 4.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.6 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

Yhteisvaikutukset Niinimäen tuulipuiston kanssa on otettu huomioon erikseen luvussa 6.4.

3 MELU

3.1 YLEISTÄ

Ääni on aaltoliikettä, joka kulkee väliainetta, esimerkiksi ilmaa, pitkin äänilähteestä äänen havainnointipisteeseen. Äänelle on ominaista voimakkuuden, taajuuden ja jaksollisuuden vaihtelut. On syytä huomioida, että tässä yhteydessä paljon käytetty A-painotettu äänenvoimakkuuden arvo (dBA) on eri, kun absoluuttinen äänenvoimakkuus (dB). Absoluuttinen äänen voimakkuus sisältää kaikkien taajuuksien äänenvoimakkuuden summan, kun A-painotetussa arvossa painotetaan ihmiskorvalle herkkiä taajuuksia.

Ääni luokitellaan meluksi, jos ihminen kokee sen epämiellyttävänä tai häiritsevänä. Ihmiset kokevat meluvaikutukset, kuten muutkin vaikutukset, hyvin eri tavoin. Sama ääni voidaan kokea paikasta ja henkilöstä riippuen eri tilanteissa epämiellyttäväksi meluksi, neutraaliksi ääneksi tai nautinnolliseksi ääneksi. Äänen kokemiseen vaikuttaa myös sen voimakkuus, jaksollisuus sekä taajuus.

Oleellinen vaikutus äänilähteen, kuten tuulivoimalan, meluun on taustamelulla. Taustamelu voi mm. peittää äänilähteelle tyypillisiä ominaisuuksia, kuten äänen jaksollisuutta. Yleisimpiä taustamelun aiheuttajia ovat tuulen aiheuttama suhina sekä liikenteen kohina. Tuulen nopeuden kasvaessa riittävästi, peittää sen tuottama taustamelu tuulivoimalan melun alleen.

Voimakas tai häiritsevä melu voi aiheuttaa terveyshaittoja ja vaikuttaa luonnonympäristön toimintaan. Mitä lähemmäs tuulivoimaloita mennään, sitä häiritsevämpänä melu saatetaan kokea. Siksi on tärkeää tarkastella aluetta maankäytöllisestä näkökulmasta.

3.2 MELUN MUODOSTUMINEN

Tuulivoimaloiden synnyttämä ääni muodostuu lapojen liikkeestä, sekä koneiston aiheuttamasta mekaanisesta äänestä, joista ensimmäinen on yleensä vaikutusten kannalta merkittävämpi. Äänen ominaisuudet vaihtelevat vallitsevien olosuhteiden sekä suunniteltavien voimaloiden teknisten ominaisuuksien mukaisesti. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

Lapojen aiheuttama aerodynaaminen melu johtuu pyörimisestä aiheutuvasta jatkuvasta huminasta sekä jaksollisesta huminasta. Kovalla tuulella äänet ovat voimakkaimmillaan etenkin, kun tuuli

puhaltaa voimalan suunnasta. Lämpötila ja ilmankosteus vaikuttavat melun voimakkuuteen. Oleellimmat tekijät äänen voimakkuuden kannalta ovat kuitenkin etäisyys tuulivoimalasta ja lähistöllä olevien voimaloiden lukumäärä. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

Äänelle on ominaista sen vaimeneminen paikallisten olosuhteiden mukaisesti. Äänenvoimakkuus vaimenee äänilähteestä kauemmas mentäessä, sillä sen sisältämä energia vähenee. Etenemiseen vaikuttavat myös ilman ominaisuudet, kuten lämpötila sekä suhteellinen kosteus. Maaston muodoilla, kasvillisuudella ja tuulensuunnalla on oleellinen merkitys äänen vaimenemisessa. Selvittämällä vaimenemiseen vaikuttavat tekijät, pystytään äänen kulkua arvioimaan teoreettisesti.

Tuulivoimaloiden rakentamisen aikana melu johtuu mm. teiden, tuulivoimaloiden, sähköverkon sekä muun infrastruktuurin rakentamisesta sekä alueen liikenteestä. Nämä vaikutukset ovat vain lyhytaikaisia ja tilapäisiä.

Seuraavassa taulukossa on vertailuarvoja äänenvoimakkuusarvojen suhteesta.

Taulukko 1. Vertailutaulukko absoluuttisista äänenvoimakkuuksista

Äänenvoimakkuus	Esimerkki	Kommentti
130 dB	Kipukynnys	
100-120 dB	Rock-konsertti	
90 dB	Rekan ohiajo	
80 dB	Vilkasliikenteinen katu	
70 dB	Ajoneuvon sisämelu	
60 dB	Toimisto, jossa ilmastointi	Tyypillinen äänitaso suoraan tuulivoimalan alla
50 dB	Vaimea keskustelu	
40 dB	Taustamelu kotona	
30 dB	Kuiskaus (1m)	

4 MELUN OHJEARVOT

4.1 VALTIONEUVOSTON ASETUS TUULIVOIMALOIDEN ULKOMELUTASON OHJEARVOISTA

Asetuksessa säädetään toimivien tuulivoimaloiden aiheuttaman laskennallisen tai mitatun melutason ohjearvot. Melulle altistuvalla alueella melutaso ei saa ulkona ylittää seuraavassa taulukossa lueteltuja A-taajuuspainotetun keskiäänitason ohjearvoja. Asetus on tullut voimaan 1.9.2015.

Taulukko 2. Ohjearvot valtioneuvoston asetuksessa

	Ulkomelutaso L_{Aeq} päivällä 7-22	Ulkomelutaso L_{Aeq} yöllä 7-22
Pysyvä asutus	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

4.2 ASUMISTERVEYSASETUKSEN TOIMENPIDERAJAT

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vuodelta 2015 sisältää toimenpideraja-arvot yöaikaiselle matalataajuiselle sisämelulle. Raja-arvot on esitetty alla olevassa taulukossa, joka on annettu yhden tunnin matalataajuisen melun tasolle (raja-arvot eivät ole A-painotettuja).

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yöaikaiselle pienitaajuiselle sisämelulle

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

Asuinhuoneistojen oleskeluun ja lepoon käytettävien huoneiden toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan (klo 07–22) keskiäänitasolle L_{Aeq} 35 dB ja yöajan (klo 22–07) keskiäänitasolle L_{Aeq} 30 dB. Taustamelusta selvästi erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa esimerkiksi unihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22–07) 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 $L_{eq, 1h}$.

Sisämelun kokonaisäänitason mallintamiseksi ei ole annettu ohjeita eikä alalla ole yleisesti käytössä olevaa laskentamenetelmää. Asetuksen mukaisilla ulkomelun ohjearvoilla (40 dB(A)) pyritään kuitenkin varmistamaan myös sisämelun toimenpiderajojen alittuminen. Alalla sovelletun DSO 1284 -laskentamenetelmän mukaan rakennusten äänieristys taajuuksilla 80–200 Hz on noin 20 dB. Äänieristys vaimentaa korkeampia taajuuksia tyypillisesti tehokkaammin, jolloin taajuuksilla 200–500 Hz äänieristyksen voidaan odottaa olevan enemmän kuin 20 dB. Tuulivoimamelu 1–3 kilometrin etäisyydellä äänilähteestä koostuu lähinnä 200–500 Hz:n taajuuksista. Näin ollen on hyvin todennäköistä, että tuulivoimamelun ollessa ulkona 40 dB(A), rakennuksen sisämelu on noin 20 dB(A) tai alle.

Lisäksi ympäristöministeriön ohjeessa uudisrakennusten ääniympäristöstä (Ympäristöministeriö, 2018) on mainittu, että asuinhuoneen ulkovaipan äänieristys tulee olla aina vähintään 30 dB. Tämä tarkoittaa, että jos melutaso ulkona on 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy selvästi toimenpiderajan alapuolella.

5 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

5.1 LÄHTÖTIEDOT

Tuulivoimaloiden aiheuttamat meluvaikutukset on mallinnettu soveltaen ISO 9613-2 standardia. Lähtötietoina on käytetty alla olevissa taulukoissa olevia arvoja.

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia melupäästön takuuarvoja. Äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain. Siemens-Gamesan käyttämät melupäästöarvot eivät ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14-standardiin, ja epävarmuutta ei ole erikseen ilmoitettu. Tästä johtuen lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2,0 dB:n epävarmuusmarginaali ympäristöministeriön ohjeen mukaan (Ympäristöministeriö, 2016). Lisätyllä marginaalilla varmistetaan, että mallinnustulokset ovat riittävän konservatiiviset suhteessa ympäristöministeriön ohjeisiin.

Mallinnuksessa käytetyt voimalatyyppit on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Sarvikangas	SG-170 6.6 MW	200	106.0 +2 dB(A)	Käytössä
Niinimäki	SG-170 6.6 MW	165	106.0 +2 dB(A)	Käytössä

Mallinnuksessa on käytetty Sarvikankaan tuulivoimaloina Siemens-Gamesan SG170-6.6 voimalamallia, jonka roottorihalkaisija on 170 metriä. Kyseinen voimalamalli valittiin, koska se äänitehotasoinen vastaa markkinoilla olevaa parasta mahdollista teknologiaa. Napakorkeus on valittu niin, että se vastaa hankevaihtoehtojen oikeaa napakorkeutta (200 metriä).

Niinimäen tuulipuisto on mallinnettu käyttäen samaa voimalamallia, 165 metrin napakorkeudella.

Noin kymmenen kilometrin etäisyydellä Sarvikankaalta etelään sijaitsee Lamustemäen tuulivoimahanke (5 voimalaa). Lamustenmäen hanke on varhaisessa kehitysvaiheessa ja sen vaikutusta Sarvikankaan alueen melutasoihin ei ole erikseen huomioitu mallinnuksen tuloksissa. Tuulivoimaloiden aiheuttama melu laskee merkittävästi etäisyyden kasvaessa melun

lähtöpisteiden välillä. Lamustenmäen hankkeen meluvaikutus Sarvikankaan alueella arvioidaan hyvin vähäiseksi puistojen välisen suuren etäisyyden vuoksi.

Taulukko 5. Melumallinnuksessa käytettyjä arvoja (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014)

Lähtötiedot	
Maaston vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,4
Vesistöjen vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,0
Tarkastelupisteen korkeus (metriä maanpinnan yläpuolella)	4 m
Ilman lämpötila	15 °C
Ilman suhteellinen kosteus	70 %

Alueen korkeustietona on käytetty Maanmittauslaitoksen kymmenen metrin korkeusmallia ja alueen maanpeitteisyys on Suomen ympäristökeskuksen OIVA-tietokannasta. Maaston vaimentava vaikutus on huomioitu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisella kertoimella 0,4. Rakennustiedot perustuvat Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan.

Laskennassa on otettu lähtökohdaksi voimalan tuottama äänenvoimakkuus ja tämän pohjalta on mallinnettu äänen vaimeneminen (geometrisen vaimeneminen sekä ilmakehän vaimentava vaikutus) koko tuulivoimapuiston alueella. Mallinnuksessa on oletettu, että kaikki asunnot ovat tuulen alapuolella kaikkiin voimaloihin nähden ja tuulennopeus 10 metrin korkeudella maan pinnasta on 8 m/s. Useiden voimaloiden yhteismeluvaikutukset on otettu huomioon. Alueelta valittiin 19 havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

5.2 MENETELMÄT

Melumallinnus on suoritettu WindPRO ohjelmiston DECIBEL-moduulia käyttäen. WindPRO on tanskalaisen EMD International A/S:n kehittämä tuulivoiman mallinnusohjelmisto. Ohjelmistolla mallinnetaan ja visualisoidaan äänen eteneminen ja vaimeneminen, mutta sitä käytetään myös muiden vaikutusten mallintamiseen sekä tuuliresurssien laskemiseen.

Mallinnusta tehtäessä ohjelmistoon syötetään ympäristöministeriön (2/2014) ohjeistamat parametrit sekä ISO 9613-2 standardin mukaiset lähtötiedot. Mallinnuksessa lasketaan melun leviäminen vaikutusalueella sekä hankkeesta aiheutuvat melutasot tarkastelluissa pisteissä.

Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti melupäästöarvoon lisätään 2 dB, jos asunnon ja voimalan perustusten välinen korkeusero ylittää 60 metriä. Korjaus tehdään, kun etäisyys voimalan ja asunnon välillä on enintään kolme kilometriä. Tässä melumallinuksessa korkeuserot eivät ylity valituissa havainnointipisteissä eikä korjausta ole tehty.

Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista, lisätään laskenta- tai mittaustuloksiin 5 dB ennen asetuksen ohjearvoon vertaamista. Tässä mallinuksessa laskentatuloksiin ei ole tarvetta lisätä sanktiota, koska lähtötiedoissa ei äänen erityispiirteitä havaittu.

Ympäristöministeriön ohjeessa (2/2014) mainitaan äänivaikutuksiin liittyvä ilmö, Amplitudimodulaatio (EAM, excessive amplitude modulation). Esiintyessään ilmiö aiheuttaa sen, että äänenvoimakkuuden merkittävät jaksottaiset vaihtelut lisäävät melun häiritsevyyttä. Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyyppistä riippuva ilmiö. Ilmiötä ei pysty mallintamaan etukäteen, vaan se pystytään varmistamaan ainoastaan käytönaikaisilla melumittauksilla. Amplitudimodulaatiota ei mainita valtioneuvoston asetuksessa tuulivoimaloiden ulkomelutasoa koskien, eikä ilmiön todentamiseksi ole olemassa vakioitua menetelmää. Aiheesta on tehty kansainvälisiä tutkimuksia (esim. Bertagnolio, 2014), joiden mukaan havaittu amplitudimodulaatio on mahdollista hallita teknisesti.

Pienitaajuinen melulaskenta on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti, asuntojen ja vapaa-ajan asuntojen ulkopuolelta käyttäen annettua laskentakaavaa.

$$L_p = L_w - 20dB \cdot \log_{10}(d_1/1m) - 11dB + A_{gr} - A_{atm} \cdot d_2$$

missä

L_p on äänen 1/3-oktaavitaso altistuvassa kohteessa [dB]

L_w on tuulivoimalan 1/3-oktaavikaistan äänitehotaso [dB]

d_1 on tuulivoimalan navan etäisyys altistuvasta kohteesta [m]

A_{gr} on heijastavan pinnan tuottama korjaus [dB]

A_{atm} on ilmakehän tuottama vaimennus lämpötilassa 15 C° ja 70 % suhteellisessa kosteudessa [dB/km]

d_2 on tuulivoimalan navan etäisyys altistuvasta kohteesta [km]

(Ympäristöministeriö 2014).

Sisätilojen melutasot on laskettu niin ikään ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun toimenpiderajoihin. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia. Äänieristys, $DL\sigma$, on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Äänieristyskertoimet.

f/ Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
$DL\sigma$ (DSO 1284)	6.6	8.4	10.8	11.4	13	16.6	19.7	21.2	20.2	21.2	21.2
$DL\sigma$ (Anojanssi-projekti)	7.6	8.3	9.2	10.3	11.5	13	14.8	16.8	18.8	21.1	22.8

6 ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET

6.1 NYKYTILANNE

Sarvikankaan tuulivoimapuiston alueen viereen länsipuolelle on rakenteilla toinen tuulivoimapuisto, Niinimäki. Niinimäen valmistuessa tulee alueella olemaan jo entuudestaan tuulivoimatuotannolle tyypillistä äänimaisemaa. Muutoin suurin osa Sarvikankaan alueesta on metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä. Osittain alueelle sijoittuu myös järviä sekä asuin- ja virkistysalueille vieviä teitä.

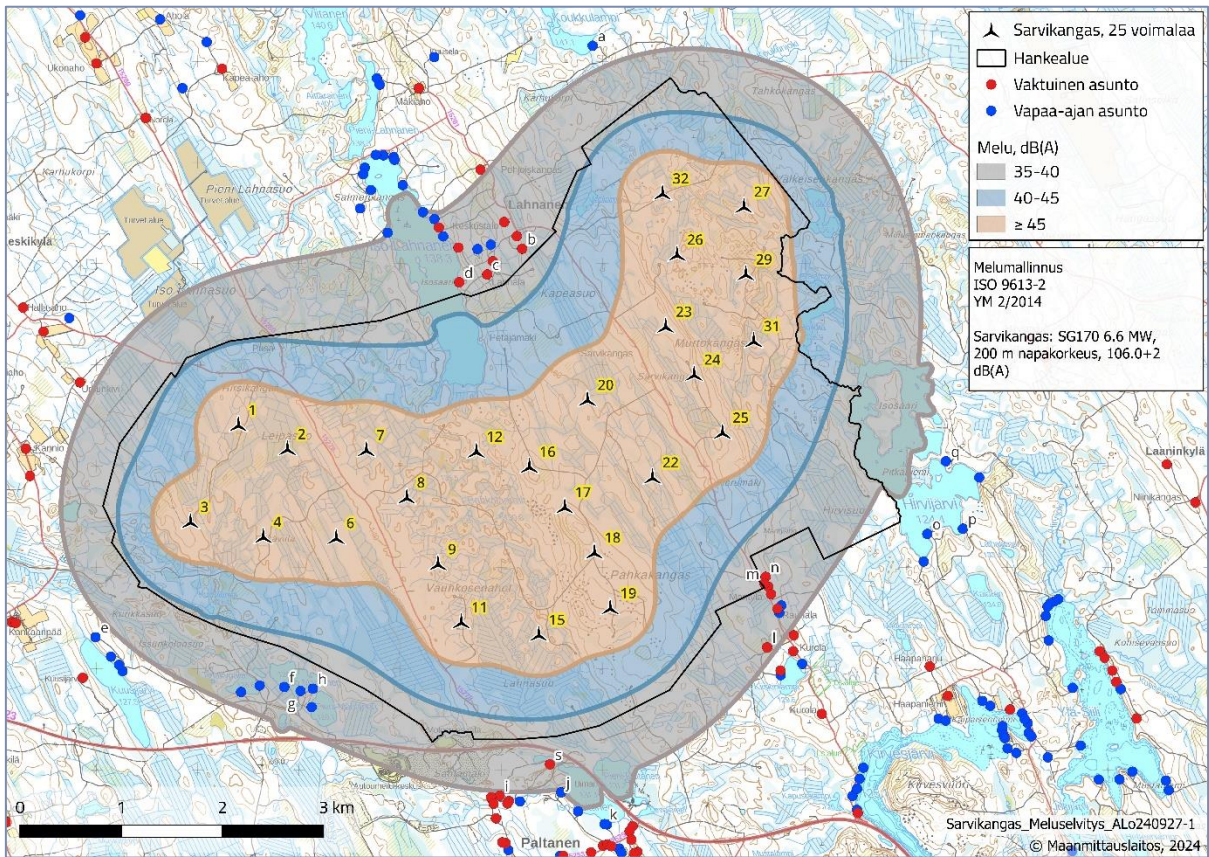
Sarvikankaan hankealueen lounaispuolella sijaitsee Paltasen autourheilukeskus. Yhteisvaikutukset äänitasoihin Paltasen autourheilukeskuksen kanssa ei ole erikseen huomioitu mallinnuksessa. Aourheilukeskuksen käytön luonteen perusteella voidaan kuitenkin olettaa, että äänimaisema Paltasen autourheilukeskuksen ympäristössä on jo ajoittain kohonnut.

6.2 RAKENTAMISEN AIKAiset VAIKUTUKSET

Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana melua aiheutuu mm. maansiirtokoneista, nostureista, ajoneuvoliikenteestä sekä rakentamisesta. Rakennustyömaan melu on hyvin impulssimaista ja paikallista ja ajoittuu pääasiallisesti päiväaikaan. Tämän vuoksi meluvaikutukset eivät kasva merkittäviksi. Tiestön ja perustusten rakentaminen tuottaa eniten melua ja lisääntyvä liikenne saattaa nostaa valtatie melutasoa hieman. Rakentaminen kestää vain lyhyen ajan suhteessa tuulivoimaloiden elinkaareen, joten meluvaikutuksetkin voidaan katsoa lyhytkestoisiksi.

6.3 TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET

Melumallinnuksessa käytettiin SG-170 6.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 25 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 4.



Kuva 1. Sarvikankaan tuulivoimapuiston melumallinnus. 19 havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla (a-s).

Melumallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 19 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 39 dB(A) eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon, korkein äänitaso ollen 38,3 dB(A) vakituinen asunnon "b" kohdalla.

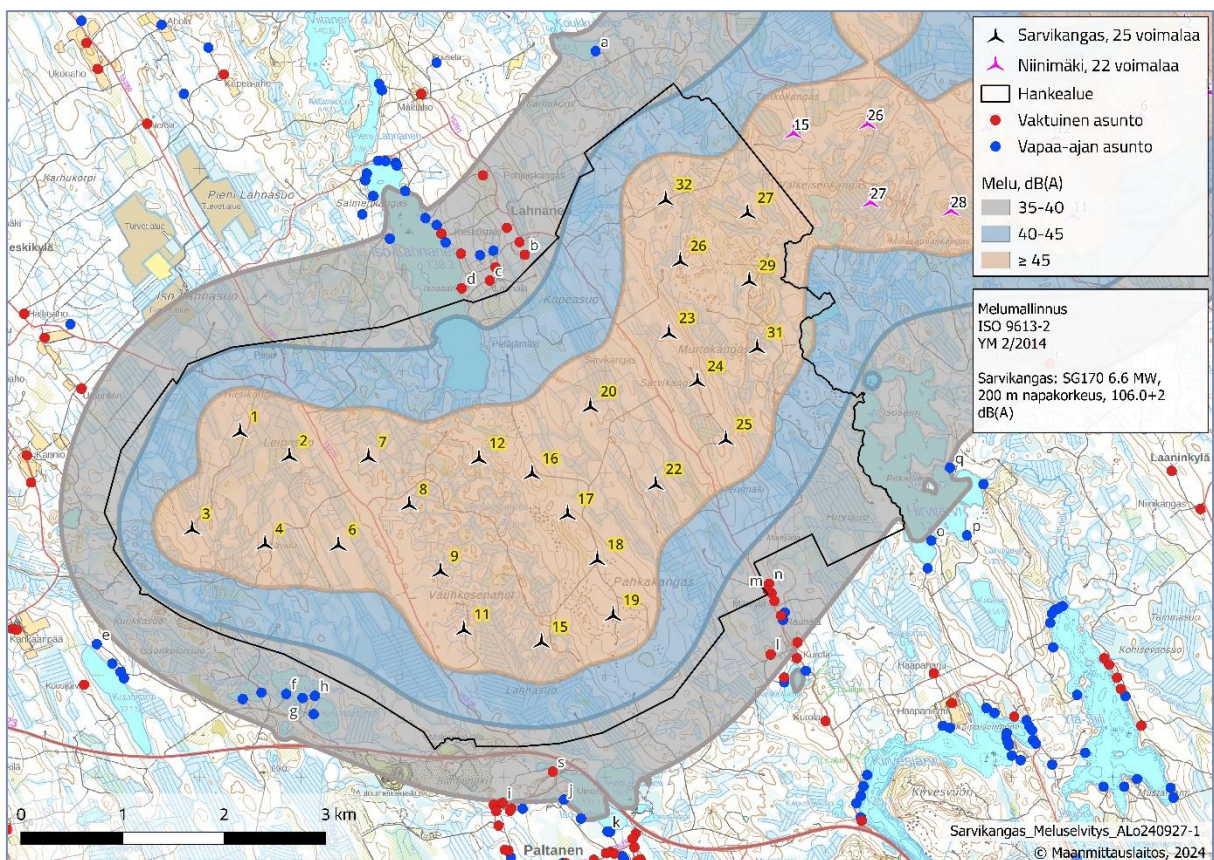
Tuulivoimapuiston alueella, voimaloiden välittömässä läheisyydessä, äänitaso on yli 45 dB(A), joten melulla saattaa olla vaikutuksia esimerkiksi alueen virkistyskäyttöön.

6.4 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

Kuvassa 4 esitetään melun yhteisvaikutukset alueelle, kun Niinimäen tuulivoimapuiston tuulivoimalat on myös huomioitu mallinnuksessa. Melumallinnuksessa Sarvikankaan hankkeessa käytettiin SG-170 6.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 25 voimalan sijoitussuunnitelmaa.

Niinimäen tuulivoimapuisto koostuu julkisten rakennuslupatietojen mukaan 22 voimalasta. Mallinnuksessa käytettiin SG-170 6.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja, koska julkisesti saatavilla olevien tietojen mukaan tämä on puistoon valittu rakennettava voimalatyyppi. (Siemens Gamesa, 2022). Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,0 + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 165 m.

Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 4.



Kuva 2. Sarvikankaan tuulivoimapuiston ja naapuripuisto Niinimäen yhteisvaikutusten melumallinnus. 19 havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla (a-s).

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu kahdeksan havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 39 dB(A) eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon, korkein äänitaso ollen 38,6 dB(A) vakituinen asunnon "b" kohdalla.

6.5 PIENITAAJUINEN MELU

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti. Niinimäen tuulivoimapuisto otettiin erillisissä laskennoissa huomioon molemmille Sarvikankaan hankevaihtoehdoille.

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla sisätilojen toimenpiderajat alittuvat. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteistä 2 ja 3.

Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, käyttäen R-ohjelmistoa laskentatyökaluna, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun ohjearvoihin. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Laskennassa on käytetty laskentastandardissa todettuja äänieristysominaisuuksia, joten todellinen pienitaajuinen melu voi poiketa lasketusta arvosta (laskentamenetelmässä käytetään ainoastaan talojen keskimääräistä äänieristystä). Lasketut arvot eivät kuitenkaan ole lähellä asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvoja, joten arvion mukaan marginaalit ovat riittävät, eivätkä raja-arvot ylity.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että tuulivoimapuiston pienitaajuisen melun vaikutukset ovat vähäiset.

6.6 KÄYTÖN LOPETTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

Käytön lopettamisen aikaiset meluvaikutukset ovat samankaltaiset rakennusvaiheen vaikutusten kanssa. Ajallisesti meluvaikutukset ovat tuolloin lyhytkestoiset ja ne johtuvat työmaakoneiden äänistä ja liikenteestä. Käytön lopettamisen jälkeen alueen äänimaisema palaa samaan tilaan, kuin ennen tuulivoimapuiston rakentamista.

6.7 VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Mallinnuksessa on käytetty ympäristöministeriön ohjeistuksen ja siellä mainittujen standardien mukaisia menetelmiä ja tulokset on raportoitu ohjeistuksen mukaisesti. Mallinnusmenetelmiin sisältyy aina pieni epävarmuus, jota on pienennetty mm. asiantuntijoiden yhteisesti päättämällä mallinnuksen lähtötiedoilla, jotka ympäristöministeriö on julkaissut.

7 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

Rakennusaikana meluhaittoja voidaan vähentää käyttämällä vähemmän melua aiheuttavia työkoneita ja ajoittamalla työt vähemmän häiritsevään aikaan vuorokaudesta.

Tuulivoimaloiden meluvaikutuksia voidaan säädellä vaikuttamalla äänilähteiden toimintaan. Konehuoneesta lähtevää ääntä voidaan vaimentaa lisäämällä konehuoneeseen eristeitä tai korjaamalla/muuttamalla tekniikkaa. Merkittävämpi vaimennus saadaan aikaan kuitenkin roottorin toimintaan vaikuttamalla.

Yksinkertaisesti voimalan ääntä saadaan vaimennettua hidastamalla roottorin pyörimistä tai säätämällä lapojen pyörimiskulmaa, mutta molemmilla tavoilla myös voimalan tuotanto pienenee. Säätämällä lähellä toisiaan pyörivien voimaloiden toimintaa, voidaan melua pienentää esimerkiksi muuttamalla lapojen kohtauskulmaa. Myös voimaloiden toimintaa voidaan tarvittaessa rajoittaa siten, että ohjearvot eivät ylitä herkällä alueella, joskaan tälle ei meluselvityksen tulosten mukaan ole tarvetta.

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja sekä STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Mikäli ohjearvoja kuitenkin ylitetään, voidaan tätä ehkäistä muuttamalla tuulivoimaloiden ajotapaa tai jopa pysäyttämällä haittaa aiheuttavat voimalat.

8 LÄHTEET

Bertagnolio, F. et.al. (2014). *Cyclic pitch for the control of wind turbine noise amplitude modulation*. Viitattu 14.1.2014. Saatavilla:

http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p551.pdf.

Etha Wind (2022). *01_Noise_Checklist_ArM220707-1*. Internal work description.

Hongisto V., Radun J., Rajala V., et al. (2020). *Anojanssi - Projektin Tulokset: Ympäristömelun Häiritsevyys*. Turun ammattikorkeakoulu.

Saatavilla: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522167606.pdf>

Maanmittauslaitos (2023). *Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaistoin CC 4.0 -lisenssi*.

Saatavilla: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu>

Siemens Gamesa Renewable Energy S.A. (2022). *Acoustic Emission for SG 6.6-170, Rev. 0*. Document no. SG-F18.16-TR-00891_R00.

Siemens Gamesa Renewable Energy S.A. (2022). Siemens Gamesa selected by OX2 for 145-MW project in Finland. Webpage, available at:

<https://www.siemensgamesa.com/newsroom/2022/12/121522-siemens-gamesa-press-release-onshore-ox2-niinimaki-finland>

Sosiaali- ja Terveysministeriö (2015). *Asumisterveysasetus*. Helsinki. Saatavilla:

<http://www.stm.fi/tiedotteet/tiedote/-/view/1907834>

Valtioneuvosto (2015). *Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista*.

Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>

Ympäristöministeriö (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen*. Helsinki. Saatavilla:

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Ympäristöministeriö, (2016). Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. PDF-asiakirja.

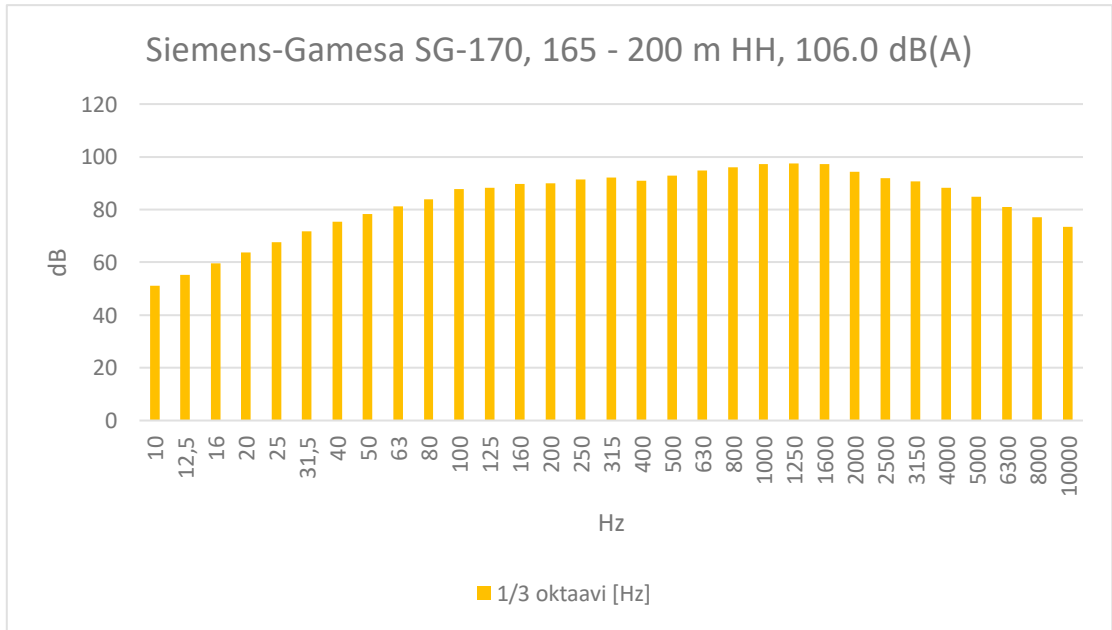
Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*. Päivitys 2016. Saatavilla:

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057>

Ympäristöministeriö (2018). *Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä*. Saatavilla:

<https://www.ym.fi/download/noname/%7B2852D34E-DA43-4DCA-9CEE-47DBB9EFCB08%7D/138568>

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, SARVIKANGAS

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT			
Mallinnusraportti numero/tunniste: ALo240927-1		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 1.10.2024	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440			
Vastuhenkilöt: Afonso Lugo			
Laatija: Afonso Lugo		Tarkastaja/hyväksyjä: Christian Granlund	
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.6		Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
TUULIVOIMALAN TIEDOT			
Tuulivoimalan valmistaja: Siemens Gamesa		Tyyppi: SG-170 6.6	Sarjanumero/t:
Nimellisteho: 6.6 MW	Napakorkeus: 200 m	Roottorin halkaisija: 170 m	Tornin tyyppi: Putkitorni
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun			
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus	
Kyllä	dB	Kyllä	dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa
Muu, mikä			
dB			
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Melupäästötiedot Siemens-Gamesa SG-170 6.6 MW, 165 - 200 m napakorkeus, 106,0 dB(A).			
Mallinuksissa lisätty +2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ei ole lisätty alla olevassa kaaviossa.			
 <p>Siemens-Gamesa SG-170, 165 - 200 m HH, 106.0 dB(A)</p> <p>Legend: ■ 1/3 oktaavi [Hz]</p>			

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitu- dimodulaatio)		Muu, Mikä:		
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT								
Laskentakorkeus						Laskentaruudun koko [m·m]		
4 m		Muu, mikä ja miksi:				20 m * 20 m		
Suhteellinen kosteus				Lämpötila				
70 %		Muu, mikä ja miksi:		15 C°		Muu, mikä ja miksi:		
Maastomallin lähde ja tarkkuus								
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos				Vaakaresoluutio: 2 m		Pystyresoluutio: 0,3 m		
Maan- ja vedenpinnan absorption ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet								
ISO 9613-2								
Vesialueet, (0) / (G)				0				
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)				0,4				
Maa-alueet, (0) / (G)								
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus								
Neutraali, (0): kyllä				Muu, mikä ja miksi:				
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen								
Vapaa avaruus				Muu, mikä, miksi:				
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)								
Asukkaat: 0 kpl		Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl		
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)								
Asukkaat: 0 kpl		Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl		
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille								
Virkistysalueet: 0 kpl				Luonnonsuojelualueet: 0 kpl				

LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Sarvikankaan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (25 voimalaa).

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)] ¹⁾	Melu [dB(A)] ²⁾	Ohjearvojen ylitys
a	Vapaa-ajan	494903	6918154	40	33.6	35.8	Ei
b	Vakituinen	494206	6916147	40	38.3	38.6	Ei
c	Vakituinen	493861	6915893	40	38.0	38.3	Ei
d	Vakituinen	493584	6915816	40	37.9	38.1	Ei
e	Vapaa-ajan	489989	6912308	40	33.9	34.0	Ei
f	Vapaa-ajan	491855	6911816	40	37.5	37.6	Ei
g	Vapaa-ajan	492016	6911777	40	37.6	37.7	Ei
h	Vapaa-ajan	492138	6911799	40	37.8	37.8	Ei
i	Vakituinen	493985	6910741	40	34.8	34.9	Ei
j	Vapaa-ajan	494592	6910775	40	34.8	35.0	Ei
k	Vapaa-ajan	495021	6910461	40	33.6	33.9	Ei
l	Vakituinen	496628	6912207	40	35.4	35.7	Ei
m	Vakituinen	496602	6912839	40	37.4	37.7	Ei
n	Vakituinen	496612	6912905	40	37.6	37.9	Ei
o	Vapaa-ajan	498210	6913329	40	33.3	34.6	Ei
p	Vapaa-ajan	498562	6913381	40	32.0	33.5	Ei
q	Vapaa-ajan	498395	691447	40	33.0	34.9	Ei
r	Vakituinen	499377	691575	40	29.5	36.0	Ei
s	Vakituinen	494481	691152	40	36.9	37.0	Ei

¹⁾ Sarvikankaan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (25 voimalalle)

²⁾ Sarvikankaan ja naapuripuisto Niinimäen mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (25 +22 voimalalle).

LIITE 2: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, SARVIKANGAS

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat.

Pienitaajuinen melu on laskettu Sarvikankaan puiston 25 tuulivoimalalle.

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

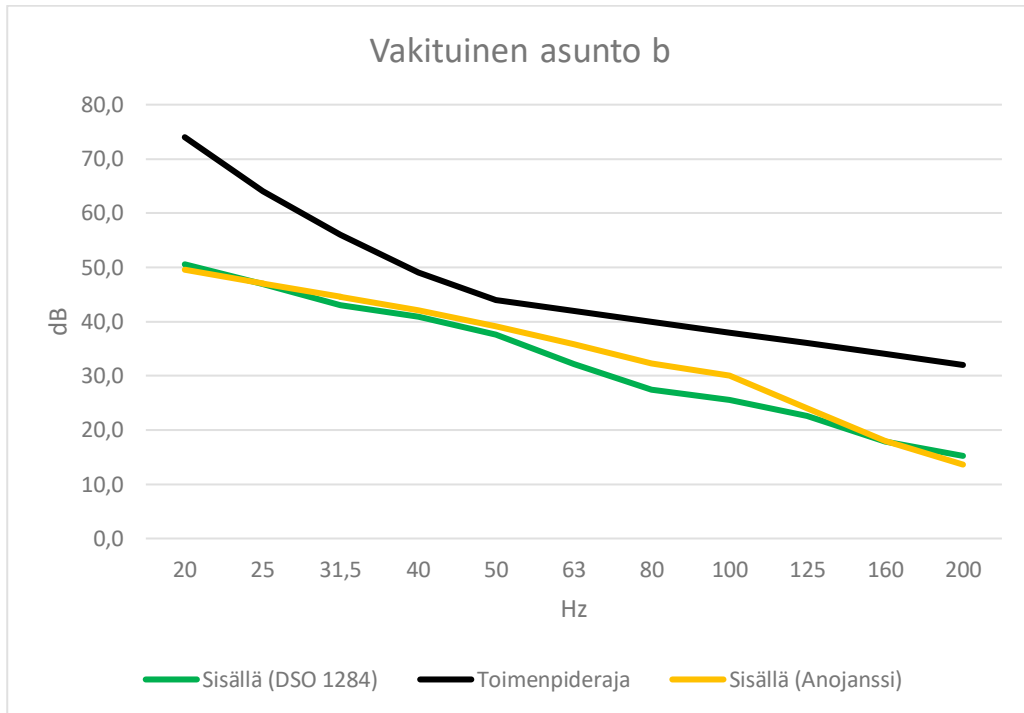
Taajuus: (Hz)	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	53.8	51.9	50.4	48.9	47.1	45.3	43.5	43.2	39.0	35.2	32.3
b	57.2	55.3	53.8	52.3	50.6	48.8	47.1	46.8	42.8	39.1	36.4
c	57.1	55.2	53.7	52.2	50.5	48.7	47.0	46.7	42.7	38.9	36.3
d	56.9	55.0	53.5	52.1	50.3	48.5	46.8	46.5	42.5	38.7	36.0
e	53.7	51.8	50.3	48.9	47.1	45.3	43.5	43.1	39.1	35.2	32.4
f	55.9	54.1	52.5	51.1	49.3	47.5	45.8	45.5	41.5	37.7	35.0
g	56.0	54.1	52.6	51.2	49.4	47.6	45.9	45.6	41.6	37.8	35.1
h	56.2	54.4	52.9	51.4	49.7	47.9	46.1	45.8	41.8	38.1	35.4
i	54.6	52.8	51.3	49.8	48.0	46.2	44.5	44.1	40.0	36.2	33.4
j	54.6	52.8	51.3	49.8	48.0	46.2	44.5	44.1	40.0	36.2	33.4
k	53.5	51.6	50.1	48.6	46.9	45.0	43.3	42.9	38.7	34.8	31.9
l	55.2	53.3	51.8	50.3	48.6	46.8	45.0	44.7	40.6	36.8	34.1
m	56.4	54.6	53.1	51.6	49.9	48.1	46.4	46.1	42.1	38.3	35.6
n	56.5	54.7	53.2	51.7	50.0	48.2	46.5	46.2	42.2	38.4	35.8
o	53.2	51.3	49.8	48.3	46.6	44.7	42.9	42.5	38.4	34.4	31.5
p	52.5	50.6	49.1	47.6	45.8	44.0	42.2	41.7	37.5	33.5	30.5
q	53.4	51.5	50.0	48.5	46.7	44.9	43.1	42.7	38.6	34.7	31.7
r	51.5	49.6	48.0	46.6	44.8	42.9	41.1	40.6	36.4	32.3	29.1
s	55.7	53.8	52.3	50.8	49.1	47.3	45.5	45.2	41.2	37.4	34.7

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja

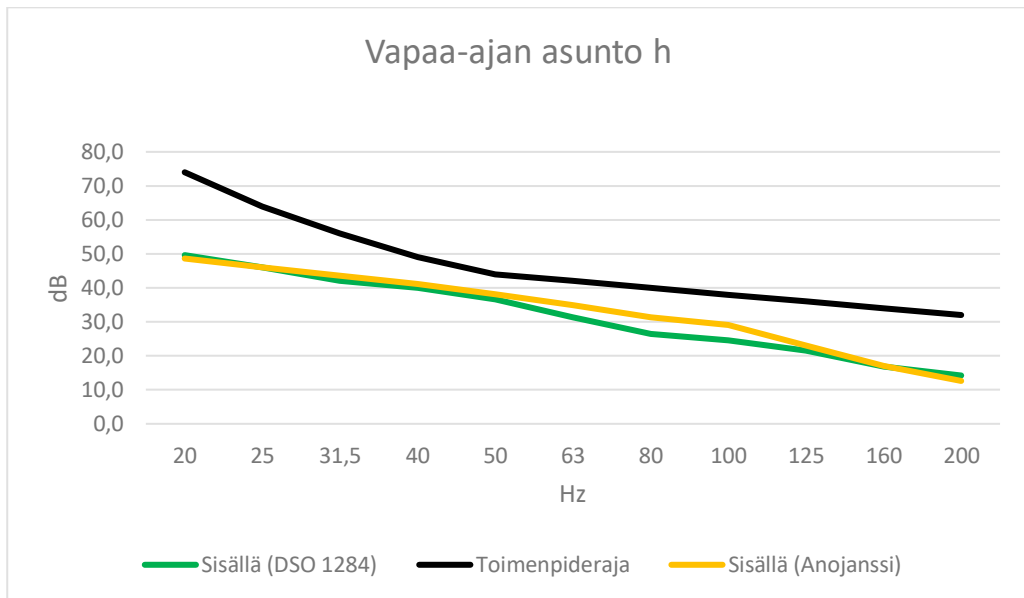
Taajuus: (Hz)	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	47.2	43.5	39.6	37.5	34.1	28.7	23.8	22.0	18.8	14.0	11.1
b	50.6	46.9	43.0	40.9	37.6	32.2	27.4	25.6	22.6	17.9	15.2
c	50.5	46.8	42.9	40.8	37.5	32.1	27.3	25.5	22.5	17.7	15.1
d	50.3	46.6	42.7	40.7	37.3	31.9	27.1	25.3	22.3	17.5	14.8
e	47.1	43.4	39.5	37.5	34.1	28.7	23.8	21.9	18.9	14.0	11.2
f	49.3	45.7	41.7	39.7	36.3	30.9	26.1	24.3	21.3	16.5	13.8
g	49.4	45.7	41.8	39.8	36.4	31.0	26.2	24.4	21.4	16.6	13.9
h	49.6	46.0	42.1	40.0	36.7	31.3	26.4	24.6	21.6	16.9	14.2
i	48.0	44.4	40.5	38.4	35.0	29.6	24.8	22.9	19.8	15.0	12.2
j	48.0	44.4	40.5	38.4	35.0	29.6	24.8	22.9	19.8	15.0	12.2
k	46.9	43.2	39.3	37.2	33.9	28.4	23.6	21.7	18.5	13.6	10.7
l	48.6	44.9	41.0	38.9	35.6	30.2	25.3	23.5	20.4	15.6	12.9
m	49.8	46.2	42.3	40.2	36.9	31.5	26.7	24.9	21.9	17.1	14.4
n	49.9	46.3	42.4	40.3	37.0	31.6	26.8	25.0	22.0	17.2	14.6
o	46.6	42.9	39.0	36.9	33.6	28.1	23.2	21.3	18.2	13.2	10.3
p	45.9	42.2	38.3	36.2	32.8	27.4	22.5	20.5	17.3	12.3	9.3
q	46.8	43.1	39.2	37.1	33.7	28.3	23.4	21.5	18.4	13.5	10.5
r	44.9	41.2	37.2	35.2	31.8	26.3	21.4	19.4	16.2	11.1	7.9
s	49.1	45.4	41.5	39.4	36.1	30.7	25.8	24.0	21.0	16.2	13.5

Taulukko 10. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyysarvoja

Taajuus: (Hz)	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	46.2	43.6	41.2	38.6	35.6	32.3	28.7	26.4	20.2	14.1	9.5
b	49.6	47.0	44.6	42.0	39.1	35.8	32.3	30.0	24.0	18.0	13.6
c	49.5	46.9	44.5	41.9	39.0	35.7	32.2	29.9	23.9	17.8	13.5
d	49.3	46.7	44.3	41.8	38.8	35.5	32.0	29.7	23.7	17.6	13.2
e	46.1	43.5	41.1	38.6	35.6	32.3	28.7	26.3	20.3	14.1	9.6
f	48.3	45.8	43.3	40.8	37.8	34.5	31.0	28.7	22.7	16.6	12.2
g	48.4	45.8	43.4	40.9	37.9	34.6	31.1	28.8	22.8	16.7	12.3
h	48.6	46.1	43.7	41.1	38.2	34.9	31.3	29.0	23.0	17.0	12.6
i	47.0	44.5	42.1	39.5	36.5	33.2	29.7	27.3	21.2	15.1	10.6
j	47.0	44.5	42.1	39.5	36.5	33.2	29.7	27.3	21.2	15.1	10.6
k	45.9	43.3	40.9	38.3	35.4	32.0	28.5	26.1	19.9	13.7	9.1
l	47.6	45.0	42.6	40.0	37.1	33.8	30.2	27.9	21.8	15.7	11.3
m	48.8	46.3	43.9	41.3	38.4	35.1	31.6	29.3	23.3	17.2	12.8
n	48.9	46.4	44.0	41.4	38.5	35.2	31.7	29.4	23.4	17.3	13.0
o	45.6	43.0	40.6	38.0	35.1	31.7	28.1	25.7	19.6	13.3	8.7
p	44.9	42.3	39.9	37.3	34.3	31.0	27.4	24.9	18.7	12.4	7.7
q	45.8	43.2	40.8	38.2	35.2	31.9	28.3	25.9	19.8	13.6	8.9
r	43.9	41.3	38.8	36.3	33.3	29.9	26.3	23.8	17.6	11.2	6.3
s	48.1	45.5	43.1	40.5	37.6	34.3	30.7	28.4	22.4	16.3	11.9



Kuva 3. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituuisessa asunnossa b.



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa h.

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, SARVIKANGAS JA NIINIMÄEN YHTEISVAIKUTUKSET

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat.

Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Sarvikankaan (25 voimalaa) ja Niinimäen (22 voimalaa) tuulivoimapuistot ovat toiminnassa.

Taulukko 11. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

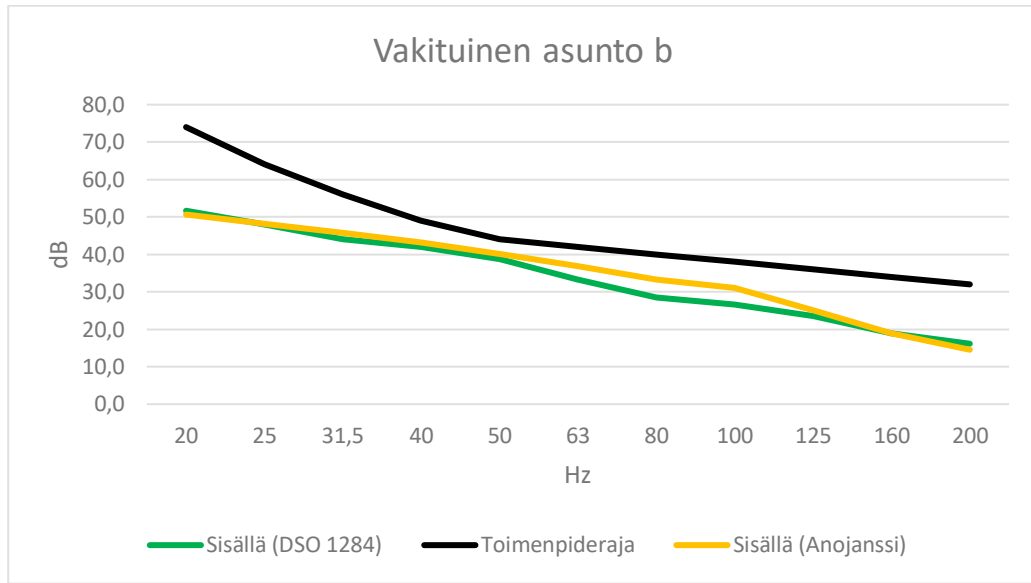
Taajuus: (Hz)	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	56.6	54.8	53.2	51.8	50.0	48.2	46.4	46.0	41.9	38.1	35.2
b	58.3	56.4	54.9	53.4	51.7	49.9	48.2	47.8	43.8	40.0	37.3
c	57.9	56.1	54.6	53.1	51.4	49.6	47.8	47.5	43.4	39.7	36.9
d	57.7	55.8	54.3	52.8	51.1	49.3	47.5	47.2	43.1	39.3	36.6
e	54.1	52.3	50.7	49.2	47.5	45.6	43.8	43.4	39.3	35.4	32.5
f	56.2	54.4	52.8	51.4	49.6	47.8	46.1	45.7	41.7	37.9	35.1
g	56.3	54.5	52.9	51.5	49.7	47.9	46.2	45.8	41.8	38.0	35.2
h	56.5	54.7	53.2	51.7	49.9	48.1	46.4	46.0	42.0	38.2	35.5
i	55.1	53.2	51.7	50.2	48.5	46.6	44.8	44.4	40.3	36.4	33.6
j	55.1	53.3	51.7	50.3	48.5	46.7	44.9	44.5	40.4	36.5	33.6
k	54.1	52.2	50.7	49.2	47.4	45.6	43.8	43.3	39.1	35.1	32.1
l	55.9	54.1	52.5	51.1	49.3	47.5	45.7	45.3	41.2	37.3	34.5
m	57.1	55.3	53.7	52.3	50.5	48.7	47.0	46.6	42.6	38.8	36.0
n	57.2	55.4	53.8	52.4	50.6	48.8	47.1	46.7	42.7	38.9	36.2
o	54.9	53.0	51.5	50.0	48.2	46.3	44.5	44.1	39.9	35.9	32.8
p	54.5	52.6	51.0	49.5	47.8	45.9	44.1	43.6	39.4	35.3	32.2
q	55.5	53.6	52.1	50.6	48.8	47.0	45.2	44.8	40.6	36.6	33.6
r	55.9	54.0	52.4	51.0	49.2	47.4	45.6	45.2	41.1	37.1	34.3
s	56.1	54.2	52.7	51.2	49.5	47.6	45.9	45.5	41.5	37.6	34.9

Taulukko 12. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja

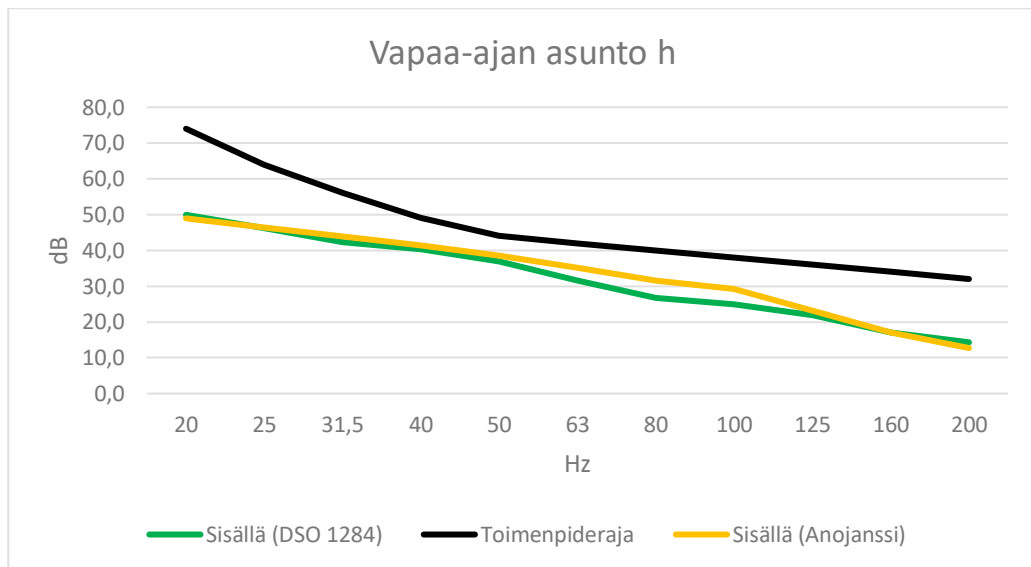
Taajuus: (Hz)	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	50.0	46.4	42.4	40.4	37.0	31.6	26.7	24.8	21.7	16.9	14.0
b	51.7	48.0	44.1	42.0	38.7	33.3	28.5	26.6	23.6	18.8	16.1
c	51.3	47.7	43.8	41.7	38.4	33.0	28.1	26.3	23.2	18.5	15.7
d	51.1	47.4	43.5	41.4	38.1	32.7	27.8	26.0	22.9	18.1	15.4
e	47.5	43.9	39.9	37.8	34.5	29.0	24.1	22.2	19.1	14.2	11.3
f	49.6	46.0	42.0	40.0	36.6	31.2	26.4	24.5	21.5	16.7	13.9
g	49.7	46.1	42.1	40.1	36.7	31.3	26.5	24.6	21.6	16.8	14.0
h	49.9	46.3	42.4	40.3	36.9	31.5	26.7	24.8	21.8	17.0	14.3
i	48.5	44.8	40.9	38.8	35.5	30.0	25.1	23.2	20.1	15.2	12.4
j	48.5	44.9	40.9	38.9	35.5	30.1	25.2	23.3	20.2	15.3	12.4
k	47.5	43.8	39.9	37.8	34.4	29.0	24.1	22.1	18.9	13.9	10.9
l	49.3	45.7	41.7	39.7	36.3	30.9	26.0	24.1	21.0	16.1	13.3
m	50.5	46.9	42.9	40.9	37.5	32.1	27.3	25.4	22.4	17.6	14.8
n	50.6	47.0	43.0	41.0	37.6	32.2	27.4	25.5	22.5	17.7	15.0
o	48.3	44.6	40.7	38.6	35.2	29.7	24.8	22.9	19.7	14.7	11.6
p	47.9	44.2	40.2	38.1	34.8	29.3	24.4	22.4	19.2	14.1	11.0
q	48.9	45.2	41.3	39.2	35.8	30.4	25.5	23.6	20.4	15.4	12.4
r	49.3	45.6	41.6	39.6	36.2	30.8	25.9	24.0	20.9	15.9	13.1
s	49.5	45.8	41.9	39.8	36.5	31.0	26.2	24.3	21.3	16.4	13.7

Taulukko 13. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja

Taajuus: (Hz)	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	49.0	46.5	44.0	41.5	38.5	35.2	31.6	29.2	23.1	17.0	12.4
b	50.7	48.1	45.7	43.1	40.2	36.9	33.4	31.0	25.0	18.9	14.5
c	50.3	47.8	45.4	42.8	39.9	36.6	33.0	30.7	24.6	18.6	14.1
d	50.1	47.5	45.1	42.5	39.6	36.3	32.7	30.4	24.3	18.2	13.8
e	46.5	44.0	41.5	38.9	36.0	32.6	29.0	26.6	20.5	14.3	9.7
f	48.6	46.1	43.6	41.1	38.1	34.8	31.3	28.9	22.9	16.8	12.3
g	48.7	46.2	43.7	41.2	38.2	34.9	31.4	29.0	23.0	16.9	12.4
h	48.9	46.4	44.0	41.4	38.4	35.1	31.6	29.2	23.2	17.1	12.7
i	47.5	44.9	42.5	39.9	37.0	33.6	30.0	27.6	21.5	15.3	10.8
j	47.5	45.0	42.5	40.0	37.0	33.7	30.1	27.7	21.6	15.4	10.8
k	46.5	43.9	41.5	38.9	35.9	32.6	29.0	26.5	20.3	14.0	9.3
l	48.3	45.8	43.3	40.8	37.8	34.5	30.9	28.5	22.4	16.2	11.7
m	49.5	47.0	44.5	42.0	39.0	35.7	32.2	29.8	23.8	17.7	13.2
n	49.6	47.1	44.6	42.1	39.1	35.8	32.3	29.9	23.9	17.8	13.4
o	47.3	44.7	42.3	39.7	36.7	33.3	29.7	27.3	21.1	14.8	10.0
p	46.9	44.3	41.8	39.2	36.3	32.9	29.3	26.8	20.6	14.2	9.4
q	47.9	45.3	42.9	40.3	37.3	34.0	30.4	28.0	21.8	15.5	10.8
r	48.3	45.7	43.2	40.7	37.7	34.4	30.8	28.4	22.3	16.0	11.5
s	48.5	45.9	43.5	40.9	38.0	34.6	31.1	28.7	22.7	16.5	12.1



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuuden melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituuisessa asunnossa b.



Kuva 6. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuuden melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa h.

LIITE 4: SIIJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 14. Sarvikankaan voimaloiden sijaintitiedot (25 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	491401	6914421	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
2	491885	6914183	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
3	490927	6913463	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
4	491646	6913316	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
6	492367	6913305	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
7	492666	6914172	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
8	493065	6913704	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
9	493374	6913046	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
11	493604	6912472	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
12	493753	6914158	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
15	494370	6912348	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
16	494277	6914009	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
17	494626	6913609	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
18	494919	6913160	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
19	495075	6912611	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
20	494851	6914670	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
22	495493	6913902	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
23	495624	6915393	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
24	495905	6914919	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
25	496186	6914345	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
26	495737	6916104	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
27	496398	6916578	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
29	496416	6915911	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
31	496494	6915250	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
32	495593	6916709	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)

Taulukko 15. Niinimäen voimaloiden sijaintitiedot (22 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	500953	6917752	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
2	500704	6918433	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
3	500232	6919093	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
4	499854	6919599	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
5	499633	6920274	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
6	500269	6917530	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
8	499418	6918884	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
10	498831	6920236	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
11	499604	6916533	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
12	499440	6917308	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
13	498756	6917403	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
15	496853	6917345	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
16	497659	6918624	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
18	497999	6919509	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
19	497601	6920072	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
20	496870	6920300	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
22	497214	6920963	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
23	497840	6921445	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
24	497056	6921752	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
26	497584	6917437	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
27	497612	6916664	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
28	498404	6916580	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)