



ETHA WIND



MELUSELVITYS

Pitkälehdon Tuulivoimapuisto

18.03.2024

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.....	9
6	ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET	11
6.1	Nykytilanne	11
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	11
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE1.....	12
6.4	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE2.....	13
6.5	Yhteisvaikutusten mallinnus, VE1	14
6.6	Yhteisvaikutusten mallinnus, VE2	15
6.7	Pienitaajuinen melu	16
6.8	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	16
6.9	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	17
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	17
8	LÄHTEET	18
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, PITKÄLEHTO	19

Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	21
Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta (VE1).....	21
Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta (VE2).....	24
Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta, yhteisvaikutukset (VE1)	27
Liite 5: Pienitaajuisen melun laskenta, yhteisvaikutukset (VE2)	29
Liite 6: Sijoitussuunnitelmat.....	32

VERSIONHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1, 2024-03-18	Ilona Rämä	Christian Granlund	Christian Granlund	Pitkälehdon tuulivoimapuiston meluselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Pitkälehdon tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

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 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

Meluselvitys on tehty Pitkälehdon tuulivoimapuistolle Toholammin kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 16–18 tuulivoimalasta. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 200 metriä ja äänitehotaso 106,9 dB(A) + 3,1 dB(A) varmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Vestaksen kesäkuussa 2022 päivittämiä äänitietoja.

Meluselvitys 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.

Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi hankevaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavamenettelyä varten:

- VE1: 18 voimalaa.
- VE2: 16 voimalaa.

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	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.

Sisämelen kokonaisäänitason mallintamiseksi ei ole annettu ohjeita eikä alalla ole yleisesti käytössä olevaa laskentamenetelmää. Asetuksen mukaisilla ulkomelun ohjearvoilla (40 dB(A)) pyritään kuitenkin varmistamaan myös sisämelen 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. Vestaksen käyttämät melupäästöarvot eivät ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14-standardiin, ja epävarmuutta ei ole erikseen ilmoitettu. Tästä johtuen lähtömelutasoon on yleensä mallinnoissa lisätty 2,0 dB:n varmuusmarginaali ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2016). Tätä pidetään yleisesti riittävänä epävarmuusmarginaalina. Tässä laskelmassa on kuitenkin poikkeuksellisesti käytetty varmuusmarginaalia + 3,1 dB erityisen konservatiivisen arvion tuottamiseksi. Korkea varmuusmarginaali mahdollistaa melun kokonaisvaikutusten arvioinnin, vaikka tuulivoimaloiden

lähtömelutasossa tapahtuisi vähäisiä muutoksia suunnittelun edetessä. Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot.

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Pitkälehto	V172 7.2 MW	200	106,9 +3,1 dB(A)	Käytössä
Kuuronkallio	V150 4.2 MW	155	104,9 + 2 dB(A)	Käytössä

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 tuulenoisuus 10 metrin korkeudella maan pinnasta on 8 m/s. Useiden voimaloiden yhteismeluvaikutukset on otettu huomioon. Alueelta valittiin 9 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.

Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista, lisätään laskenta- tai mittaustuloksiin 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 ilmö, 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	21.2
DL_{σ} (Anojanssi-)	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

Pitkälehdon tuulivoimapuiston alue on pääasiassa maa- ja metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä.

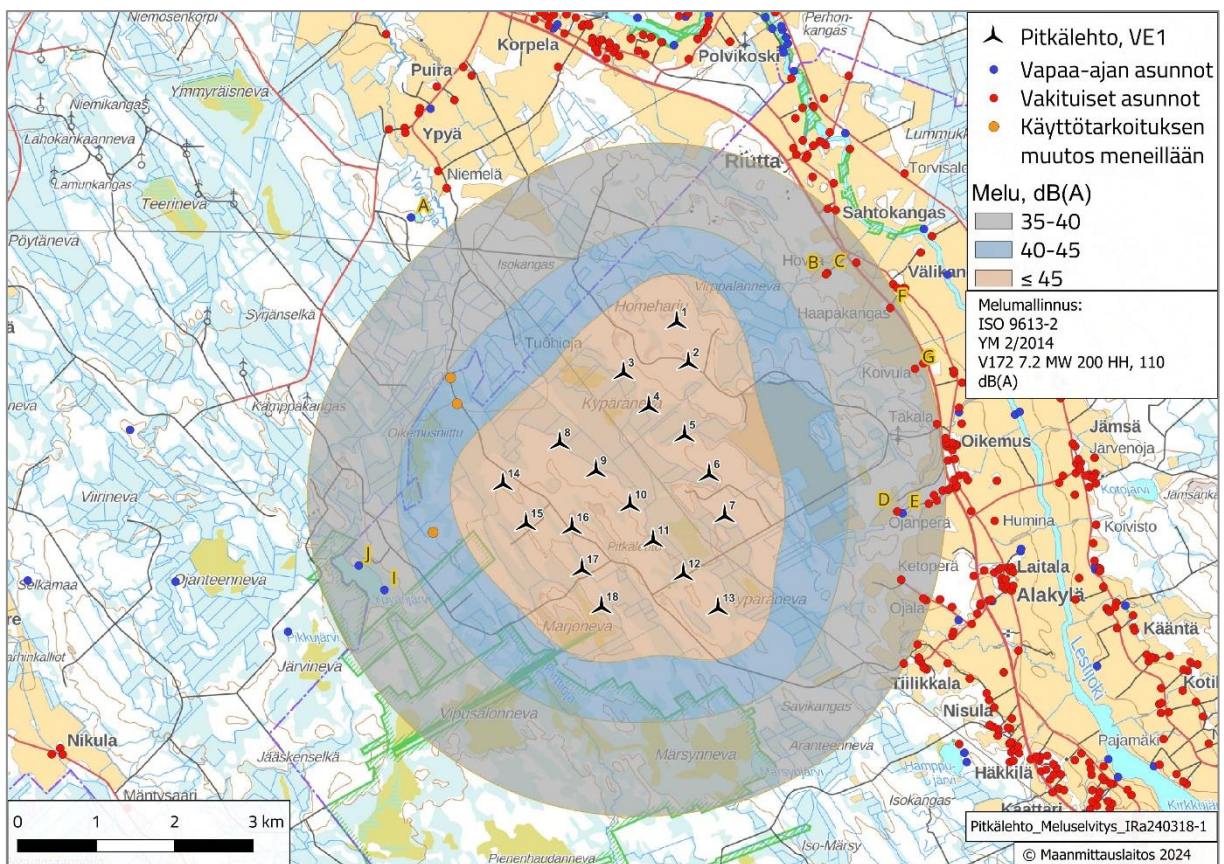
6.2 RAKENTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

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, VE1

Melumallinnuksessa käytettiin V172 7.2 MW tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,9 +3,1 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 18 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE1). Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 4.



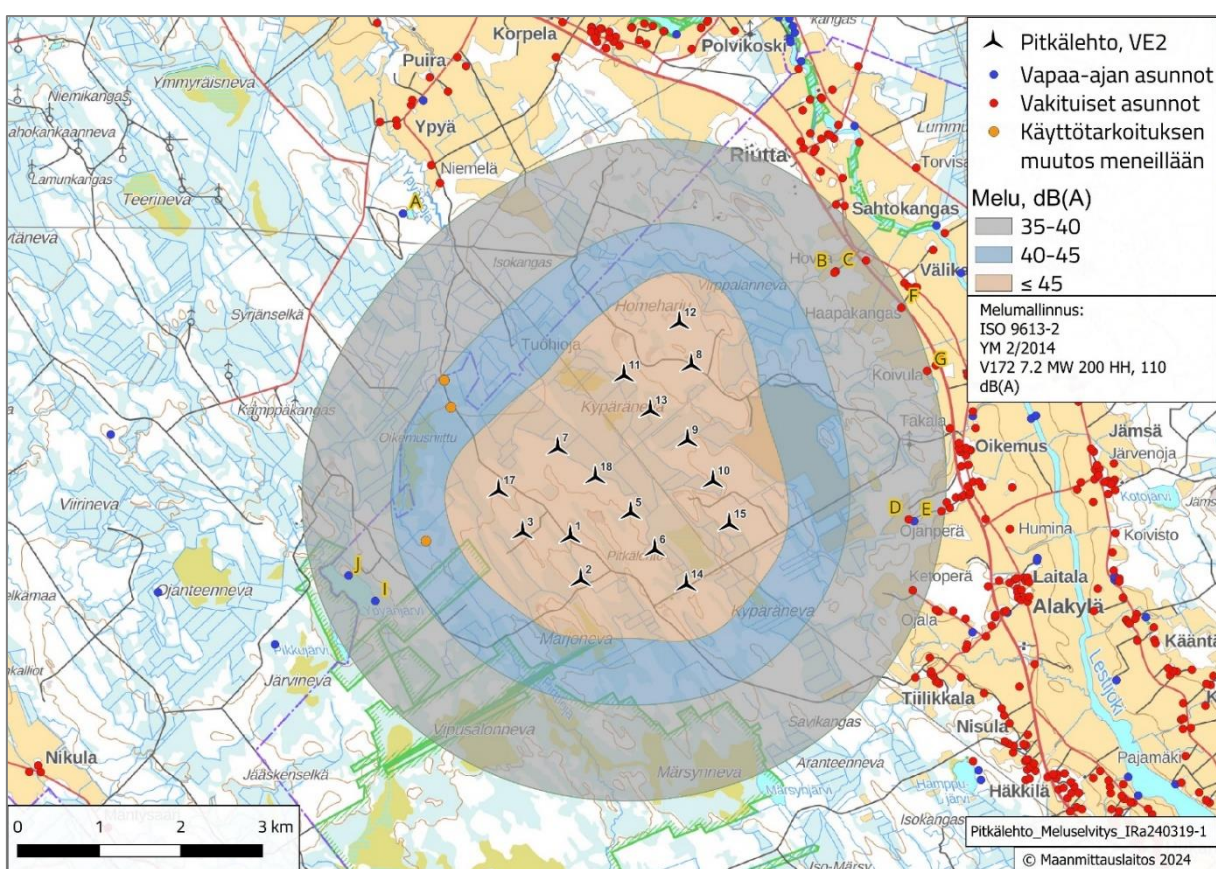
Kuva 1. Pitkälehdön tuulivoimapaiston melumallinnus (VE1), V172 7.2 MW 200HH, 106,9 + 3,1 dB(A). Yhdeksän havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 9 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1. Korkein äänitaso Pitkälehdön alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 37,9 dB(A) (vapaa-ajan asunto i ja vakituinen asunto f).

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

6.4 TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET, VE2

Melumallinnuksessa käytettiin V172 7.2 MW tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,9 +3,1 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 16 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE2). Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 4.



Kuva 2. Pitkälehdon tuulivoimapuiston melumallinnus (VE2), V172 7.2 MW 200HH, 106,9 + 3,1 dB(A). Yhdeksän havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

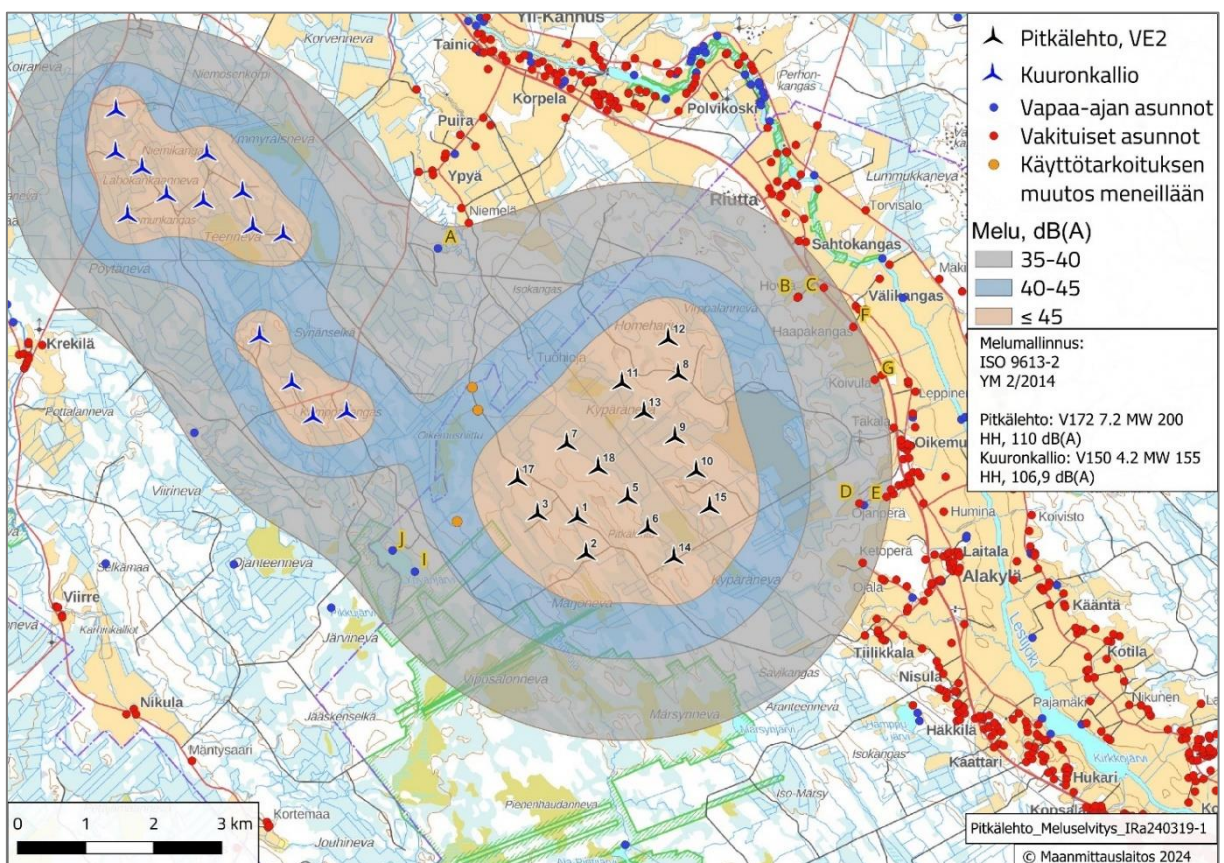
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 9 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1. Korkein äänitaso Pitkälehdon alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 37,5 dB(A) (vapaa-ajan asunto i ja vakituinen asunto f).

perusteella voidaan todeta, että hankkeiden yhteisvaikutukset tuulivoimamelun osalta ovat kohtalaiset.

Alueen läheisyydestä on valittu 9 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

6.6 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUKSEEN, VE2

Alla esitellään meluvaikutukset, kun naapuripuisto Kuuronkallio on myös otettu huomioon. Pitkälehdon melumallinnuksissa on käytetty vaihtoehdon VE2 mukaisia voimalapaikkoja (16 voimalaa) ja voimalamallia Vestas V172 7.2 MW, jonka kokonaisäänitaso on 106,9 + 3,1 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Kuuronkallion melumallinnuksissa on käytetty voimalamallia Vestas V150 4.2 MW jonka kokonaisäänitaso on 104,9 + 2 dB(A) ja napakorkeus 155 metriä. Naapurihankkeen tiedot löytyvät liitteestä 6.



Kuva 4. Pitkälehdon (VE2) ja Kuuronkallion puiston yhteisvaikutusten melumallinnus.

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Korkein äänitaso Pitkälehdon

alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 37,9 dB(A) (vapaa-ajan asunto i). Tulosten perusteella voidaan todeta, että hankkeiden yhteisvaikutukset tuulivoimamelun osalta ovat kohtalaiset.

Alueen läheisyydestä on valittu 9 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

6.7 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 sijaitsevissa 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 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.

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.

6.8 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.

6.9 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 Häiritsevyyys. Turun ammattikorkeakoulu.

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

Maanmittauslaitos (2024). Maanmittauslaitoksen avoimen tietoineiston CC 4.0 -lisenssi.

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

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>

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

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

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/42937>

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

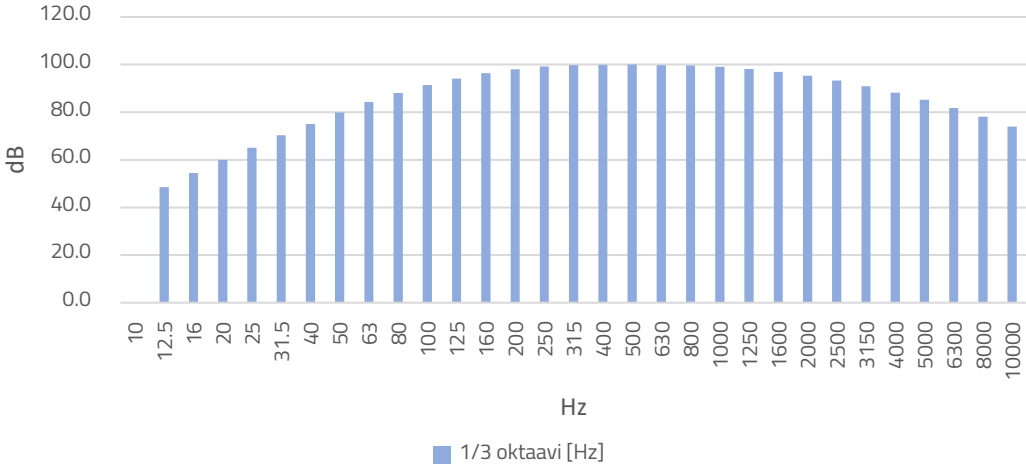
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057>

Ympäristöministeriö, (2016). *Yhteenvedo tuulivoimaloiden melupäästön takuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä*. PDF-document.

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

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

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, PITKÄLEHTO

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT				*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä			
Mallinnusraportti numero/tunniste: IRa240318-1				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 18.3.2024			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440							
Vastuuhenkilöt: Ilona Rämä							
Laatija: Ilona Rämä				Tarkastaja/hyväksyjä: Christian Granlund			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: windPRO Ver3.6				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi:		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 7.2		Napakorkeus: 200 m		Roottorin halkaisija: 172 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 Vestas V172 7.2 MW 200 HH 106,9 dB(A)+3,0 dB(A)							
<p style="text-align: center;">Vestas V172, 200 m HH 106.9 + 3.1 dB(A)</p>  <p style="text-align: center;">■ 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			
Laskenta korkeus		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: 10 m	Pystyresoluutio: 1,4 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. Pitkälehdon mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnointipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	VE1 Melu [dB(A)]	VE2 Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	352803	7083720	40	33,7	33,5	Ei
b	Vakituinen asunto	358094	7082994	40	37,3	37,2	Ei
c	Vakituinen asunto	358110	7083010	40	37,2	37,1	Ei
d	Vakituinen asunto	359005	7079969	40	37,2	36,6	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	359072	7079946	40	37,0	36,3	Ei
f	Vakituinen asunto	358916	7082565	40	37,9	37,5	Ei
g	Vakituinen asunto	359231	7081789	40	37,0	36,7	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	352463	7078966	40	37,9	37,5	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	352136	7079279	40	37,0	36,7	Ei

Taulukko 8. Pitkälehdon ja naapuripuistojen yhteisvaikutukset. Meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnointipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	VE1 Melu [dB(A)]	VE2 Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	352803	7083720	40	35,7	35,6	Ei
b	Vakituinen asunto	358094	7082994	40	37,4	37,2	Ei
c	Vakituinen asunto	358110	7083010	40	37,3	37,1	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	359005	7079969	40	37,3	36,7	Ei
e	Vakituinen asunto	359072	7079946	40	37,0	36,4	Ei
f	Vakituinen asunto	358916	7082565	40	35,5	35,3	Ei
g	Vakituinen asunto	359231	7081789	40	35,5	35,2	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	352463	7078966	40	38,3	37,9	Ei
j	Vakituinen asunto	352136	7079279	40	37,8	37,5	Ei

LIITE 2: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA (VE1)

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 Pitkälehdon vaihtoehdolle VE1, jossa on 18 tuulivoimalaa.

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

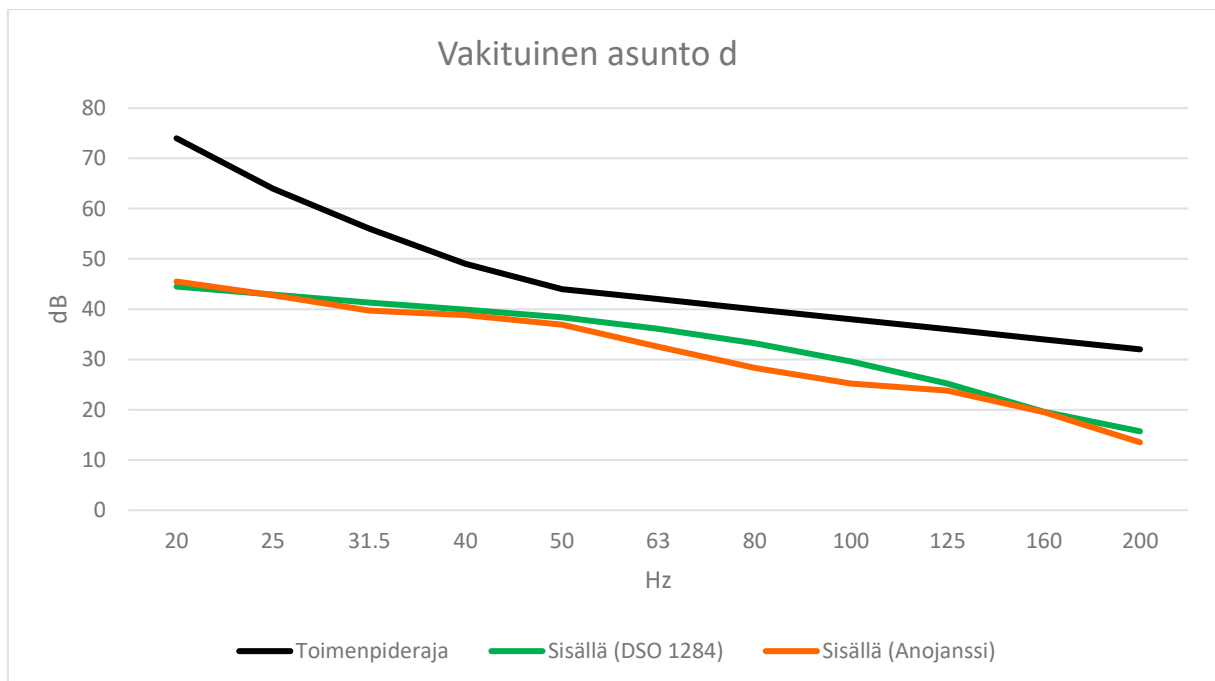
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	i	j
20	51,3	51,3	51,7	51,4	51,2	49,0	51,2	50,1	50,2
25	51,6	51,5	52,0	51,6	51,4	49,2	51,4	50,4	50,4
31,5	52,3	52,3	52,8	52,4	52,2	50,0	52,2	51,1	51,2
40	51,6	51,5	52,0	51,6	51,4	49,2	51,4	50,4	50,4
50	51,6	51,5	52,0	51,7	51,4	49,2	51,5	50,4	50,4
63	53,0	52,9	53,4	53,0	52,8	50,5	52,8	51,7	51,8
80	53,1	53,1	53,6	53,2	52,9	50,6	53,0	51,8	51,9
100	51,0	51,0	51,5	51,1	50,8	48,4	50,9	49,7	49,8
125	45,6	45,6	46,1	45,7	45,4	42,9	45,5	44,2	44,3
160	41,0	40,9	41,4	41,0	40,7	38,0	40,7	39,4	39,5
200	40,9	40,8	41,4	40,9	40,6	37,6	40,6	39,3	39,3

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

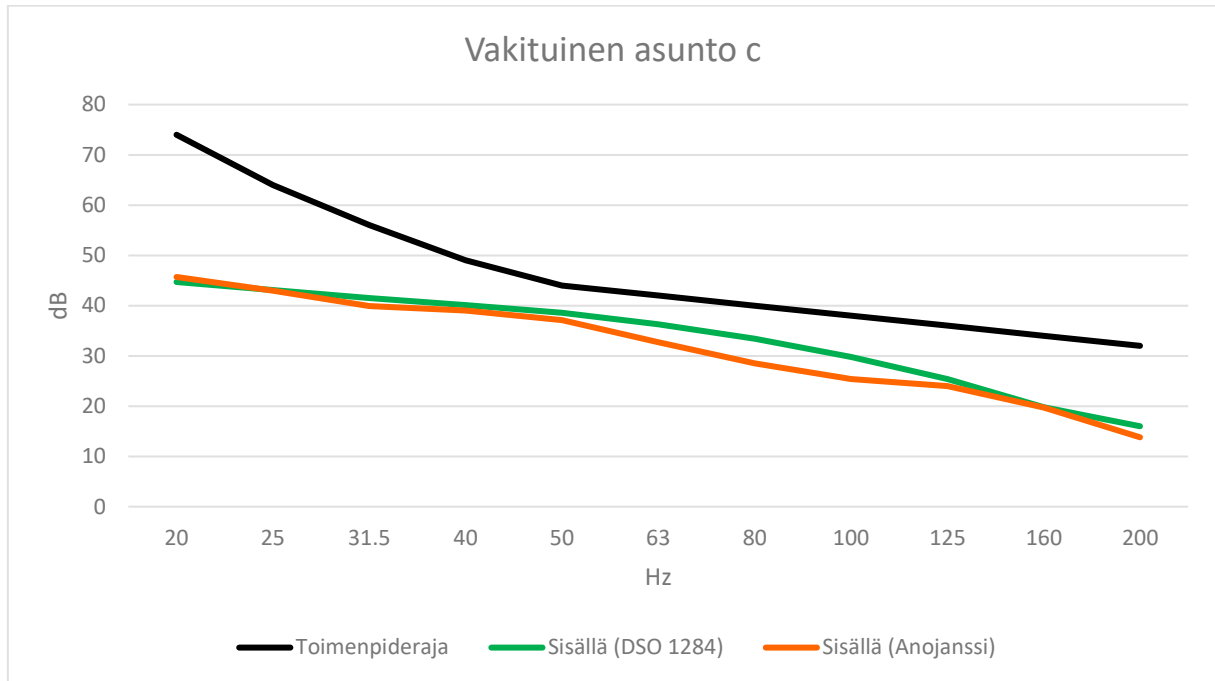
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	i	j
20	44,7	44,7	45,1	44,8	44,6	42,4	44,6	43,5	43,6
25	43,2	43,1	43,6	43,2	43,0	40,8	43,0	42,0	42,0
31,5	41,5	41,5	42,0	41,6	41,4	39,2	41,4	40,3	40,4
40	40,2	40,1	40,6	40,2	40,0	37,8	40,0	39,0	39,0
50	38,6	38,5	39,0	38,7	38,4	36,2	38,5	37,4	37,4
63	36,4	36,3	36,8	36,4	36,2	33,9	36,2	35,1	35,2
80	33,4	33,4	33,9	33,5	33,2	30,9	33,3	32,1	32,2
100	29,8	29,8	30,3	29,9	29,6	27,2	29,7	28,5	28,6
125	25,4	25,4	25,9	25,5	25,2	22,7	25,3	24,0	24,1
160	19,8	19,7	20,2	19,8	19,5	16,8	19,5	18,2	18,3
200	15,9	15,8	16,4	15,9	15,6	12,6	15,6	14,3	14,3

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	i	j
20	45,7	45,7	46,1	45,8	45,6	43,4	45,6	44,5	44,6
25	43,1	43,0	43,5	43,1	42,9	40,7	42,9	41,9	41,9
31,5	39,9	39,9	40,4	40,0	39,8	37,6	39,8	38,7	38,8
40	39,1	39,0	39,5	39,1	38,9	36,7	38,9	37,9	37,9
50	37,1	37,0	37,5	37,2	36,9	34,7	37,0	35,9	35,9
63	32,8	32,7	33,2	32,8	32,6	30,3	32,6	31,5	31,6
80	28,5	28,5	29,0	28,6	28,3	26,0	28,4	27,2	27,3
100	25,4	25,4	25,9	25,5	25,2	22,8	25,3	24,1	24,2
125	24,0	24,0	24,5	24,1	23,8	21,3	23,9	22,6	22,7
160	19,7	19,6	20,1	19,7	19,4	16,7	19,4	18,1	18,2
200	13,7	13,6	14,2	13,7	13,4	10,4	13,4	12,1	12,1



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön toimenpiderajat vakituuisessa asunnossa d.



Kuva 6. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituudessa asunnossa c.

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA (VE2)

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 Pitkälehdon vaihtoehdolle VE2, jossa on 16 tuulivoimalaa.

Taulukko 12. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	a	b	c	d	e	f	g
20	51,1	51,0	51,3	50,8	50,7	48,7	50,6
25	51,3	51,3	51,5	51,0	51,0	48,9	50,8
31,5	52,1	52,0	52,3	51,8	51,7	49,7	51,6
40	51,3	51,3	51,5	51,0	51,0	48,9	50,8
50	51,4	51,3	51,6	51,1	51,0	48,9	50,9
63	52,7	52,7	52,9	52,4	52,4	50,3	52,2
80	52,9	52,8	53,1	52,6	52,5	50,4	52,4
100	50,8	50,7	51,0	50,5	50,4	48,2	50,3

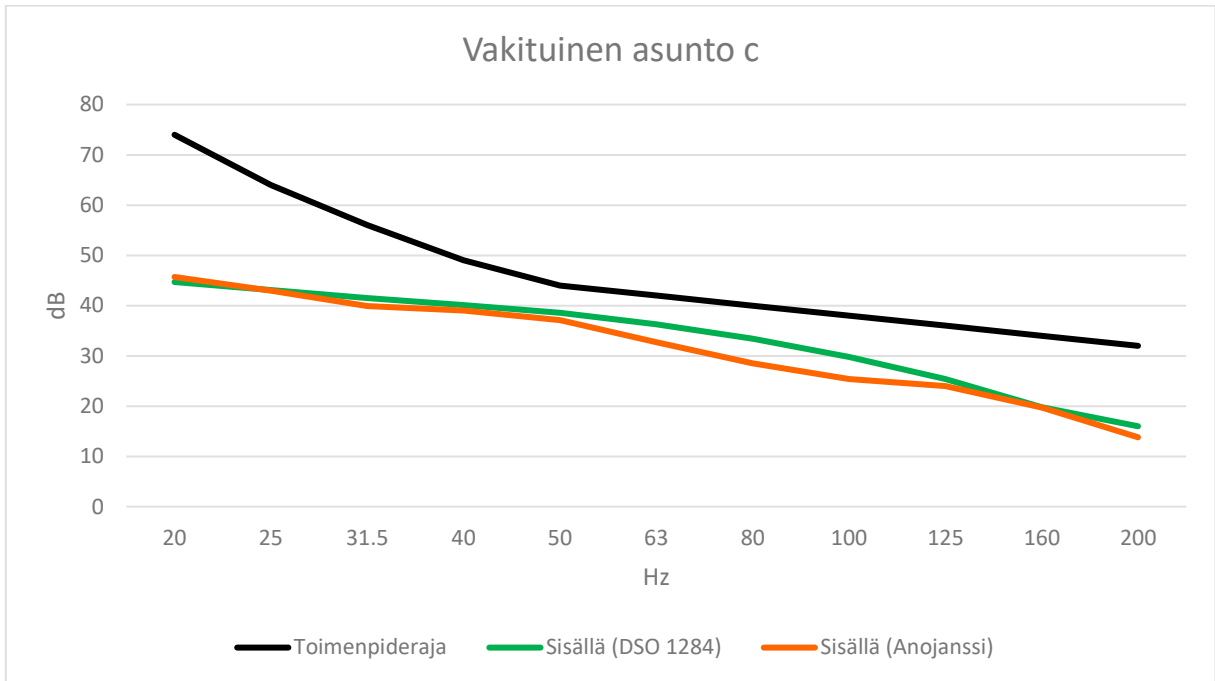
125	45,4	45,4	45,6	45,1	45,0	42,7	44,8
160	40,8	40,7	41,0	40,4	40,3	37,8	40,1
200	40,7	40,6	41,0	40,3	40,3	37,4	40,0

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

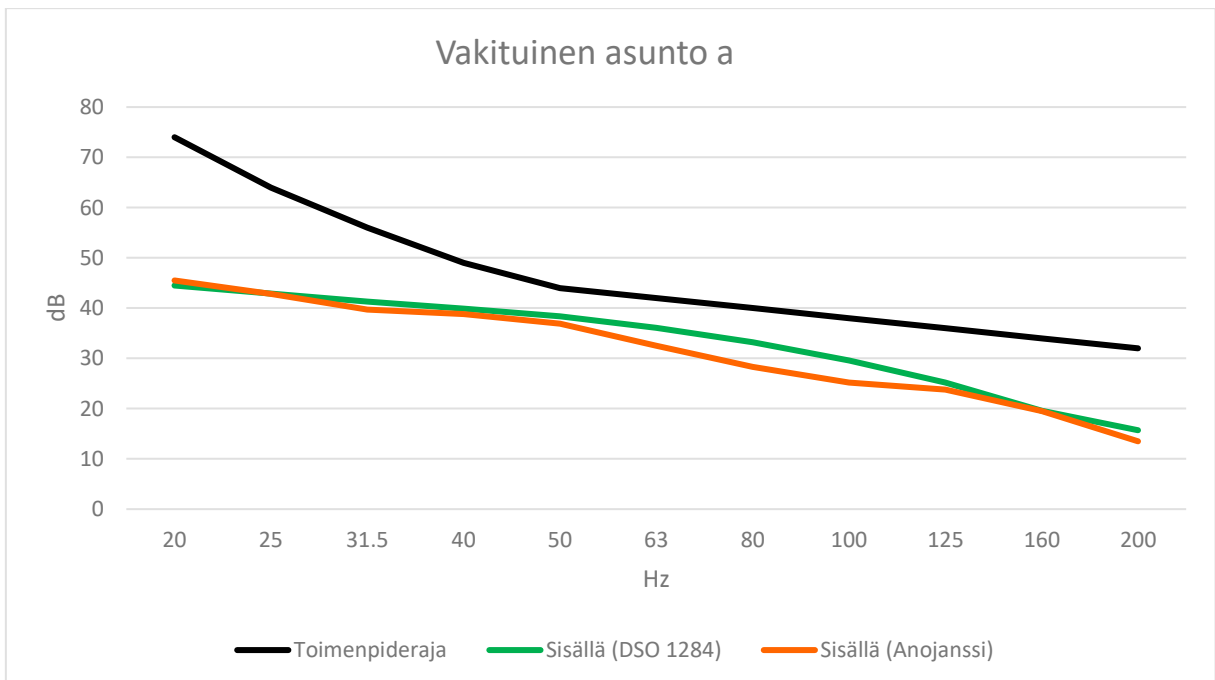
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	a	b	c	d	e	f	g
20	44,5	44,4	44,7	44,2	44,1	42,1	44,0
25	42,9	42,9	43,1	42,6	42,6	40,5	42,4
31,5	41,3	41,2	41,5	41,0	40,9	38,9	40,8
40	39,9	39,9	40,1	39,6	39,6	37,5	39,4
50	38,4	38,3	38,6	38,1	38,0	35,9	37,9
63	36,1	36,1	36,3	35,8	35,8	33,7	35,6
80	33,2	33,1	33,4	32,9	32,8	30,7	32,7
100	29,6	29,5	29,8	29,3	29,2	27,0	29,1
125	25,2	25,2	25,4	24,9	24,8	22,5	24,6
160	19,6	19,5	19,8	19,2	19,1	16,6	18,9
200	15,7	15,6	16,0	15,3	15,3	12,4	15,0

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	a	b	c	d	e	f	g
20	45,5	45,4	45,7	45,2	45,1	43,1	45,0
25	42,8	42,8	43,0	42,5	42,5	40,4	42,3
31,5	39,7	39,6	39,9	39,4	39,3	37,3	39,2
40	38,8	38,8	39,0	38,5	38,5	36,4	38,3
50	36,9	36,8	37,1	36,6	36,5	34,4	36,4
63	32,5	32,5	32,7	32,2	32,2	30,1	32,0
80	28,3	28,2	28,5	28,0	27,9	25,8	27,8
100	25,2	25,1	25,4	24,9	24,8	22,6	24,7
125	23,8	23,8	24,0	23,5	23,4	21,1	23,2
160	19,5	19,4	19,7	19,1	19,0	16,5	18,8
200	13,5	13,4	13,8	13,1	13,1	10,2	12,8



Kuva 7. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa c.



Kuva 8. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa a.

LIITE 4: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET (VE1)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevissa asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pientaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Pitkälehdon (18 voimalaa) ja naapuripuisto (14 tuulivoimalaa) ovat toiminnassa.

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

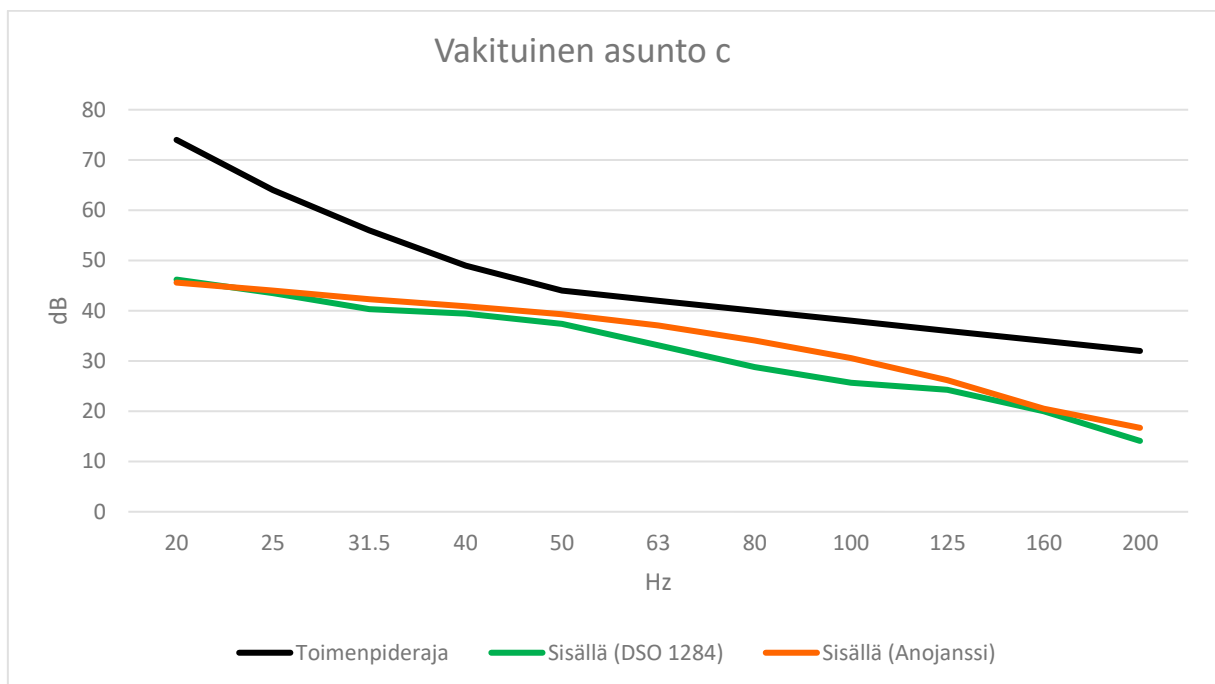
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	i	j
20	52,3	52,2	52,8	51,9	52,5	51,3	51,7	51,0	51,0
25	51,4	51,3	51,9	51,0	51,5	50,3	50,8	50,1	50,1
31.5	50,6	50,6	51,1	50,3	50,8	49,5	50,1	49,4	49,3
40	50,3	50,3	50,8	50,0	50,4	49,1	49,8	49,1	49,0
50	50,0	49,9	50,4	49,6	50,0	48,5	49,4	48,7	48,6
63	49,2	49,2	49,7	48,9	49,2	47,7	48,7	47,9	47,9
80	48,1	48,0	48,5	47,7	48,1	46,5	47,5	46,7	46,7
100	46,5	46,4	46,9	46,1	46,5	44,8	45,9	45,1	45,1
125	44,1	44,0	44,5	43,7	44,1	42,4	43,5	42,6	42,6
160	40,7	40,6	41,2	40,3	40,7	39,0	40,1	39,1	39,1
200	38,6	38,5	39,1	38,1	38,6	36,8	37,9	36,9	36,8

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

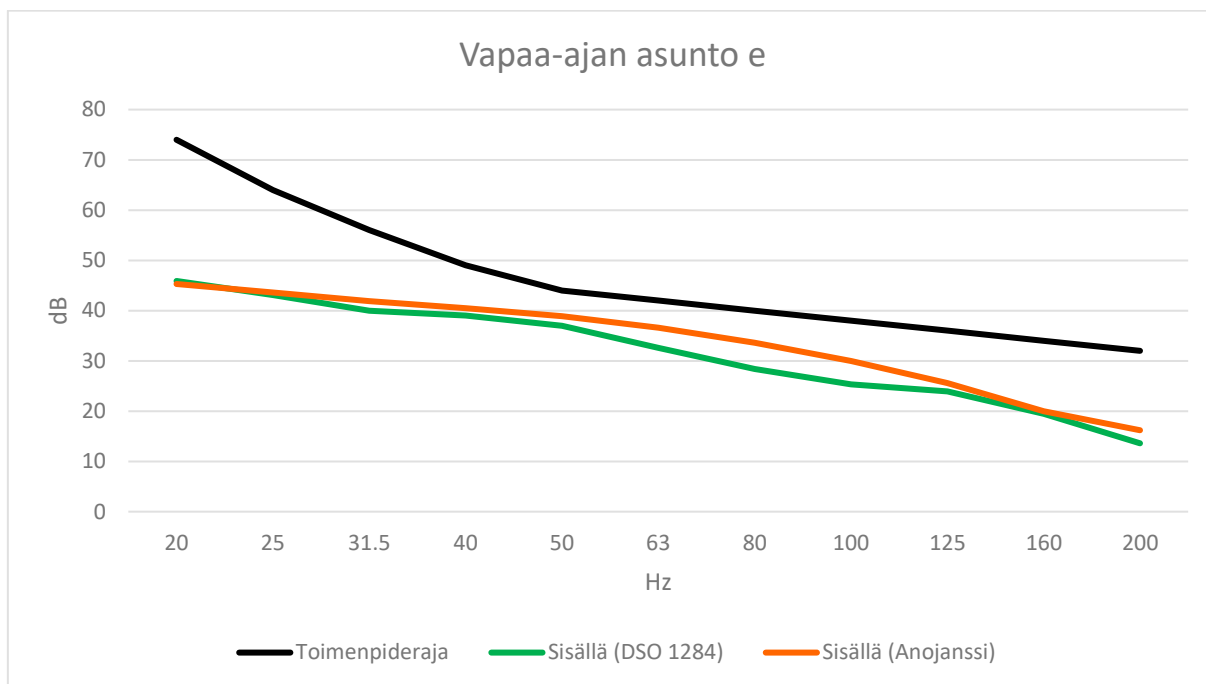
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	i	j
20	45,7	45,6	46,2	45,3	45,9	44,7	45,1	44,4	44,4
25	43,0	42,9	43,5	42,6	43,1	41,9	42,4	41,7	41,7
31.5	39,8	39,8	40,3	39,5	40,0	38,7	39,3	38,6	38,5
40	38,9	38,9	39,4	38,6	39,0	37,7	38,4	37,7	37,6
50	37,0	36,9	37,4	36,6	37,0	35,5	36,4	35,7	35,6
63	32,6	32,6	33,1	32,3	32,6	31,1	32,1	31,3	31,3
80	28,4	28,3	28,8	28,0	28,4	26,8	27,8	27,0	27,0
100	25,3	25,2	25,7	24,9	25,3	23,6	24,7	23,9	23,9
125	23,9	23,8	24,3	23,5	23,9	22,2	23,3	22,4	22,4
160	19,5	19,4	20,0	19,1	19,5	17,8	18,9	17,9	17,9
200	13,6	13,5	14,1	13,1	13,6	11,8	12,9	11,9	11,8

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	i	j	
20	44,9	44,8	45,6	44,9	45,3	43,9	44,7	43,7	43,7	
25	43,3	43,2	44,0	43,3	43,6	42,2	43,1	42,1	42,1	
31,5	41,7	41,6	42,3	41,7	41,9	40,5	41,5	40,5	40,5	
40	40,3	40,2	40,9	40,3	40,5	39,0	40,1	39,1	39,1	
50	38,7	38,6	39,3	38,7	38,9	37,2	38,5	37,5	37,5	
63	36,5	36,4	37,1	36,5	36,6	34,9	36,3	35,2	35,2	
80	33,5	33,4	34,1	33,5	33,6	31,9	33,3	32,2	32,3	
100	29,9	29,8	30,6	29,9	30,0	28,2	29,7	28,6	28,6	
125	25,5	25,4	26,2	25,5	25,6	23,7	25,3	24,1	24,1	
160	19,8	19,7	20,5	19,8	20,0	18,0	19,6	18,3	18,3	
200	15,9	15,9	16,7	15,9	16,2	14,1	15,7	14,3	14,3	



Kuva 9. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön toimenpiderajat vakituudessa asunnossa c.



Kuva 10. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa e.

LIITE 5: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET (VE2)

Taulukko 12, Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella,

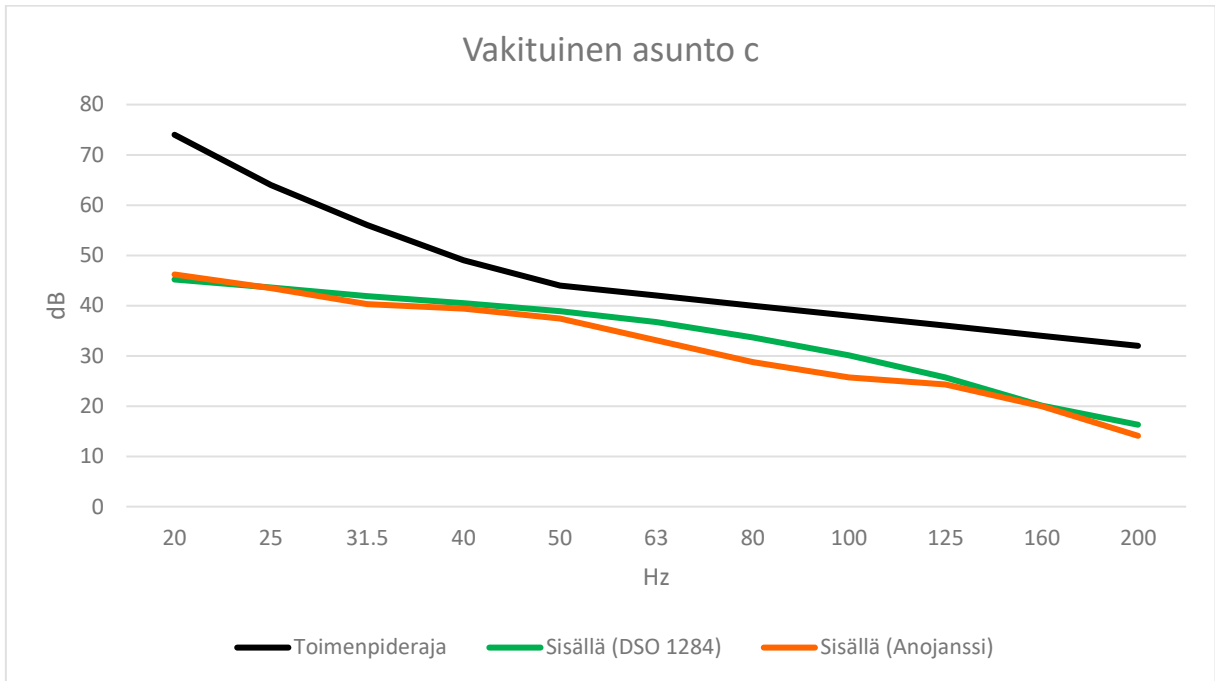
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	i	j
20	51,3	51,2	51,8	50,9	51,5	50,3	50,7	50,0	50,0
25	51,5	51,4	52,0	51,1	51,6	50,4	50,9	50,2	50,2
31,5	52,2	52,2	52,7	51,9	52,4	51,1	51,7	51,0	50,9
40	51,4	51,4	51,9	51,1	51,5	50,2	50,9	50,2	50,1
50	51,5	51,4	51,9	51,1	51,5	50,0	50,9	50,2	50,1
63	52,8	52,8	53,3	52,5	52,8	51,3	52,3	51,5	51,5
80	53,0	52,9	53,4	52,6	53,0	51,4	52,4	51,6	51,6
100	50,9	50,8	51,3	50,5	50,9	49,2	50,3	49,5	49,5
125	45,5	45,4	45,9	45,1	45,5	43,8	44,9	44,0	44,0
160	40,8	40,7	41,3	40,4	40,8	39,1	40,2	39,2	39,2
200	40,8	40,7	41,3	40,3	40,8	39,0	40,1	39,1	39,0

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

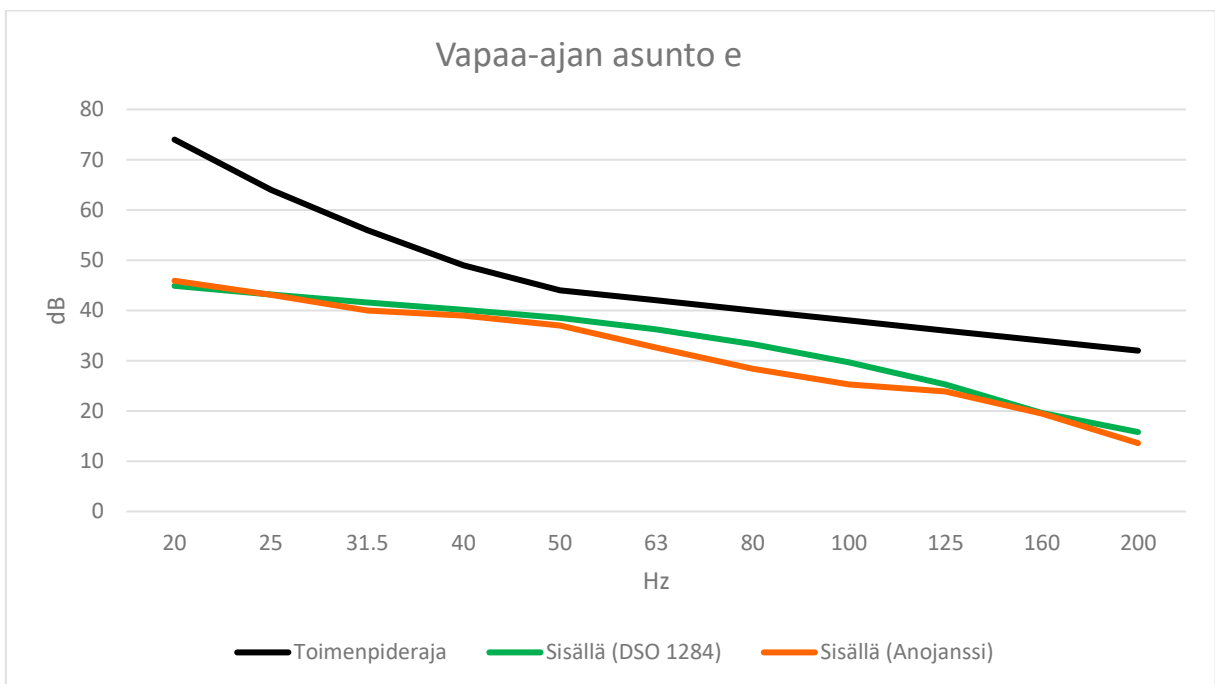
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	i	j
20	44,7	44,6	45,2	44,3	44,9	43,7	44,1	43,4	43,4
25	43,1	43,0	43,6	42,7	43,2	42,0	42,5	41,8	41,8
31,5	41,4	41,4	41,9	41,1	41,6	40,3	40,9	40,2	40,1
40	40,0	40,0	40,5	39,7	40,1	38,8	39,5	38,8	38,7
50	38,5	38,4	38,9	38,1	38,5	37,0	37,9	37,2	37,1
63	36,2	36,2	36,7	35,9	36,2	34,7	35,7	34,9	34,9
80	33,3	33,2	33,7	32,9	33,3	31,7	32,7	31,9	31,9
100	29,7	29,6	30,1	29,3	29,7	28,0	29,1	28,3	28,3
125	25,3	25,2	25,7	24,9	25,3	23,6	24,7	23,8	23,8
160	19,6	19,5	20,1	19,2	19,6	17,9	19,0	18,0	18,0
200	15,8	15,7	16,3	15,3	15,8	14,0	15,1	14,1	14,0

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	i	j
20	45,7	45,6	46,2	45,3	45,9	44,7	45,1	44,4	44,4
25	43,0	42,9	43,5	42,6	43,1	41,9	42,4	41,7	41,7
31,5	39,8	39,8	40,3	39,5	40,0	38,7	39,3	38,6	38,5
40	38,9	38,9	39,4	38,6	39,0	37,7	38,4	37,7	37,6
50	37,0	36,9	37,4	36,6	37,0	35,5	36,4	35,7	35,6
63	32,6	32,6	33,1	32,3	32,6	31,1	32,1	31,3	31,3
80	28,4	28,3	28,8	28,0	28,4	26,8	27,8	27,0	27,0
100	25,3	25,2	25,7	24,9	25,3	23,6	24,7	23,9	23,9
125	23,9	23,8	24,3	23,5	23,9	22,2	23,3	22,4	22,4



Kuva 11. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituudessa asunnossa c.



Kuva 12. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa e.

LIITE 6: SIIJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 21. Pitkälehdon voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (18 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	356198	7082380	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
2	356345	7081862	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
3	355519	7081733	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
4	355842	7081302	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
5	356298	7080938	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
6	356610	7080436	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
7	356809	7079908	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
8	354706	7080840	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
9	355167	7080484	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
10	355601	7080048	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
11	355896	7079592	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
12	356282	7079166	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
13	356724	7078730	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
14	353981	7080318	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
15	354275	7079807	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
16	354861	7079759	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
17	354989	7079224	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
18	355238	7078746	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)

Taulukko 22. Pitkälehdon voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (16 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	353981	7080318	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
2	354861	7079758	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
3	354989	7079224	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
4	354275	7079807	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
5	355601	7080048	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
6	355896	7079592	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
7	354706	7080840	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
8	356345	7081862	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
9	356298	7080938	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
10	356610	7080436	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
11	355519	7081733	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
12	356198	7082380	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
13	355842	7081302	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
14	356282	7079166	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
15	355167	7080484	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)
16	356809	7079908	Vestas V172 7,2 MW 200 HH, 106,9 +3,1 dB(A)

Taulukko 23. Kuuronkallion voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	348081	7082420	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
2	350193	7082420	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
3	350668	7081730	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
4	350979	7081234	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A))
5	348075	7085125	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
6	349417	7085100	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
7	348465	7084894	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
8	348823	7084496	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
9	349365	7084402	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
10	348251	7084194	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
11	350095	7084025	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A))
12	350541	7083910	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
13	351476	7081303	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)
14	349942	7084541	Vestas V150 4,2 MW 155 HH, 104,9 +2,0 dB(A)