



MELUSELVITYS

Ponteman Tuulipuisto

12.09.2024

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	8
5.1	Lähtötiedot.....	8
5.2	Menetelmät	10
6	ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET	11
6.1	Nykytilanne	11
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	12
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset	12
6.4	Yhteisvaikutusten mallinnus.....	13
6.5	Pienitaajuinen melu	14
6.6	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	15
6.7	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	15
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	15
8	LÄHTEET	17
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, PONTEMA	18
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	21

Liite 2: Melumallinnuksen tulokset: Ponteman, Tornikankaan, Pahkavaaran ja Maaselän yhteisvaikutukset	21
Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta, Pontema	22
Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta, Yhteisvaikutukset	24
Liite 5: Sijoitussuunnitelmat	27

VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2021-07-05	Christian Granlund	Christian Granlund	Ponteman tuulivoimapuiston meluselvitys.
Rev 1	Arina Makarova, 2021-09-01	Christian Granlund	Christian Granlund	Muotoilupäivitys.
Ver 2	Arina Makarova, 2021-12-03	Christian Granlund	Christian Granlund	Meluselvitys, päivitetty sijoitussuunnitelma (VE1/VE2/VE3).
Ver 3	Arina Makarova, 2023-01-10	Christian Granlund	Christian Granlund	Meluselvitys, päivitetty sijoitussuunnitelma (VE3).
Rev1	Arina Makarova, 2023-02-15	Alexander Ehrs	Alexander Ehrs	Pientaajuisen melun laskenta, lisätty (VE1/VE2/VE3) tuloksia käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyysarvoja.
Ver4	Arina Makarova, 2024-06-28	Elina Sippola	Elina Sippola	Meluselvitys, päivitetty sijoitussuunnitelma (Kaavaehdotus, 41 voimalaa).
Ver 5	Ilona Rämä 2024-09-12	Alexander Ehrs	Alexander Ehrs	Meluselvitys, päivitetty sijoitussuunnitelma (Hyväksyttävä kotkariski, 33 voimalaa)

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluseelvitys Ponteman tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät:

Meluseelvitykseen 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). 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 WindPRO-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

Meluseelvitys on tehty Ponteman tuulivoimapuistolle Utajärven kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 33 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty N175 6,8 MW-voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 200 metriä ja äänitehotaso 108,9 dB(A) + 2 dB(A) varmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Nordexin lokakuussa 2023 päivittämiä äänitietoja.

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

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. Oleellisimmat 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	45 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 äänieristykseen 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. Nordexin 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 varmuusmarginaali kuten

ympäristöministeriön ohjeissa vaaditaan (Ympäristöministeriö, 2016). Mallinnuksessa käytetyt voimalatyyppit on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot.

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Pontema	N175 6,8 MW	200	108,9+2,0	Käytössä
Tornikangas	SG 6.6-170	200	106,0*+2,0	Käytössä
Pahkavaara	SG 6.0-170	170	106,0+2,0	Käytössä
Maaselkä	V172 7.2 MW	175	106,9*+2,0	Käytössä

**Hankkeen kehittäjän mukaan Tornikangas- ja Maaselkä-hankkeiden osalta voimalavalmistajien toimittamat melupäästötiedot (106,0 dB(A) ja 106,9 dB(A)) skaalattiin 108,0 dB(A):ksi. Lähtömelutasoon on myös lisätty 2,0 dB(A):n varmuusmarginaali.*

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 (geometrinen 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 10 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 melumallinnuksessa korkeuserot eivät ylity valituissa havainnointipisteissä eikä korjauksia ole tehty. Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista, lisätään laskenta- tai mittaus tuloksiin 5 dB ennen asetuksen ohjearvoon vertaamista. Tässä mallinnuksessa laskentatuloksiin ei ole tarvetta lisätä sanktiota, koska lähtötiedoissa ei äänen erityispiirteitä havaittu.

Ympäristöministeriön ohjeessa (2/2014) mainitaan äänivaikutuksiin liittyvä ilmiö, Amplitudimodulaatio (EAM, excessive amplitude modulation). Esiintyessään ilmiö aiheuttaa sen, että äänenvoimakkuuden merkittävät jaksottaiset vaihtelut lisäävät melun häiritsevyyttä. Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyypistä 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_σ , on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Äänieristyskertoimet.

f/ Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
DL_σ (DSO 1284)	6.6	8.4	10.8	11.4	13	16.6	19.7	21.2	20.2	21.2	25.0
DL_σ (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

Ponteman tuulivoimapuiston alue on pääasiassa metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä.

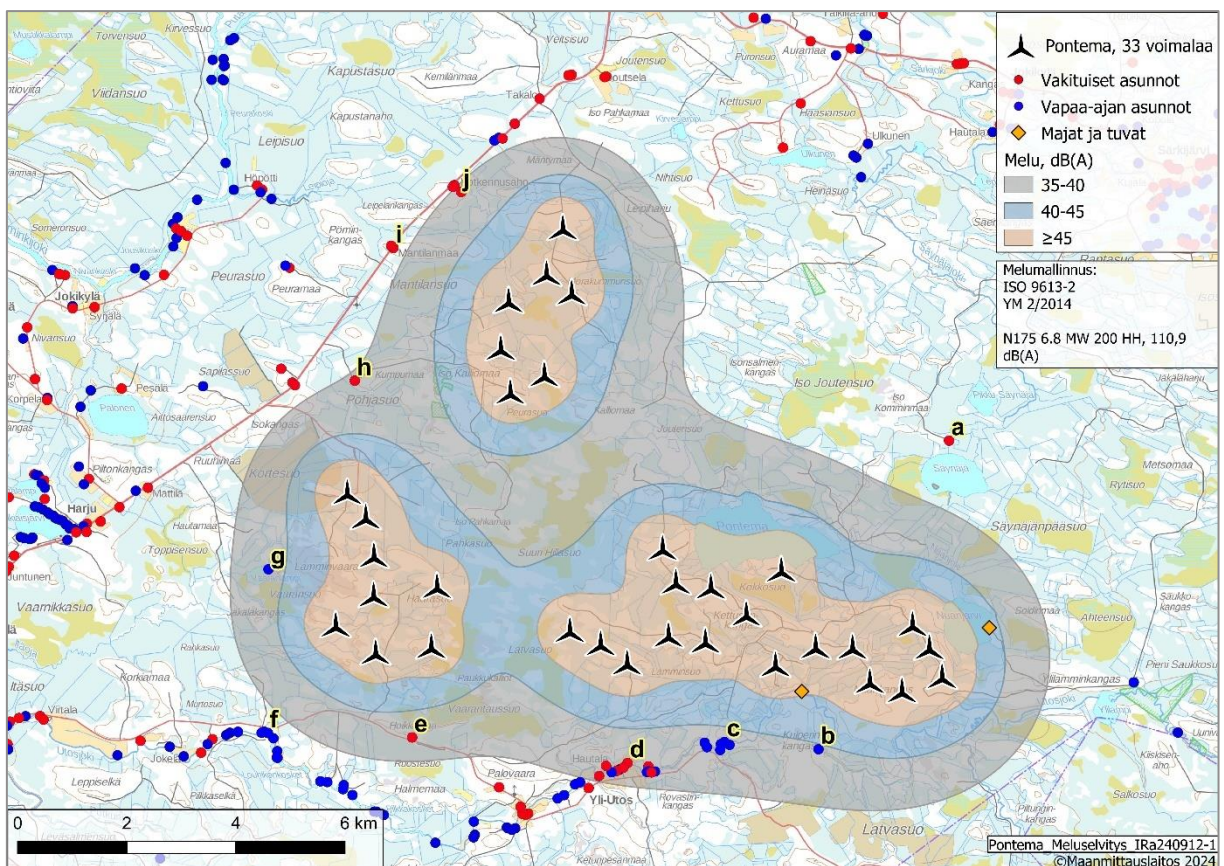
6.2 RAKENTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

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 on käytetty Nordexin N175 6,8 MW clean blade voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 108,9 + 2 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 33 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 5.



Kuva 1. Ponteman tuulivoimapuiston melumallinnus, N175 6,8 MW 200 m HH 110,9 dB(A). Yksitoista havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Korkein äänitaso Ponteman alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 39,5 dB(A) (vapaa-ajan asunto b). Alueen läheisyydestä on valittu 10 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

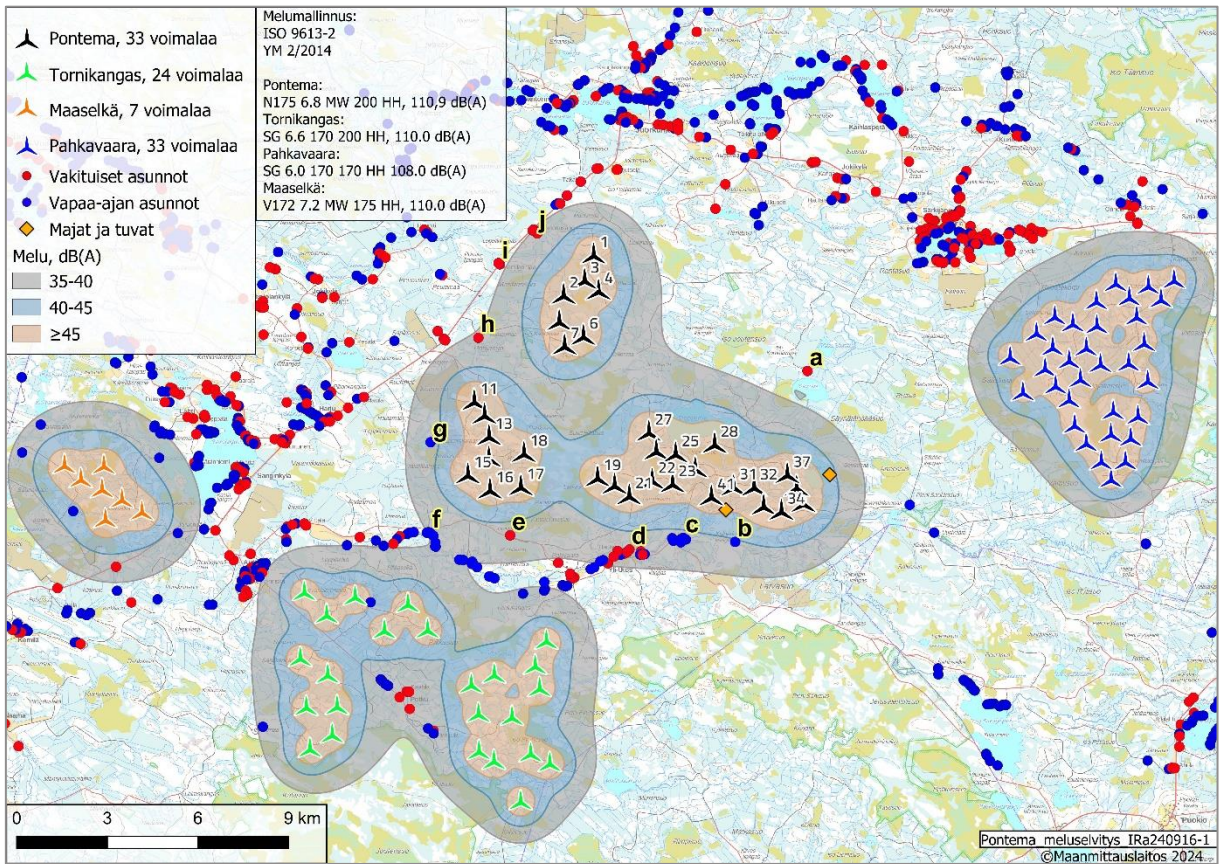
Kaakkoispuolella kahden vapaa-ajan asunnon (merkitty karttaan oranssilla) käyttötarkoitus muutettiin majoiksi ja tuviksi (2023). Näitä rakennuksia ei ole otettu huomioon mallinnuksen tuloksissa.

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

6.4 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

Alla esitellään meluvaikutukset, kun myös Pahkavaaran, Tornikankaan ja Maaselän alueelle suunnitteilla olevat tuulivoimalat on otettu huomioon. Ponteman melumallinnuksissa on käytetty Nordexin N175 6,8 MW clean blade voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 108,9 + 2 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 33 voimalan sijoitus suunnitelmaa.

Pahkavaaran melumallinnuksessa on käytetty 33 voimalapaikkaa ja voimalamallia SG 6.0-170, jonka kokonaisäänitaso on 106,0 +2 dB(A) ja napakorkeus 170 metriä. Tornikankaan melumallinnuksessa on käytetty 24 voimalapaikkaa ja voimalamallia SG 6.6-170, jonka kokonaisäänitaso on 108,0 +2 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Maaselän melumallinnuksessa on käytetty 7 voimalapaikkaa ja voimalamallia V172 7.2 MW, jonka kokonaisäänitaso on 108,0 +2 dB(A) ja napakorkeus 175 metriä. Tornikangas- ja Maaselkä-hankkeiden osalta valmistajien toimittamat melutiedot, 106,0 dB(A) ja 106,9 dB(A), skaalattiin 108,0 dB(A):ksi. Läheisissä hankkeissa käytettävät voimaloiden sijainnit ja voimalatyypit saatiin tuulipuistojen hankekehittäjältä.



Kuva 2. Ponteman, Tornikankaan, Pahkavaaran ja Maaselän yhteisvaikutusten melumallinnus.

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla Ponteman alueella ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Korkein äänitaso Ponteman alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 39,6 dB(A) (vapaa-ajan asunto b). Alueen läheisyydestä on valittu 10 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

Kaakkoispuolella kahden vapaa-ajan asunnon (merkitty karttaan oranssilla) käyttötarkoitus muutettiin majoiksi ja tuviksi (2023). Näitä rakennuksia ei ole otettu huomioon mallinnuksen tuloksissa.

6.5 PIENITAAJUINEN MELU

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti.

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat selvästi lähimmissä asunnoissa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla sisätilojen toimenpiderajat alittuvat. Myös

kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteistä 3 ja 4.

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. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Ponteman tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat melko 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 meluseelvityksen 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 Häiritsevyyys. Turun ammattikorkeakoulu.

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

Maanmittauslaitos (2024). *Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaineiston CC 4.0 -lisenssi*. <http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

Nordex (2023). *Third octave sound power levels Nordex N175/6.X. F008_278_A17_EN. Doc.: 9003492, Revision 03*. Päivämäärä: 2023-10-18.

Siemens Gamesa Renewable Energy (2020). *Standard Acoustic Emission, SG 6.0-170, Rev. 0 Document ID: SGRE ON NE&ME TE SAS N-40-0000-046AC31-00*. Päivämäärä: 2020-08-13.

Siemens Gamesa Renewable Energy (2022). *SG-F18.16-TR-00891_R00_Standard Acoustic Emission Document, SG 6.6-170, Rev. 0*. Päivämäärä: 2022-10-04.

Sosiaali- ja Terveysministeriö (2015). *Asumisterveysasetus. Helsinki*. <http://www.stm.fi/tiedotteet/tiedote/-/view/1907834>

Utajärven kunta (2023). Katselmuksen pöytäkirja LP-889-2023-00056 07.09.2023 13.46.

Utajärven kunta (2023). Katselmuksen pöytäkirja LP-889-2023-00085 10.11.2023 13.39.

Valtioneuvosto (2015). *Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista*. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>

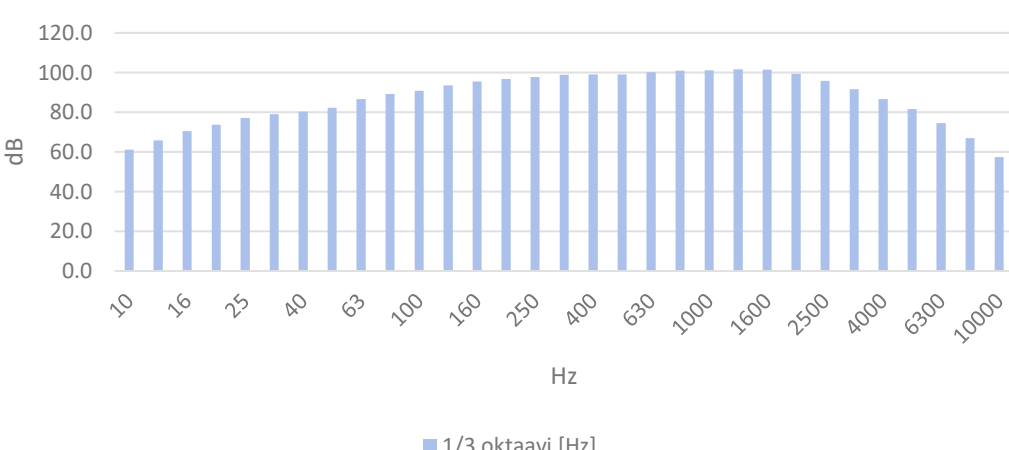
Vestas (2022). *Third octave noise emission EnVentus™ V172-7.2MW 50/60 Hz. Document no 0128-4336_00*. Päivämäärä: 2022-06-30.

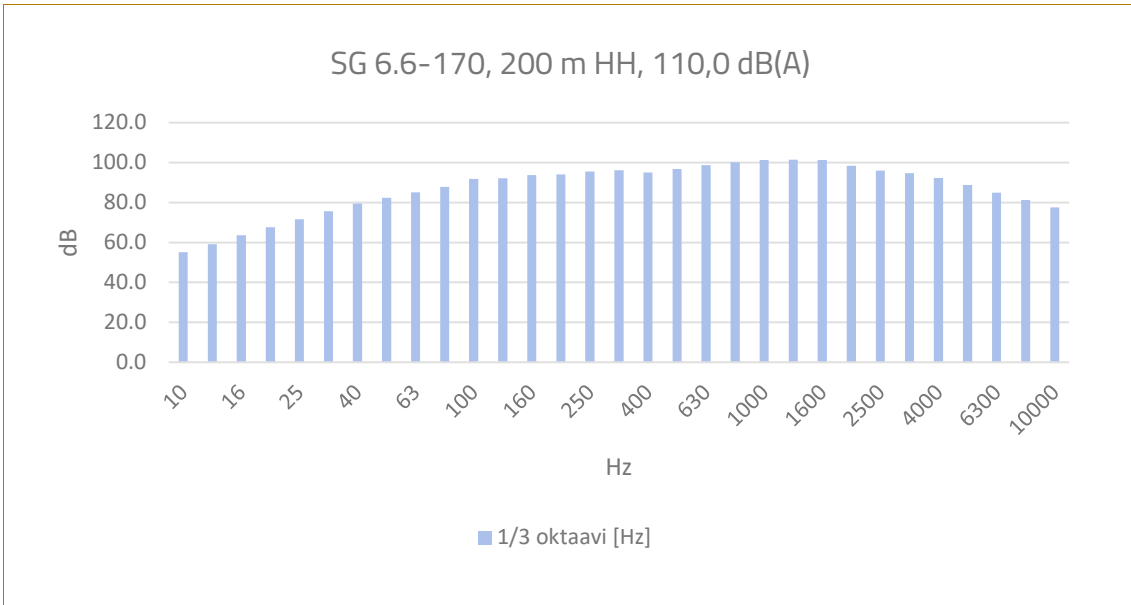
Ympäristöministeriö (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Helsinki*. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1

Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016*. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057>

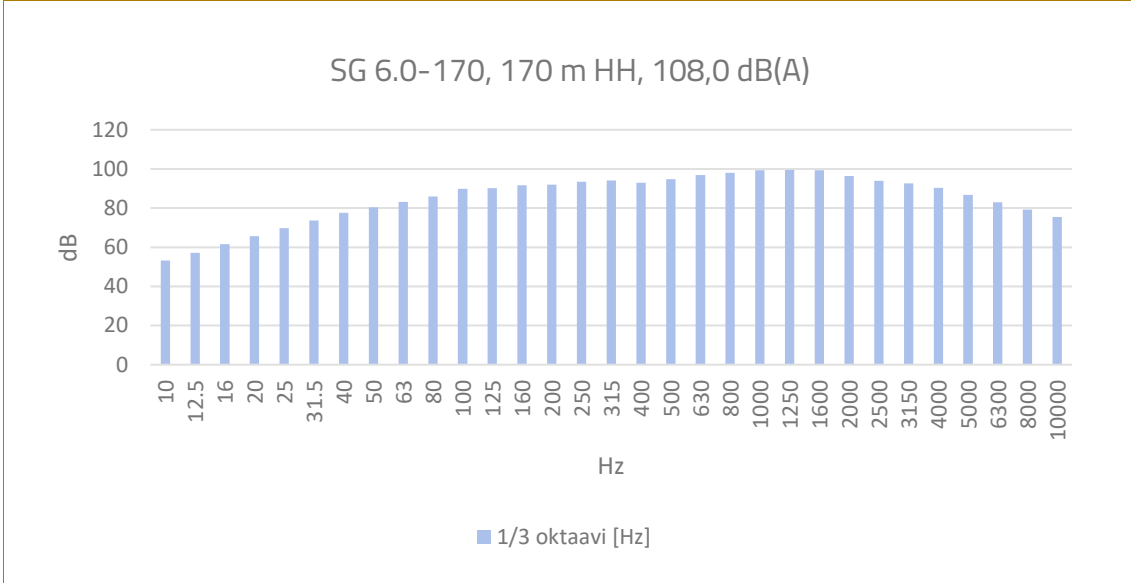
Ympäristöministeriö, (2016). *Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluseelvityksissä liittyvästä kyselystä*. PDF-asiakirja.

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, PONTEMA

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT				*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportti numero/tunniste: IRa240912-1		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 20.9.2024			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440					
Vastuuhenkilöt: Ilona Rämä					
Laatija: Ilona Rämä			Tarkastaja/hyväksyjä: Alexander Ehrns		
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT					
Mallinnusohjelma ja versio: windPRO Ver3.6			Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2		
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)					
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex			Tyyppi:		Sarjanumero/t:
Nimellisteho: 6.8 MW	Napakorkeus: 200 m		Roottorin halkaisija: 175 m		Tornin tyyppi: Putkitorni
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun					
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä	
Kyllä	dB	Kyllä	dB		dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa		dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT					
Melupäästötiedot Nordex N175 6,8 MW 200 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 108,9 dB(A)+2 dB(A))					
<p>Nordex N175, 200 m HH, 110,9 dB(A)</p>  <p>Legend: ■ 1/3 oktaavi [Hz]</p>					
Melupäästötiedot Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 106,0 dB(A)+2 dB(A)). *106,0 dB(A) skaalattiin 108,0 dB(A):ksi.					

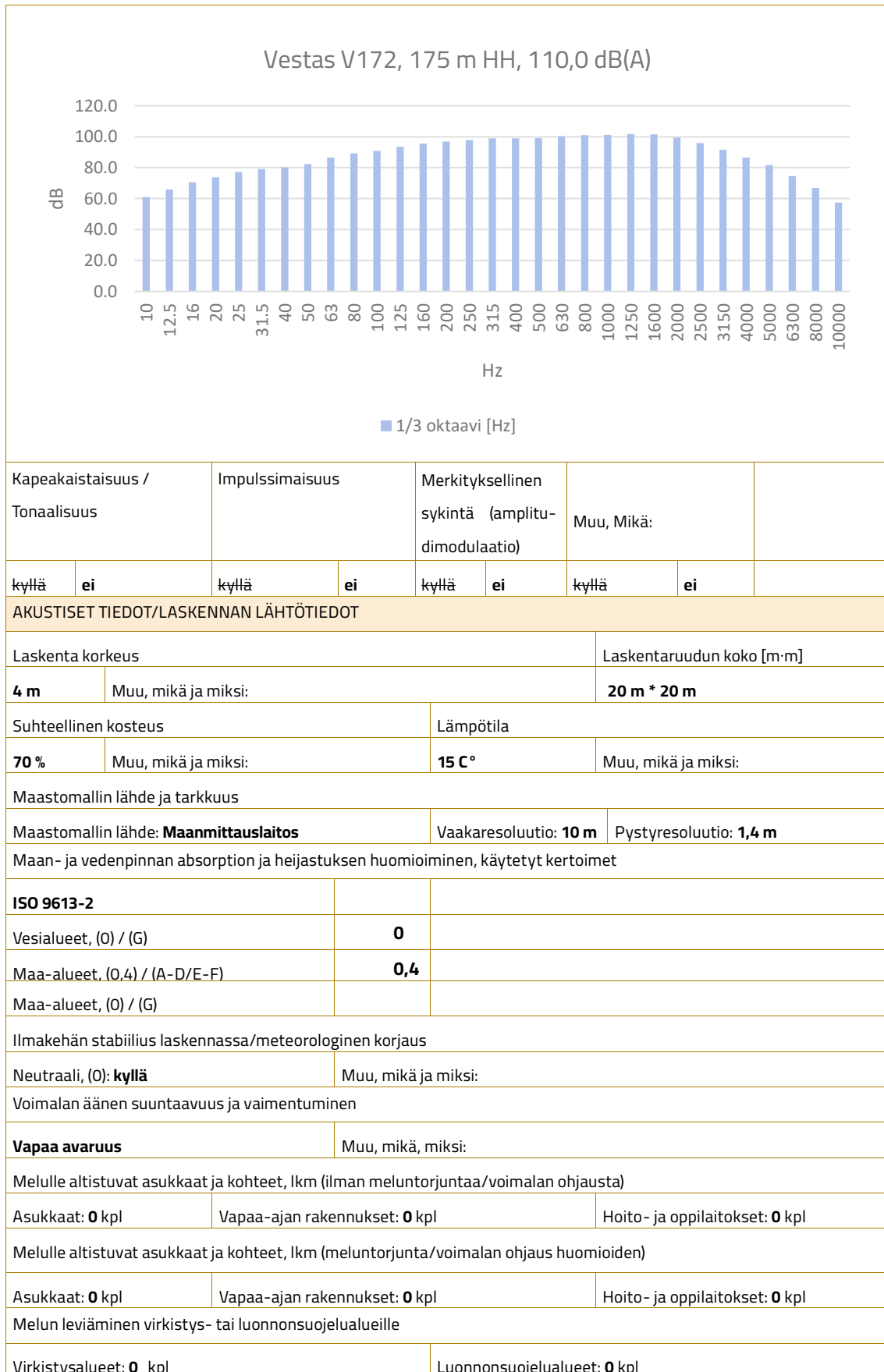


Melupäästötiedot Siemens Gamesa SG 6.0-170 170 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 106,0 dB(A)+2 dB(A))



Melupäästötiedot Vestas V172 7,2MW 175 HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 106,9 dB(A)+2 dB(A)).

*106,9 dB(A) skaalattiin 108,0 dB(A):ksi.



LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Ponteman mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnointipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	504317	7195186	40	31,1	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	501922	7189527	40	39,5	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	500200	7189661	40	38,7	Ei
d	Vakituinen asunto	498421	7189275	40	36,7	Ei
e	Vakituinen asunto	494471	7189743	40	37,1	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	491826	7189824	40	33,2	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	491836	7192827	40	38,3	Ei
h	Vakituinen asunto	493420	7196286	40	35,5	Ei
i	Vakituinen asunto	494128	7198719	40	34,0	Ei
j	Vakituinen asunto	495369	7199746	40	35,6	Ei

LIITE 2: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET: PONTEMAN, TORNIKANKAAN, PAHKAVAARAN JA MAASELÄN YHTEISVAIKUTUKSET

Taulukko 8. Ponteman, Tornikankaan, Pahkavaaran ja Maaselän mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnointipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	504317	7195186	40	31,8	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	501922	7189527	40	39,6	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	500200	7189661	40	38,8	Ei
d	Vakituinen asunto	498421	7189275	40	37,0	Ei
e	Vakituinen asunto	494471	7189743	40	37,6	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	491826	7189824	40	35,1	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	491836	7192827	40	38,5	Ei
h	Vakituinen asunto	493420	7196286	40	35,6	Ei
i	Vakituinen asunto	494128	7198719	40	34,1	Ei
j	Vakituinen asunto	495369	7199746	40	35,7	Ei

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, PONTEMA

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

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

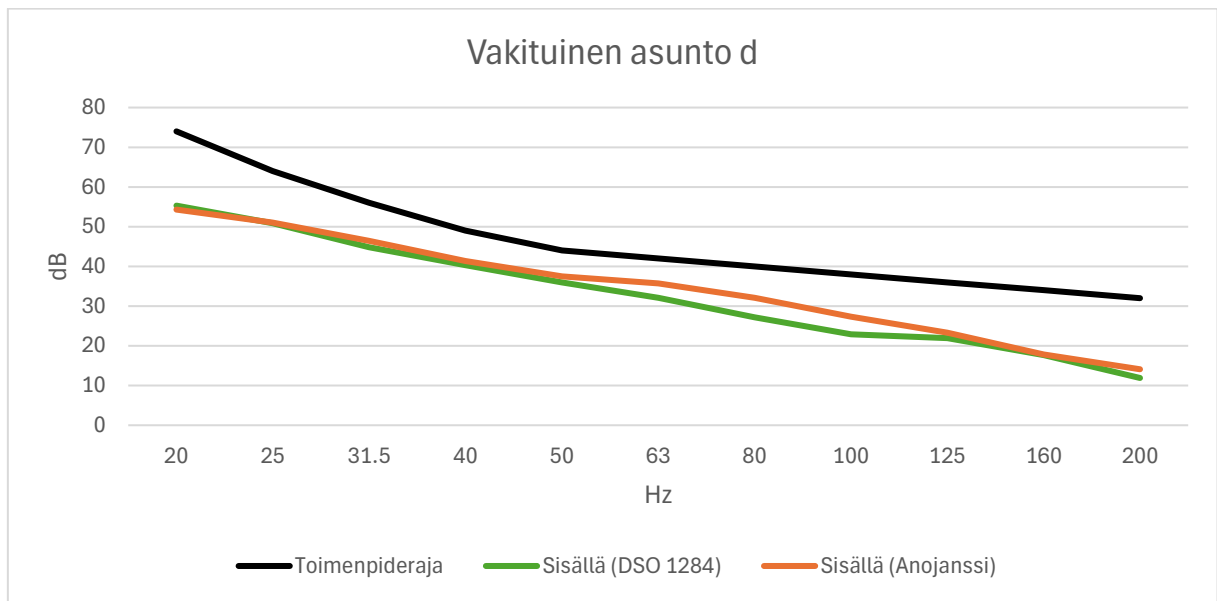
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	58.7	63.4	63.2	61.9	61.7	59.2	62.2	61.0	59.8	60.5
25	55.9	60.8	60.5	59.3	59.0	56.5	59.6	58.3	57.1	57.8
31.5	52.3	57.2	56.9	55.6	55.4	52.9	55.9	54.7	53.5	54.1
40	48.4	53.3	53.0	51.7	51.5	49.0	52.1	50.8	49.6	50.3
50	45.6	50.5	50.3	49.0	48.7	46.2	49.3	48.0	46.8	47.5
63	45.3	50.3	50.0	48.7	48.5	45.9	49.1	47.7	46.5	47.2
80	43.4	48.6	48.3	46.9	46.7	44.1	47.3	45.9	44.7	45.5
100	40.4	45.8	45.5	44.1	43.9	41.2	44.6	43.1	41.8	42.6
125	38.1	43.9	43.5	42.1	41.9	39.0	42.6	41.0	39.7	40.6
160	34.6	40.9	40.5	38.9	38.8	35.7	39.6	37.8	36.5	37.5
200	32.2	39.1	38.6	36.9	36.8	33.5	37.8	35.8	34.3	35.5

Taulukko 10. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

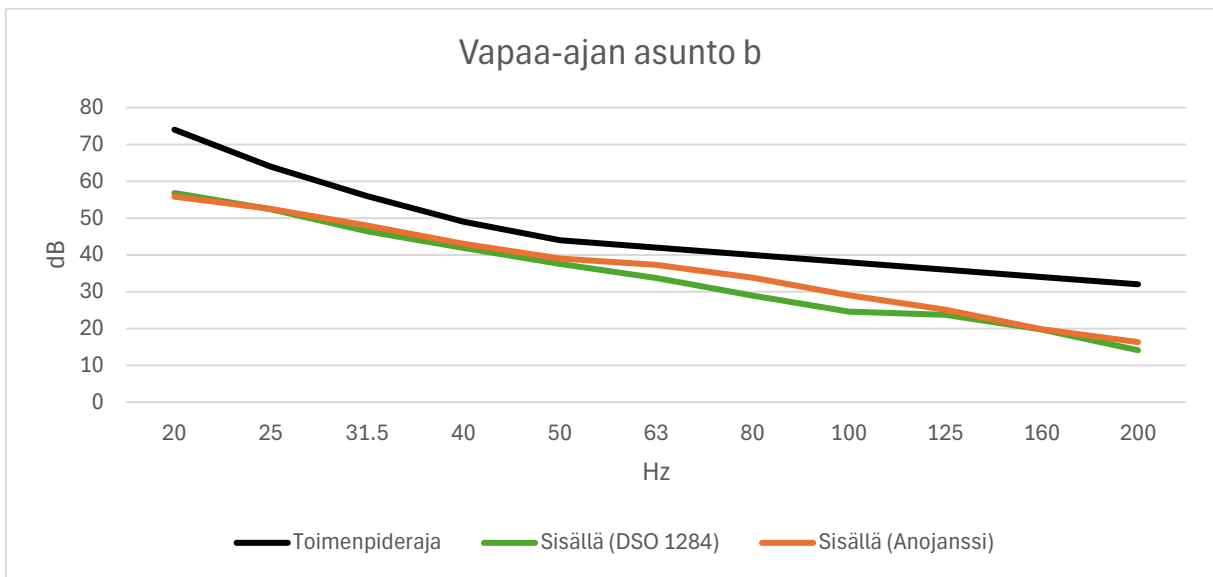
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	52.1	56.8	56.6	55.3	55.1	52.6	55.6	54.4	53.2	53.9
25	47.5	52.4	52.1	50.9	50.6	48.1	51.2	49.9	48.7	49.4
31.5	41.5	46.4	46.1	44.8	44.6	42.1	45.1	43.9	42.7	43.3
40	37.0	41.9	41.6	40.3	40.1	37.6	40.7	39.4	38.2	38.9
50	32.6	37.5	37.3	36.0	35.7	33.2	36.3	35.0	33.8	34.5
63	28.7	33.7	33.4	32.1	31.9	29.3	32.5	31.1	29.9	30.6
80	23.7	28.9	28.6	27.2	27.0	24.4	27.6	26.2	25.0	25.8
100	19.2	24.6	24.3	22.9	22.7	20.0	23.4	21.9	20.6	21.4
125	17.9	23.7	23.3	21.9	21.7	18.8	22.4	20.8	19.5	20.4
160	13.4	19.7	19.3	17.7	17.6	14.5	18.4	16.6	15.3	16.3
200	7.2	14.1	13.6	11.9	11.8	8.5	12.8	10.8	9.3	10.5

Taulukko 11. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	51.1	55.8	55.6	54.3	54.1	51.6	54.6	53.4	52.2	52.9
25	47.6	52.5	52.2	51.0	50.7	48.2	51.3	50.0	48.8	49.5
31.5	43.1	48.0	47.7	46.4	46.2	43.7	46.7	45.5	44.3	44.9
40	38.1	43.0	42.7	41.4	41.2	38.7	41.8	40.5	39.3	40.0
50	34.1	39.0	38.8	37.5	37.2	34.7	37.8	36.5	35.3	36.0
63	32.3	37.3	37.0	35.7	35.5	32.9	36.1	34.7	33.5	34.2
80	28.6	33.8	33.5	32.1	31.9	29.3	32.5	31.1	29.9	30.7
100	23.6	29.0	28.7	27.3	27.1	24.4	27.8	26.3	25.0	25.8
125	19.3	25.1	24.7	23.3	23.1	20.2	23.8	22.2	20.9	21.8
160	13.5	19.8	19.4	17.8	17.7	14.6	18.5	16.7	15.4	16.4
200	9.4	16.3	15.8	14.1	14.0	10.7	15.0	13.0	11.5	12.7



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



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

LIITE 4: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuisen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuisen melu on laskettu tilanteessa, jossa Ponteman (41 voimalaa), Tornikankaan (33 voimalalle), Pahkavaaran (33 voimalaa) ja Maaselän (7 voimalaa) tuulivoimapuistot ovat toiminnassa.

Taulukko 12. Pienitaajuisen melu rakennuksen ulkopuolella.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	59.0	63.6	63.3	62.2	62.1	60.1	62.4	61.1	60.0	60.6
25	56.3	60.9	60.7	59.5	59.5	57.6	59.8	58.5	57.3	57.9
31.5	52.9	57.4	57.1	56.1	56.1	54.5	56.3	54.9	53.8	54.4
40	49.4	53.7	53.5	52.5	52.7	51.5	52.8	51.3	50.1	50.7
50	46.8	51.0	50.8	49.9	50.2	49.2	50.1	48.6	47.4	47.9
63	46.1	50.6	50.4	49.4	49.6	48.2	49.7	48.2	46.9	47.5
80	44.2	48.9	48.6	47.6	47.8	46.4	47.9	46.4	45.1	45.7
100	41.6	46.2	46.0	45.1	45.5	44.5	45.4	43.6	42.3	43.0

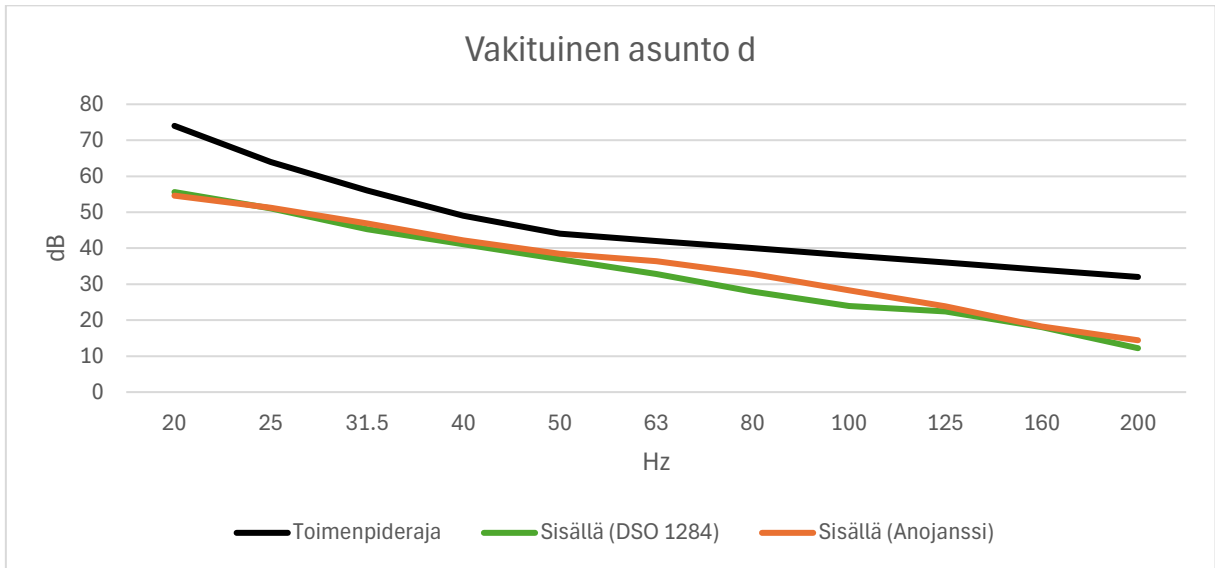
125	38.8	44.1	43.8	42.6	42.8	41.3	43.1	41.3	39.9	40.7
160	35.1	41.0	40.6	39.3	39.6	37.8	39.9	38.0	36.6	37.5
200	32.5	39.1	38.7	37.2	37.4	35.2	38.0	35.9	34.4	35.5

Taulukko 13. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

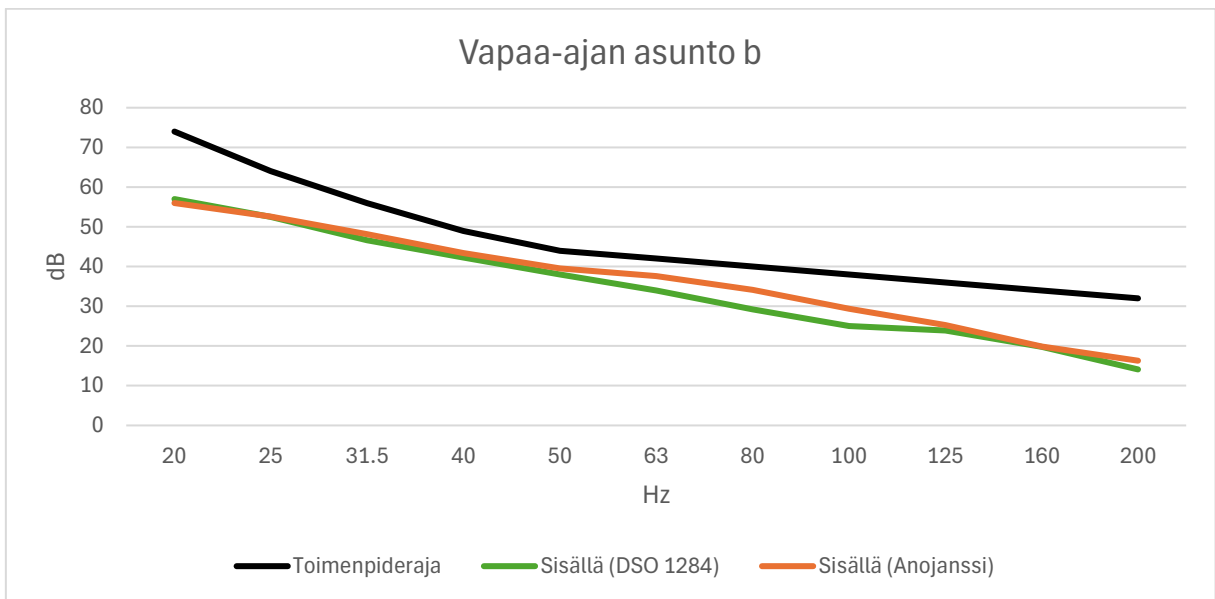
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20.0	52.4	57.0	56.7	55.6	55.5	53.5	55.8	54.5	53.4	54.0
25.0	47.9	52.5	52.3	51.1	51.1	49.2	51.4	50.1	48.9	49.5
31.5	42.1	46.6	46.3	45.3	45.3	43.7	45.5	44.1	43.0	43.6
40.0	38.0	42.3	42.1	41.1	41.3	40.1	41.4	39.9	38.7	39.3
50.0	33.8	38.0	37.8	36.9	37.2	36.2	37.1	35.6	34.4	34.9
63.0	29.5	34.0	33.8	32.8	33.0	31.6	33.1	31.6	30.3	30.9
80.0	24.5	29.2	28.9	27.9	28.1	26.7	28.2	26.7	25.4	26.0
100.0	20.4	25.0	24.8	23.9	24.3	23.3	24.2	22.4	21.1	21.8
125.0	18.6	23.9	23.6	22.4	22.6	21.1	22.9	21.1	19.7	20.5
160.0	13.9	19.8	19.4	18.1	18.4	16.6	18.7	16.8	15.4	16.3
200.0	7.5	14.1	13.7	12.2	12.4	10.2	13.0	10.9	9.4	10.5

Taulukko 14. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20.0	51.4	56.0	55.7	54.6	54.5	52.5	54.8	53.5	52.4	53.0
25.0	48.0	52.6	52.4	51.2	51.2	49.3	51.5	50.2	49.0	49.6
31.5	43.7	48.2	47.9	46.9	46.9	45.3	47.1	45.7	44.6	45.2
40.0	39.1	43.4	43.2	42.2	42.4	41.2	42.5	41.0	39.8	40.4
50.0	35.3	39.5	39.3	38.4	38.7	37.7	38.6	37.1	35.9	36.4
63.0	33.1	37.6	37.4	36.4	36.6	35.2	36.7	35.2	33.9	34.5
80.0	29.4	34.1	33.8	32.8	33.0	31.6	33.1	31.6	30.3	30.9
100.0	24.8	29.4	29.2	28.3	28.7	27.7	28.6	26.8	25.5	26.2
125.0	20.0	25.3	25.0	23.8	24.0	22.5	24.3	22.5	21.1	21.9
160.0	14.0	19.9	19.5	18.2	18.5	16.7	18.8	16.9	15.5	16.4
200.0	9.7	16.3	15.9	14.4	14.6	12.4	15.2	13.1	11.6	12.7



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituudessa asunnossa d.



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

LIITE 5: SIOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 15. Ponteman voimaloiden sijaintitiedot, 33voimalaa

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	497231	7199114	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
2	496237	7197778	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
3	496933	7198276	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
4	497393	7197923	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
5	496093	7196907	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
6	496893	7196420	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
7	496269	7196101	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
11	493279	7194261	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
12	493618	7193810	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
13	493767	7193104	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
14	493762	7192382	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
15	493067	7191830	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
16	493799	7191327	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
17	494820	7191437	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
18	494924	7192539	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
19	497361	7191733	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
20	497925	7191489	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
21	498411	7191135	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
22	499169	7191643	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
23	499845	7191534	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
24	500596	7192030	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
25	499946	7192527	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
26	499305	7192617	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
27	499061	7193240	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
28	501238	7192840	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
31	501867	7191433	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
32	502544	7191423	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
33	502861	7190795	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
34	503450	7190626	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
35	504186	7190886	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
36	503953	7191417	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
37	503644	7191841	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)
41	501131	7191102	Nordex N175 6,8 MW 200 m HH, 108,9 + 2 dB(A)

Taulukko 16. *Pahkavaaran voimaloiden sijaintitiedot, 33 voimalaa*

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
PAH.1010	511896	7196517	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1023	511024	7195721	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1032	511448	7194552	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1042	512182	7195340	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1050	512434	7196041	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1060	512503	7197065	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1092	514522	7198166	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1102	513881	7197568	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1112	513101	7196830	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1121	513895	7196768	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1130	513546	7196029	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1142	512979	7195604	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1152	512530	7194770	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1162	512976	7194312	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1172	513350	7194992	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1182	514015	7195485	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1190	515214	7197056	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1202	514970	7197694	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1212	515601	7198078	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1222	516021	7197632	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1233	516453	7198267	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1250	515461	7196182	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1263	514950	7195522	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1272	515580	7194931	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1293	515256	7193765	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1302	514438	7193923	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1312	514360	7193174	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1322	515016	7193039	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1332	514841	7192260	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1342	514366	7191673	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1352	514042	7192263	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1361	513544	7192869	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1370	513161	7193469	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)
PAH.1010	511896	7196517	Siemens Gamesa SG 6.0-170 200 m HH, 106,0 + 2 dB(A)

Taulukko 17. Tornikankaan voimaloiden sijaintitiedot, 24 voimalaa

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	495446	7184648	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
2	487842	7182641	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
3	493935	7182240	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
4	493946	7185098	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
5	494819	7180899	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
6	491738	7186583	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
7	495150	7182485	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
8	488429	7185090	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
9	488579	7183112	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
10	490308	7186565	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
11	495785	7182162	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
12	493184	7184762	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
13	488396	7187073	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
14	493423	7183801	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
15	494533	7183693	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
16	493439	7182561	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
17	495671	7186219	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
18	487655	7187830	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
19	487720	7184025	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
20	487521	7185648	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
21	495300	7185390	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
22	489337	7187678	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
23	488741	7184049	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
24	491087	7187434	Siemens Gamesa SG 6.6-170 200 m HH, 108,0 + 2 dB(A)

Taulukko 18. Maaselän voimaloiden sijaintitiedot, 7 voimalaa

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	481017	7192017	Vestas V172 7.2 MW 175 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
2	479714	7192035	Vestas V172 7.2 MW 175 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
3	480256	7191573	Vestas V172 7.2 MW 175 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
4	480957	7191237	Vestas V172 7.2 MW 175 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
5	481616	7190897	Vestas V172 7.2 MW 175 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
6	482277	7190490	Vestas V172 7.2 MW 175 m HH, 108,0 + 2 dB(A)
7	481069	7190241	Vestas V172 7.2 MW 175 m HH, 108,0 + 2 dB(A)