



ETHA WIND



## MELUSELVITYS

Tevaniemen Tuulivoimapuisto, 11.01.2022

## 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 .....	12
6.1	Nykytilanne .....	12
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset .....	12
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE1 .....	12
6.4	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE2.....	14
6.5	Pienitaajuinen melu .....	15
6.6	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	15
6.7	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät .....	16
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	16
8	LÄHTEET .....	17
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, TEVANIEMI.....	18
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset .....	20
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, Tevaniemi VE1 (painottamattomat melutasot) .....	21

Liite 3: Pienitaajuuden melun laskenta, Tevaniemi VE2 (painottamattomat melutasot) .....	23
Liite 4: Sijoitussuunnitelmat.....	26

## VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2022-01-11	Christian Granolund 2022-01-11	Christian Granolund 2022-01-11	Tevaniemen tuulivoimapuiston meluselvitys.

# 1 YHTEENVETO

## **Tehtävä:**

Meluselvitys Tevaniemen tuulivoimapuiston kahdelle eri hankevaihtoehdolle osana ympäristövaikutusten arviointimenettelyä.

## **Työmenetelmät:**

Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.4 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 missään hankevaihtoehdossa. Myöskään STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Erot hankevaihtoehtojen meluvaikutuksissa ovat hyvin pienet.

## 2 TAUSTA

Meluselvitys on tehty Tevaniemen tuulivoimapuistolle Ikaalisten kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 8–9 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty V162 6.0 MW-voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 199 metriä ja äänitehotaso 107,1 dB(A) + 2 dB(A) epävarmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Vestaksen marraskuussa 2020 päivittämiä äänitietoja.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.4 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-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: 9 voimalaa. Roottorihalkaisija 180 m ja napakorkeus 190 m. Kokonaiskorkeus on 280 m.
- VE2: 8 voimalaa. Roottorihalkaisija 180 m ja napakorkeus 190 m. Kokonaiskorkeus on 280 m.

## 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  $L_{eq,1h}$ .

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, ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti määriteltyjä, melupäästön takuuarvoja. Tämän takuuarvon tuulivoimalavalmistaja on arvioinut mittausten, roottorikoon ja tuulivoimalan toimintaperiaatteiden perusteella.

Äänitehotasot ilmoitetaan joko kokonaisäänitehotasona tai 1/3 oktaavikaistoittain riippuen valmistajasta ja käytettävästä voimalasta. Tevaniemi tapauksessa äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain.

Turbiinivalmistajien äänitiedot sisältävät epävarmuusmarginaalin. Vestaksen käyttämä epävarmuusmarginaali ei ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14 -standardiin, johon ympäristöministeriön ohjeet viittaavat. Edellä mainituista syistä johtuen lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2 dB:n epävarmuusmarginaali. Lisätyllä marginaalilla varmistetaan, että mallinnustulokset ovat riittävän konservatiiviset suhteessa ympäristöministeriön ohjeisiin ja lopulliseen voimalatyypin.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

*Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot.*

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Tevaniemi	V162 6.0 MW	199	107,1+2,0	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 kahden 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. 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 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 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

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

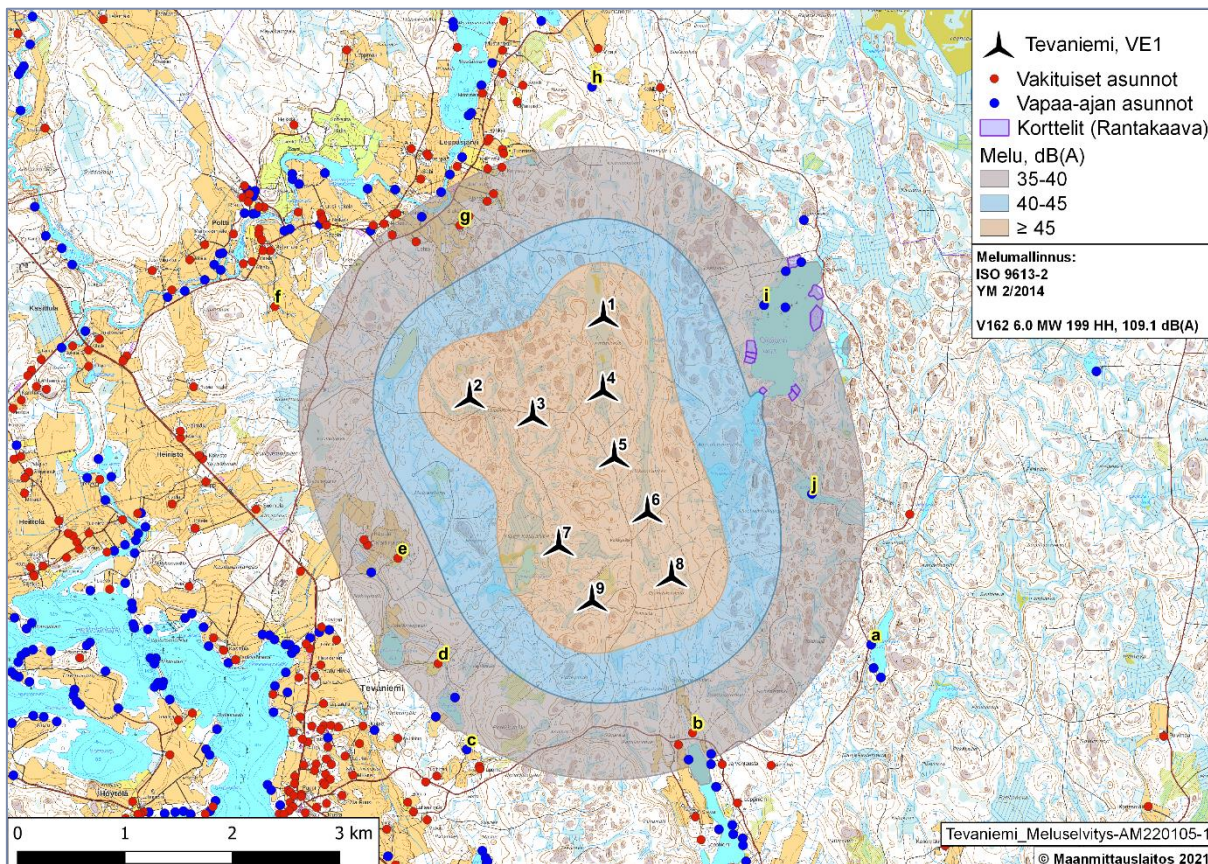
### 6.2 RAKENTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

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, VE1

Melumallinnuksessa Tevaniemen tuulivoimaloille käytettiin V162 6.0 MW-tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 109.1 dB(A) ja napakorkeus 199 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 9 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 4.



Kuva 1. Tevaniemen tuulivoimapuiston melumallinnus, V162 6.0 MW 109,1 dB(A). Kuvassa 10 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 10 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

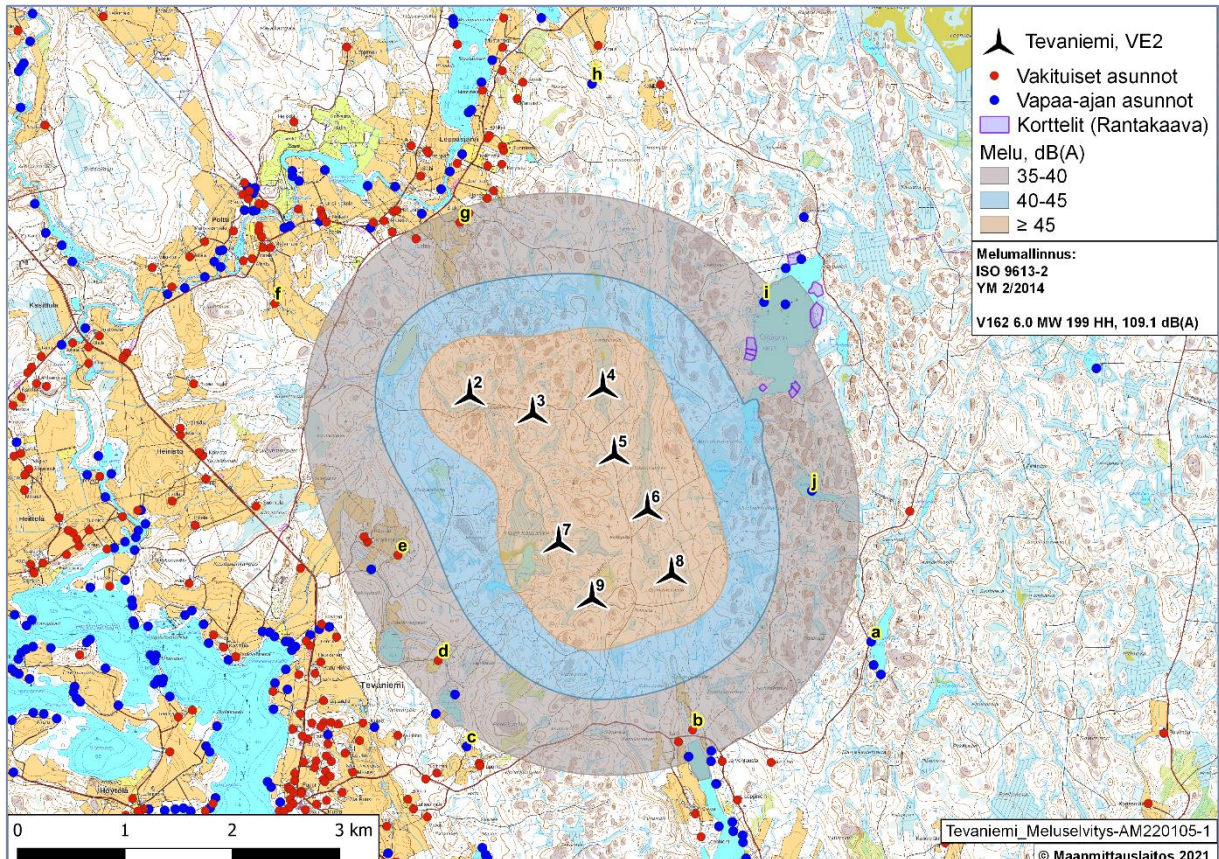
Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 39 dB(A) eli selvästi alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 37,9 dB(A) ja 38,7 dB(A) (vakituinen asunto e ja vapaa-ajan asunto j).

Rantakaavassa vapaa-ajan asunnoille osoitetuilla rakentamattomilla tonteilla (Rantakaavalla muodostetut korttelit) ei myöskään ylitä 40 dB(A) ohjearvo vaan äänitaso pysyy tasolla 35-39.6 dB(A).

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 Tevaniemen tuulivoimaloille käytettiin V162 6.0 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 109,1 dB(A) ja napakorkeus 199 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 8 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 4.



Kuva 2 Tevaniemen tuulivoimapaiston melumallinnus, V162 6.0 MW 109,1dB(A). Kuvassa 10 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 11 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 39 dB(A) eli selvästi alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 37,8 dB(A) ja 38,5 dB(A) (vakituinen asunto e ja vapaa-ajan asunto j).

Rantakaavassa vapaa-ajan asunnoille osoitetuilla rakentamattomilla tonteilla (Rantakaavalla muodostetut korttelit) ei myöskään ylity 40 dB(A) ohjearvo vaan äänitaso pysyy tasolla 33-39 dB(A).

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Tevaniemen tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset.

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

## 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 sijaitsevissa asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteistä 2 ja 3.

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 Tevaniemen tuulivoimaloiden 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

Melumallinnuksessa on käytetty ympäristöministeriön ohjeistuksen ja siellä mainittujen standardien mukaisia menetelmiä ja tulokset on raportoitu ohjeistuksen mukaisesti. Mallinusmenetelmiin 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 ylity 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](http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p551.pdf).

Etha Wind (2018) 01-Noise-CGYK141220-1-Rev4. 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 (2019). Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaiteiston CC 4.0 -lisenssi.

<http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

Sosiaali- ja Terveysministeriö (2015). Asumisterveysasetus. Helsinki.

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

Suomen ympäristökeskus (2019). OIVA – Ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille.

[http://paikkatieto.ymparisto.fi/lapio/lapio\\_flex.html#](http://paikkatieto.ymparisto.fi/lapio/lapio_flex.html#)

Valtioneuvosto (2015). Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista.

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

Vestas (2020). Third octave noise emission EnVentus™ V162-6.0MW.Document no 0095-3732\_01

Ympäristöministeriö (2014). Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Helsinki.

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH\\_2\\_2014.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1)

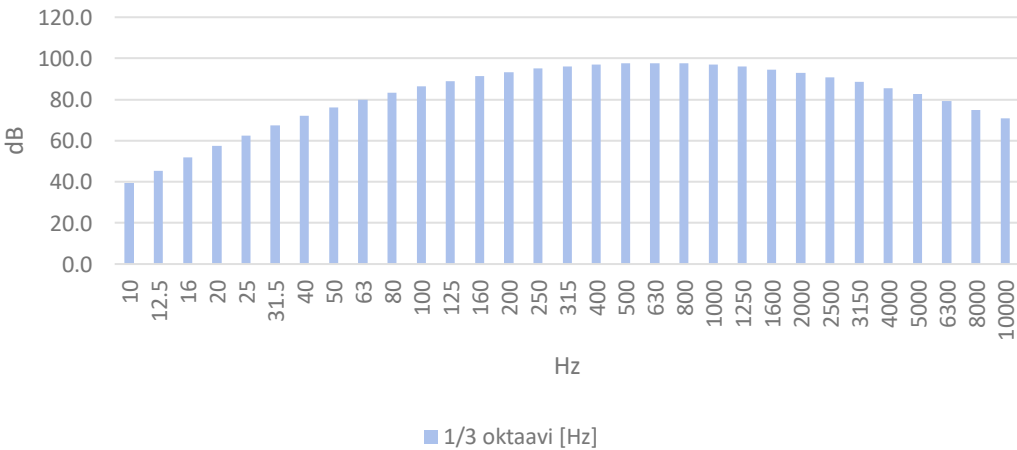
Ympäristöministeriö (2016). Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016.

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

Ympäristöministeriö (2018). Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä.

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

## 9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, TEVANIEMI

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT				*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä																																																																	
Mallinnusraportti numero/tunniste:		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: <b>11.01.2022</b>																																																																			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: <b>Etha Wind Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440</b>																																																																					
Vastuhenkilöt: <b>Arina Makarova</b>																																																																					
Laatija: <b>Arina Makarova</b>			Tarkastaja/hyväksyjä: <b>Christian Granlund</b>																																																																		
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT																																																																					
Mallinnusohjelma ja versio: <b>WindPRO Ver3.4</b>			Mallinnusmenetelmä: <b>ISO 9613-2</b>																																																																		
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)																																																																					
Tuulivoimalan valmistaja:		Tyyppi: : <b>V162-6.0 MW</b>		Sarjanumero/t:																																																																	
Nimellisteho: <b>6.0 MW</b>	Napakorkeus: <b>199 m</b>	Roottorin halkaisija: <b>162 m</b>		Tornin tyyppi: <b>Putkitorni</b>																																																																	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun																																																																					
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä																																																																	
<b>Kyllä</b>	dB	<b>Kyllä</b>	dB		dB																																																																
<b>Ei</b>	<b>Ei tiedossa</b>	<b>Ei</b>	<b>Ei tiedossa</b>		dB																																																																
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT																																																																					
Melupäästötiedot																																																																					
V162 6.0 MW 199 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 107,1 dB(A))																																																																					
<p style="text-align: center;">Vestas V162, 199 m HH 107.1 dB(A)</p>  <table border="1"> <caption>Estimated data from the sound pressure level chart</caption> <thead> <tr> <th>Hz</th> <th>dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>40</td></tr> <tr><td>12.5</td><td>45</td></tr> <tr><td>16</td><td>50</td></tr> <tr><td>20</td><td>55</td></tr> <tr><td>25</td><td>60</td></tr> <tr><td>31.5</td><td>65</td></tr> <tr><td>40</td><td>70</td></tr> <tr><td>50</td><td>75</td></tr> <tr><td>63</td><td>80</td></tr> <tr><td>80</td><td>85</td></tr> <tr><td>100</td><td>90</td></tr> <tr><td>125</td><td>95</td></tr> <tr><td>160</td><td>100</td></tr> <tr><td>200</td><td>105</td></tr> <tr><td>250</td><td>107.1</td></tr> <tr><td>315</td><td>105</td></tr> <tr><td>400</td><td>100</td></tr> <tr><td>500</td><td>95</td></tr> <tr><td>630</td><td>90</td></tr> <tr><td>800</td><td>85</td></tr> <tr><td>1000</td><td>80</td></tr> <tr><td>1250</td><td>75</td></tr> <tr><td>1600</td><td>70</td></tr> <tr><td>2000</td><td>65</td></tr> <tr><td>2500</td><td>60</td></tr> <tr><td>3150</td><td>55</td></tr> <tr><td>4000</td><td>50</td></tr> <tr><td>5000</td><td>45</td></tr> <tr><td>6300</td><td>40</td></tr> <tr><td>8000</td><td>35</td></tr> <tr><td>10000</td><td>30</td></tr> </tbody> </table>						Hz	dB	10	40	12.5	45	16	50	20	55	25	60	31.5	65	40	70	50	75	63	80	80	85	100	90	125	95	160	100	200	105	250	107.1	315	105	400	100	500	95	630	90	800	85	1000	80	1250	75	1600	70	2000	65	2500	60	3150	55	4000	50	5000	45	6300	40	8000	35	10000	30
Hz	dB																																																																				
10	40																																																																				
12.5	45																																																																				
16	50																																																																				
20	55																																																																				
25	60																																																																				
31.5	65																																																																				
40	70																																																																				
50	75																																																																				
63	80																																																																				
80	85																																																																				
100	90																																																																				
125	95																																																																				
160	100																																																																				
200	105																																																																				
250	107.1																																																																				
315	105																																																																				
400	100																																																																				
500	95																																																																				
630	90																																																																				
800	85																																																																				
1000	80																																																																				
1250	75																																																																				
1600	70																																																																				
2000	65																																																																				
2500	60																																																																				
3150	55																																																																				
4000	50																																																																				
5000	45																																																																				
6300	40																																																																				
8000	35																																																																				
10000	30																																																																				

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: <b>Maanmittauslaitos</b>				Vaakaresoluutio: <b>2 m</b>		Pystyresoluutio: <b>1 m</b>		
Maan- ja vedenpinnan absorption ja heijastuksen huomiointi, käytetyt kertoimet								
<b>ISO 9613-2</b>								
Vesialueet, (0) / (G)			<b>0</b>					
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)			<b>0,4</b>					
Maa-alueet, (0) / (G)								
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus								
Neutraali, (0): <b>kyllä</b>				Muu, mikä ja miksi:				
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen								
<b>Vapaa avaruus</b>				Muu, mikä, miksi:				
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)								
Asukkaat: <b>0</b> kpl		Vapaa-ajan rakennukset: <b>0</b> kpl				Hoito- ja oppilaitokset: <b>0</b> kpl		
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)								
Asukkaat: <b>0</b> kpl		Vapaa-ajan rakennukset: <b>0</b> kpl				Hoito- ja oppilaitokset: <b>0</b> kpl		
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille								
Virkistysalueet: <b>0</b> kpl				Luonnonsuojelualueet: <b>0</b> kpl				

## LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

*Taulukko 7. Tevaniemen 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	297445	6864932	40	33,3	33,2	Ei
b	Vakituinen asunto	295781	6864110	40	36,8	36,7	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	293676	6863956	40	34,4	34,3	Ei
d	Vakituinen asunto	293409	6864755	40	36,9	36,8	Ei
e	Vakituinen asunto	293034	6865737	40	37,9	37,8	Ei
f	Vakituinen asunto	291888	6868080	40	32,7	32,2	Ei
g	Vakituinen asunto	293612	6868837	40	37,1	35,7	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	294843	6870126	40	32,0	30,0	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	296447	6868093	40	37,3	35,8	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	296893	6866336	40	38,7	38,5	Ei

## LIITE 2: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, TEVANIEMI VE1 (PAINOTTAMATTOMAT MELUTASOT)

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 Tevaniemen vaihtoehdolle VE1, jossa on 9 tuulivoimalaa.

*Taulukko 8. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.*

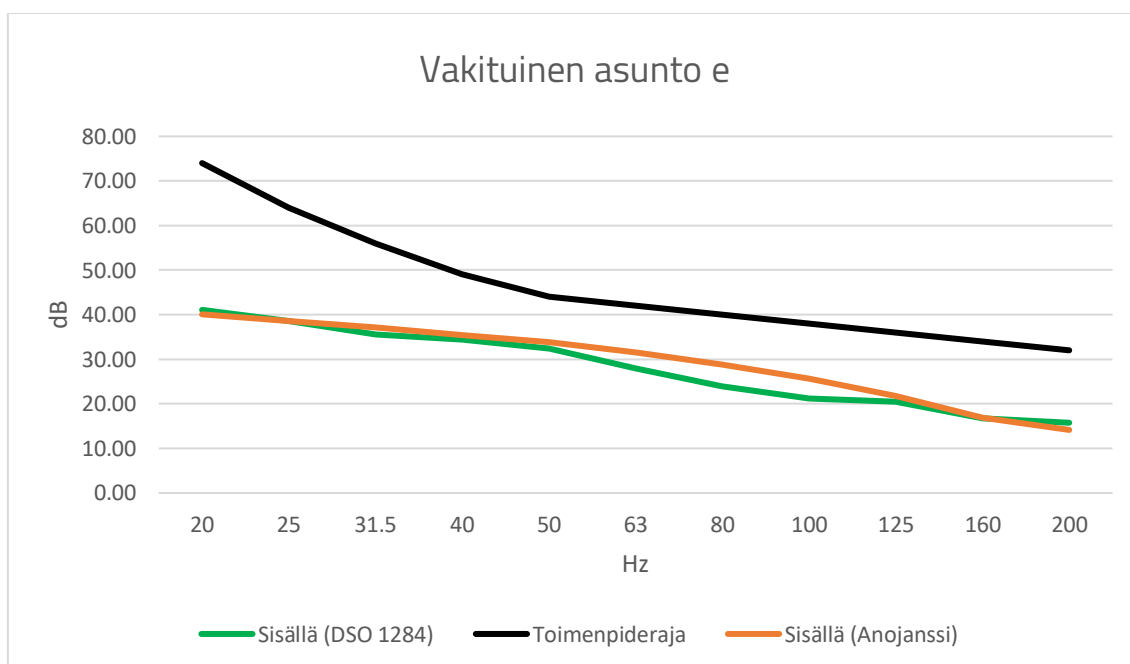
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	44.5	46.6	45.2	46.9	47.7	44.1	46.9	43.6	47.1	47.5
25	43.7	45.9	44.4	46.1	46.9	43.3	46.2	42.9	46.4	46.7
31,5	43.1	45.3	43.8	45.5	46.3	42.7	45.5	42.2	45.7	46.1
40	42.6	44.7	43.3	44.9	45.8	42.1	45.0	41.7	45.2	45.6
50	42.1	44.3	42.8	44.5	45.3	41.7	44.6	41.2	44.7	45.1
63	41.3	43.5	42.0	43.7	44.6	40.9	43.8	40.4	44.0	44.4
80	40.2	42.5	41.0	42.7	43.6	39.8	42.8	39.3	43.0	43.4
100	39.0	41.3	39.7	41.5	42.4	38.5	41.6	38.0	41.8	42.2
125	37.1	39.5	37.9	39.7	40.6	36.7	39.8	36.1	40.0	40.4
160	34.3	36.8	35.1	37.0	37.9	33.8	37.1	33.3	37.3	37.7
200	33.1	35.8	34.0	36.0	37.0	32.6	36.1	32.0	36.3	36.7

*Taulukko 9. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.*

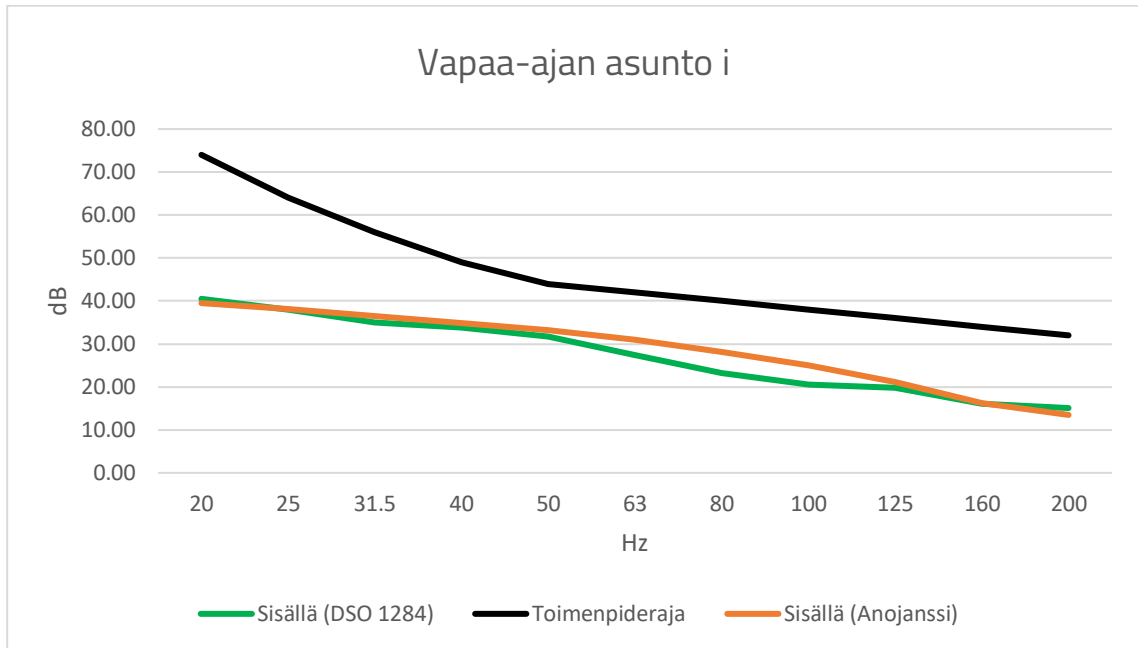
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	37.9	40.0	38.6	40.3	41.1	37.5	40.3	37.0	40.5	40.9
25	35.3	37.5	36.0	37.7	38.5	34.9	37.8	34.5	38.0	38.3
31,5	32.3	34.5	33.0	34.7	35.5	31.9	34.7	31.4	34.9	35.3
40	31.2	33.3	31.9	33.5	34.4	30.7	33.6	30.3	33.8	34.2
50	29.1	31.3	29.8	31.5	32.3	28.7	31.6	28.2	31.7	32.1
63	24.7	26.9	25.4	27.1	28.0	24.3	27.2	23.8	27.4	27.8
80	20.5	22.8	21.3	23.0	23.9	20.1	23.1	19.6	23.3	23.7
100	17.8	20.1	18.5	20.3	21.2	17.3	20.4	16.8	20.6	21.0
125	16.9	19.3	17.7	19.5	20.4	16.5	19.6	15.9	19.8	20.2
160	13.1	15.6	13.9	15.8	16.7	12.6	15.9	12.1	16.1	16.5
200	11.9	14.6	12.8	14.8	15.8	11.4	14.9	10.8	15.1	15.5

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	36.9	39.0	37.6	39.3	40.1	36.5	39.3	36.0	39.5	39.9
25	35.4	37.6	36.1	37.8	38.6	35.0	37.9	34.6	38.1	38.4
31,5	33.9	36.1	34.6	36.3	37.1	33.5	36.3	33.0	36.5	36.9
40	32.3	34.4	33.0	34.6	35.5	31.8	34.7	31.4	34.9	35.3
50	30.6	32.8	31.3	33.0	33.8	30.2	33.1	29.7	33.2	33.6
63	28.3	30.5	29.0	30.7	31.6	27.9	30.8	27.4	31.0	31.4
80	25.4	27.7	26.2	27.9	28.8	25.0	28.0	24.5	28.2	28.6
100	22.2	24.5	22.9	24.7	25.6	21.7	24.8	21.2	25.0	25.4
125	18.3	20.7	19.1	20.9	21.8	17.9	21.0	17.3	21.2	21.6
160	13.2	15.7	14.0	15.9	16.8	12.7	16.0	12.2	16.2	16.6
200	10.3	13.0	11.2	13.2	14.2	9.8	13.3	9.2	13.5	13.9



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



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

### LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, TEVANIEMI VE2 (PAINOTTAMATTOMAT MELUTASOT)

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 Tevaniemen vaihtoehdolle VE2, jossa on 8 tuulivoimalaa.

Taulukko 11. Pienitaajuisen melu rakennuksen ulkopuolella.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	44.2	46.5	45.0	46.7	47.4	43.6	45.8	42.3	46.0	47.2
25	43.5	45.7	44.2	45.9	46.7	42.8	45.1	41.5	45.2	46.4
31,5	42.8	45.1	43.6	45.3	46.1	42.2	44.5	40.9	44.6	45.8
40	42.3	44.6	43.1	44.8	45.5	41.6	43.9	40.3	44.1	45.3
50	41.8	44.1	42.6	44.3	45.1	41.2	43.5	39.9	43.6	44.8
63	41.0	43.3	41.8	43.5	44.3	40.3	42.7	39.0	42.8	44.0
80	40.0	42.3	40.8	42.5	43.3	39.3	41.7	38.0	41.8	43.0
100	38.7	41.2	39.6	41.3	42.2	38.0	40.5	36.6	40.6	41.9



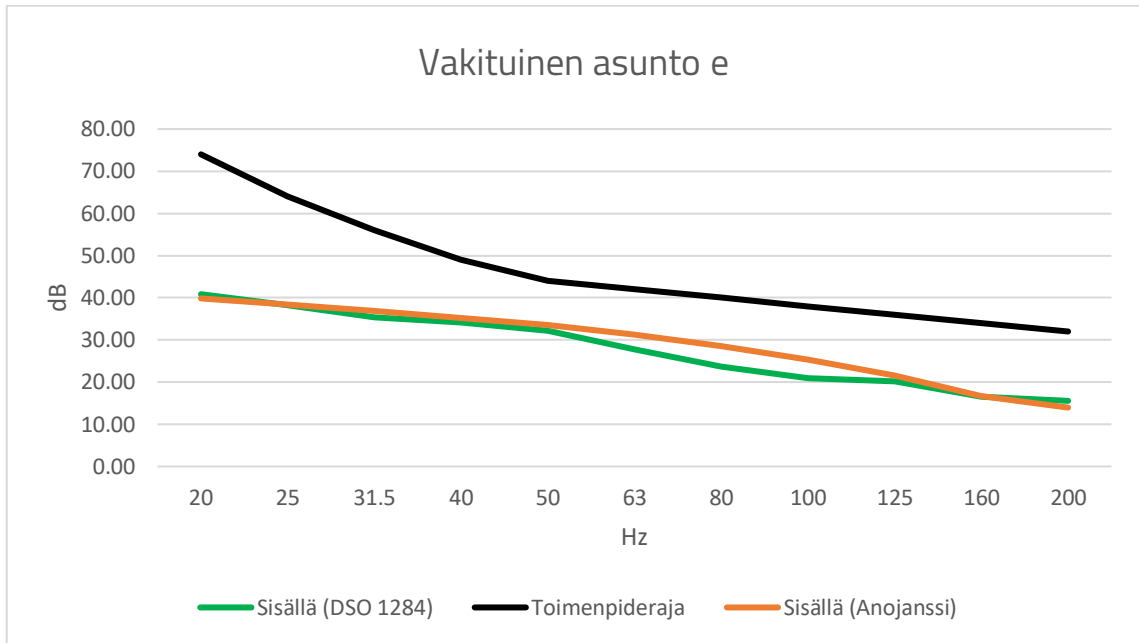
125	36.9	39.4	37.7	39.6	40.4	36.1	38.7	34.7	38.8	40.1
160	34.1	36.7	34.9	36.9	37.7	33.3	36.0	31.7	36.1	37.4
200	32.9	35.7	33.8	35.9	36.8	32.1	34.9	30.4	35.0	36.4

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

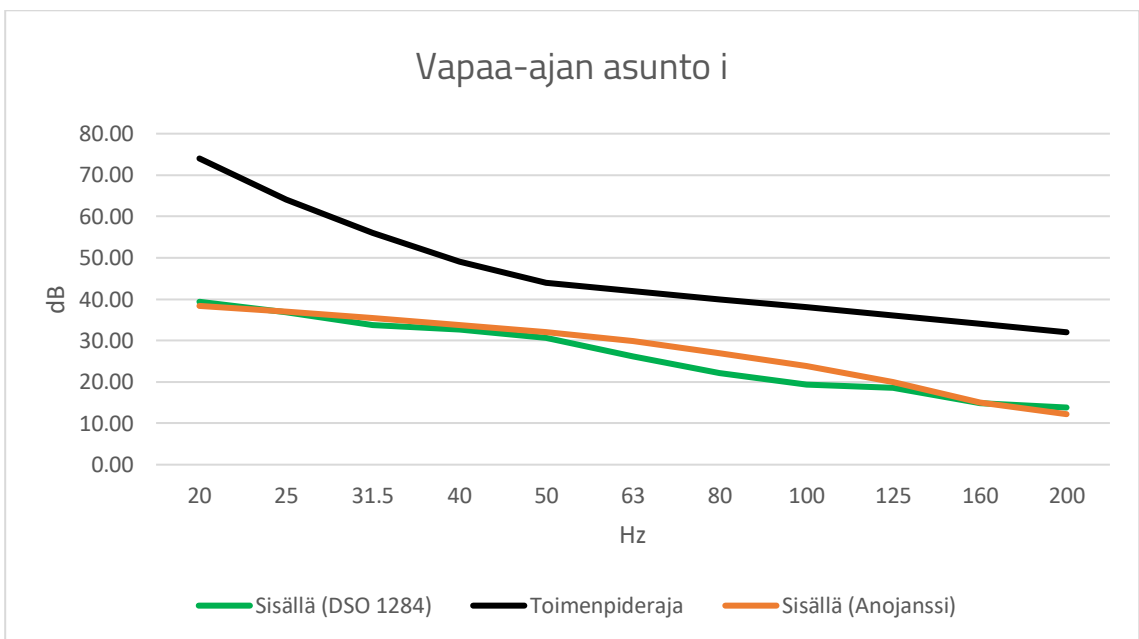
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	37.6	39.9	38.4	40.1	40.8	37.0	39.2	35.7	39.4	40.6
25	35.1	37.3	35.8	37.5	38.3	34.4	36.7	33.1	36.8	38.0
31,5	32.0	34.3	32.8	34.5	35.3	31.4	33.7	30.1	33.8	35.0
40	30.9	33.2	31.7	33.4	34.1	30.2	32.5	28.9	32.7	33.9
50	28.8	31.1	29.6	31.3	32.1	28.2	30.5	26.9	30.6	31.8
63	24.4	26.7	25.2	26.9	27.7	23.7	26.1	22.4	26.2	27.4
80	20.3	22.6	21.1	22.8	23.6	19.6	22.0	18.3	22.1	23.3
100	17.5	20.0	18.4	20.1	21.0	16.8	19.3	15.4	19.4	20.7
125	16.7	19.2	17.5	19.4	20.2	15.9	18.5	14.5	18.6	19.9
160	12.9	15.5	13.7	15.7	16.5	12.1	14.8	10.5	14.9	16.2
200	11.7	14.5	12.6	14.7	15.6	10.9	13.7	9.2	13.8	15.2

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	36.6	38.9	37.4	39.1	39.8	36.0	38.2	34.7	38.4	39.6
25	35.2	37.4	35.9	37.6	38.4	34.5	36.8	33.2	36.9	38.1
31,5	33.6	35.9	34.4	36.1	36.9	33.0	35.3	31.7	35.4	36.6
40	32.0	34.3	32.8	34.5	35.2	31.3	33.6	30.0	33.8	35.0
50	30.3	32.6	31.1	32.8	33.6	29.7	32.0	28.4	32.1	33.3
63	28.0	30.3	28.8	30.5	31.3	27.3	29.7	26.0	29.8	31.0
80	25.2	27.5	26.0	27.7	28.5	24.5	26.9	23.2	27.0	28.2
100	21.9	24.4	22.8	24.5	25.4	21.2	23.7	19.8	23.8	25.1
125	18.1	20.6	18.9	20.8	21.6	17.3	19.9	15.9	20.0	21.3
160	13.0	15.6	13.8	15.8	16.6	12.2	14.9	10.6	15.0	16.3
200	10.1	12.9	11.0	13.1	14.0	9.3	12.1	7.6	12.2	13.6



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



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

## LIITE 4: SIOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevassa taulukossa.

*Taulukko 14. Tevaniemen voimaloiden sijaintitiedot, VE1*

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	294948	6868017	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
2	293701	6867262	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
3	294289	6867092	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
4	294942	6867331	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
5	295049	6866710	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
6	295358	6866197	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
7	294532	6865889	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
8	295583	6865599	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
9	294841	6865373	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)

*Taulukko 15. Tevaniemen voimaloiden sijaintitiedot, VE2*

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
2	293701	6867262	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
3	294289	6867092	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
4	294942	6867331	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
5	295049	6866710	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
6	295358	6866197	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
7	294532	6865889	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
8	295583	6865599	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)
9	294841	6865373	VESTAS V162-6.0 MW 199 m HH clean blade, 107,1+2dB(A)