



ETHA WIND



MELUSELVITYS

Tuulikaarron Tuulivoimapuisto, 9.4.2022

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	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	15
6.6	Yhteisvaikutusten mallinnus, VE2	16
6.7	Pienitaajuinen melu	17
6.8	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset	17
6.9	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	18
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA	18
8	LÄHTEET	19
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, TUULIKAARTO	20
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset	22

Liite 2: Melumallinnuksen tulokset: Tuulikaarron, ja Piipsannevan yhteisvaikutukset.....	23
Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta, Tuulikaarron (VE1), ja Piipsannevan Yhteisvaikutukset (painottamattomat melutasot).....	24
Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta, Tuulikaarron (VE2) ja Piipsannevan Yhteisvaikutukset (painottamattomat melutasot).....	27
Liite 5: Sijoitussuunnitelmat.....	30

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Sai Varun, 2022-04-09	Christian Granlund	Christian Granlund	Tuulikaarron tuulivoimapuiston meluselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Tuulikaarron 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 Ver3.5 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).

Myös 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.

Tulokset:

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja asunnoille ja vapaa-ajan asunnoille ei ylitetä. Myöskään STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Erot hankevaihtoehtojen meluvaikutuksissa ovat hyvin pienet.

2 TAUSTA

Meluselvitys on tehty Tuulikaarron tuulivoimapuistolle Siikalatvan kunnan ja Kärsämäen kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 43–50 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty WTG236-voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus on 182 metriä ja äänitehotaso 106,8 dB(A) + 2 dB(A) epävarmuusmarginaali.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.5 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 varten:

- VE1: 50 voimalaa. Roottorihalkaisija 182 m ja napakorkeus 236 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 43 voimalaa. Roottorihalkaisija 182 m ja napakorkeus 236 m. Kokonaiskorkeus on 300 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	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 äänieristyksen voidaan odottaa olevan enemmän kuin 20 dB. Tuulivoimamelu 1–3 kilometrin etäisyydellä äänilähteestä koostuu lähinnä 200–500 Hz:n taajuuksista. Näin ollen on hyvin todennäköistä, että tuulivoimamelun ollessa ulkona 40 dB(A), rakennuksen sisämelu on noin 20 dB(A) tai alle.

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

5 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

5.1 LÄHTÖTIEDOT

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

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia, ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti määriteltäviä, melupäästön takuuarvoja. Tämän takuuarvon tuulivoimalavalmistaja on arvioinut mittausten, roottorikoon ja tuulivoimalan toimintaperiaatteiden

perusteella. Tässä raportissa WTG236-voimalamallin melupäästötiedot on otettu Vestaksen V162 5.6 MW-voimalamallista, jonka äänitietoja on päivitetty tammikuussa 2019.

Äänitehotasot ilmoitetaan joko kokonaisäänitehotasona tai 1/3 oktaavikaistoittain riippuen valmistajasta ja käytettävästä voimalasta. Tuulikaarron 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 voimalatyyppiin.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Tuulikaarto	WTG 236	182	106,8+2,0	Käytössä
Piipsanneva	WTG 236	182	106,8+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. Useiden voimaloiden yhteismeluvaikutukset on otettu huomioon. Alueelta valittiin lähimpiä vakituksia ja vapaa-ajan asuntoja havainnointipisteiksi, 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 ilmiö, 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. 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.

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

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).

6 ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET

6.1 NYKYTILANNE

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

6.2 RAKENTAMISEN AIKAiset VAIKUTUKSET

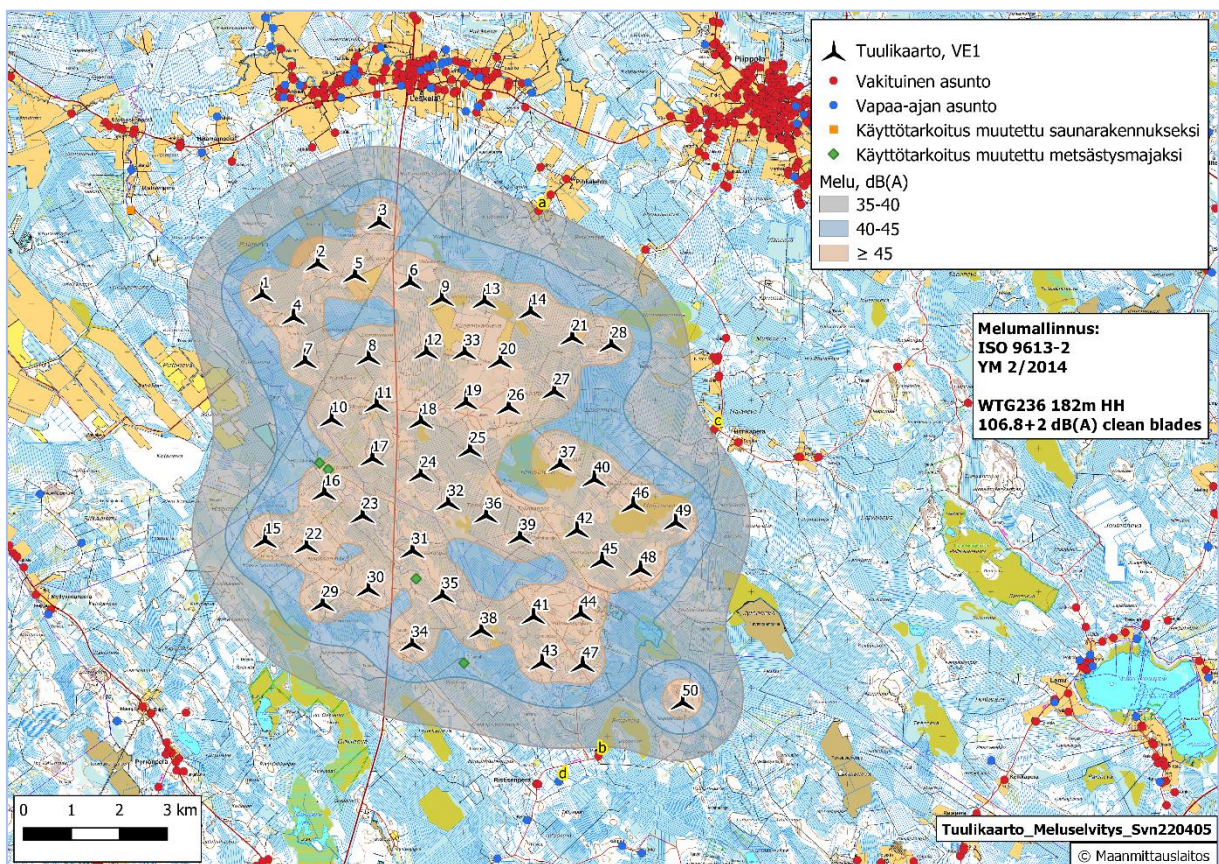
Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana melua aiheutuu mm. maansiirtokoneista, nostureista, ajoneuvoliikenteestä sekä rakentamisesta. Rakennustyömaan melu on hyvin impulssimaista ja

paikallista ja ajoittuu pääasiallisesti päiväaikaan. Tämän vuoksi meluvaikutukset eivät kasva merkittäviksi. Tiestön ja perustusten rakentaminen tuottaa eniten melua ja lisääntyvä liikenne saattaa nostaa valtatien melutasoa hieman.

Rakentaminen kestää vain lyhyen ajan suhteessa tuulivoimaloiden elinkaareen, joten meluvaikutuksetkin voidaan katsoa lyhytkestoisiksi.

6.3 TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET, VE1

Melumallinnuksessa on käytetty WTG236 tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on $106,8 + 2,0$ dB(A) ja napakorkeus 182 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 50 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 5.



Kuva 1. Tuulikaarron tuulivoimapuiston melumallinnus VE1, WTG 236 182 m HH 106.8+2 dB(A). Neljätoista 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 14 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

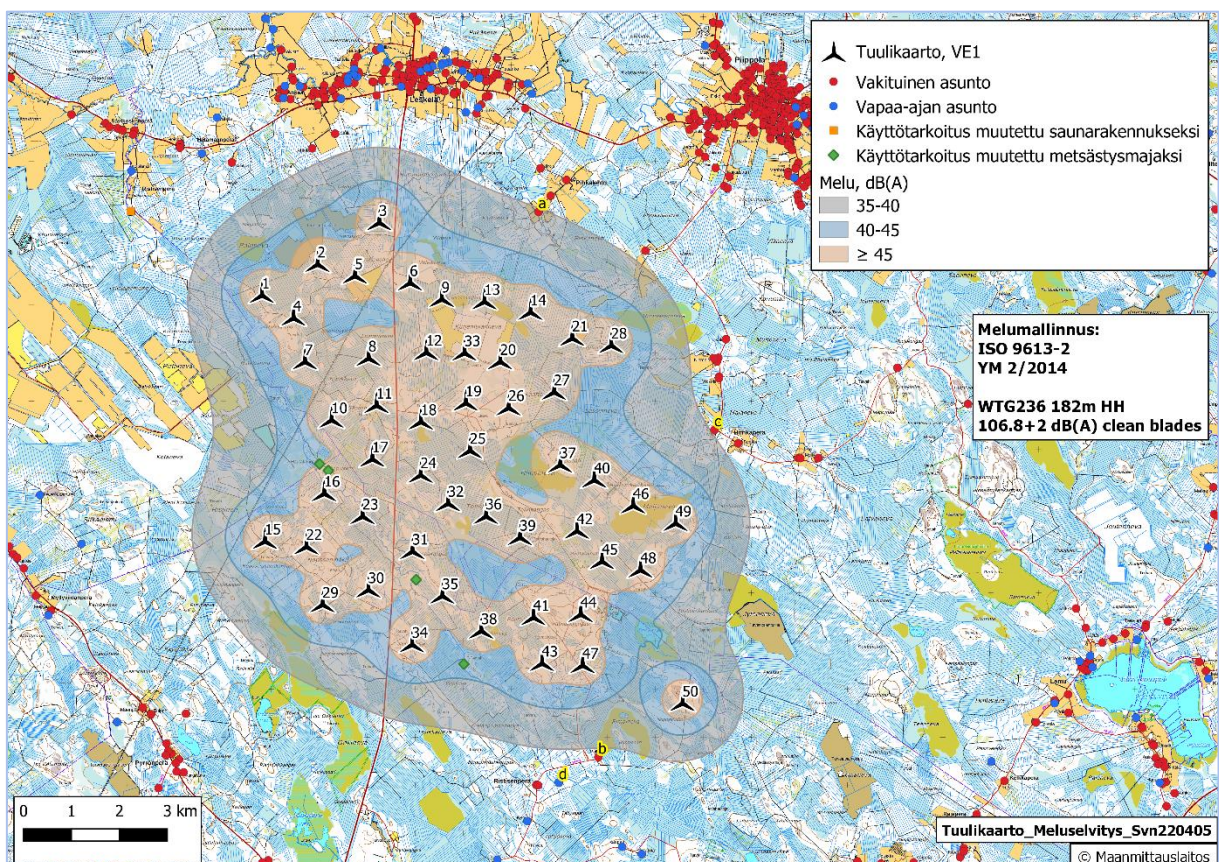
Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on selvästi alle 40 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 35,3 dB(A) (vakituinen asunto a). Tuulikaarron hankealueella sijaitsee neljä rakennusta, joiden käyttötarkoitus on vahvistettu kunnan rakennusvalvonnasta metsästysmajoiksi. Nämä metsästysmajat on merkitty karttoihin vihreillä symboleilla.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Tuulikaarron tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat vähäiset.

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 on käytetty WTG236 tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 182 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 43 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 5.



Kuva 2. Tuulikaarron tuulivoimapuiston melumallinnus VE2, WTG 236 182 m HH 106.8+2 dB(A). Neljätoista 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 14 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

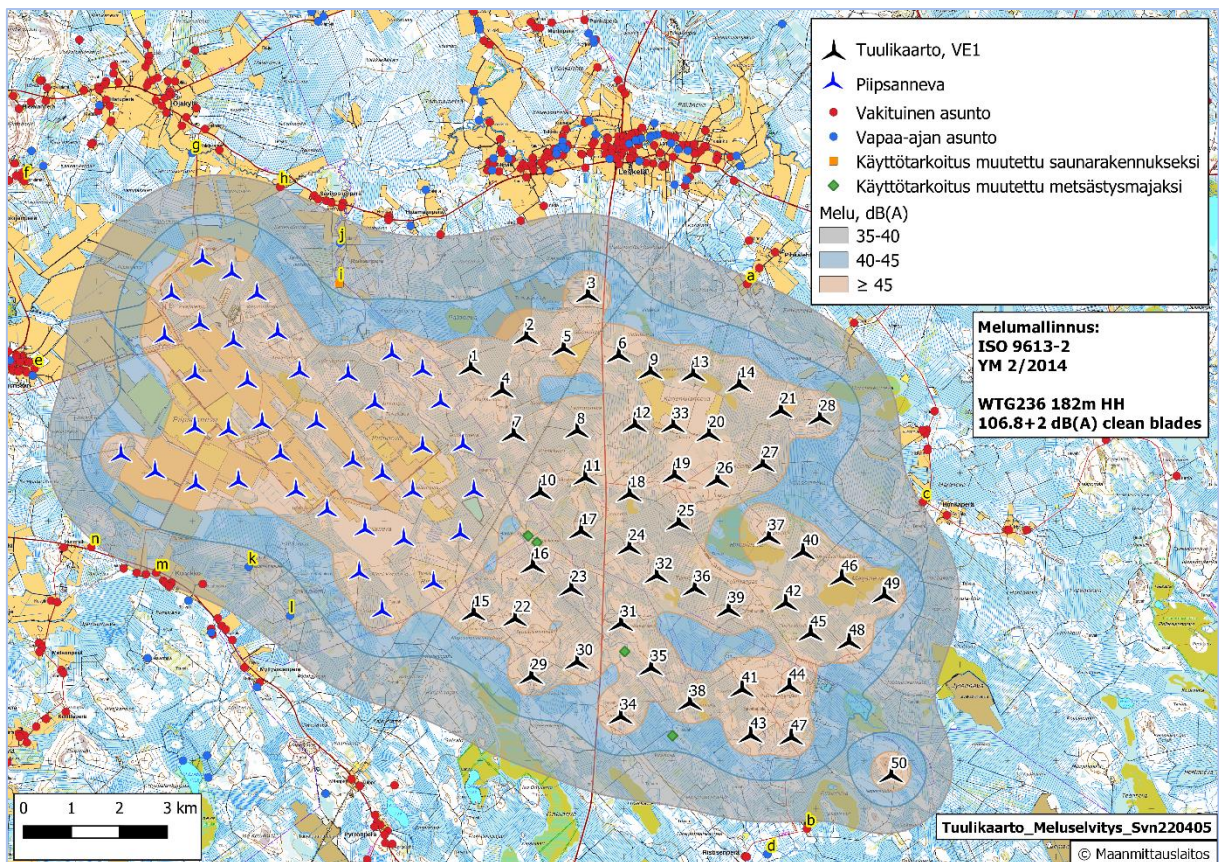
Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on selvästi alle 40 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 35,2 dB(A) (vakituinen asunto a). Tulosten perusteella voidaan todeta, että Tuulikaarron tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat vähäiset.

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

6.5 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUKSEEN, VE1

Alla esitellään meluvaikutukset, kun myös Piipsannevan suunnitteilla olevat tuulivoimalat on otettu huomioon. Tuulikaarron melumallinnuksissa on käytetty VE1 sijoitussuunnitelmavaihtoehdon mukaisia voimalapaikkoja (50 voimalaa) ja voimalamallia WTG 236, jonka kokonaisäänitaso on 106.8 +2 dB(A) ja napakorkeus 182 metriä.

Piipsannevan melumallinnuksessa on käytetty 39 kaavan mukaista voimalapaikkaa ja voimalamallia WTG 236, jonka kokonaisäänitaso on 106.8 +2 dB(A) ja napakorkeus 182 metriä.



Kuva 3. Tuulikaarron (VE1), ja Piipsannevan yhteisvaikutusten melumallinnus.

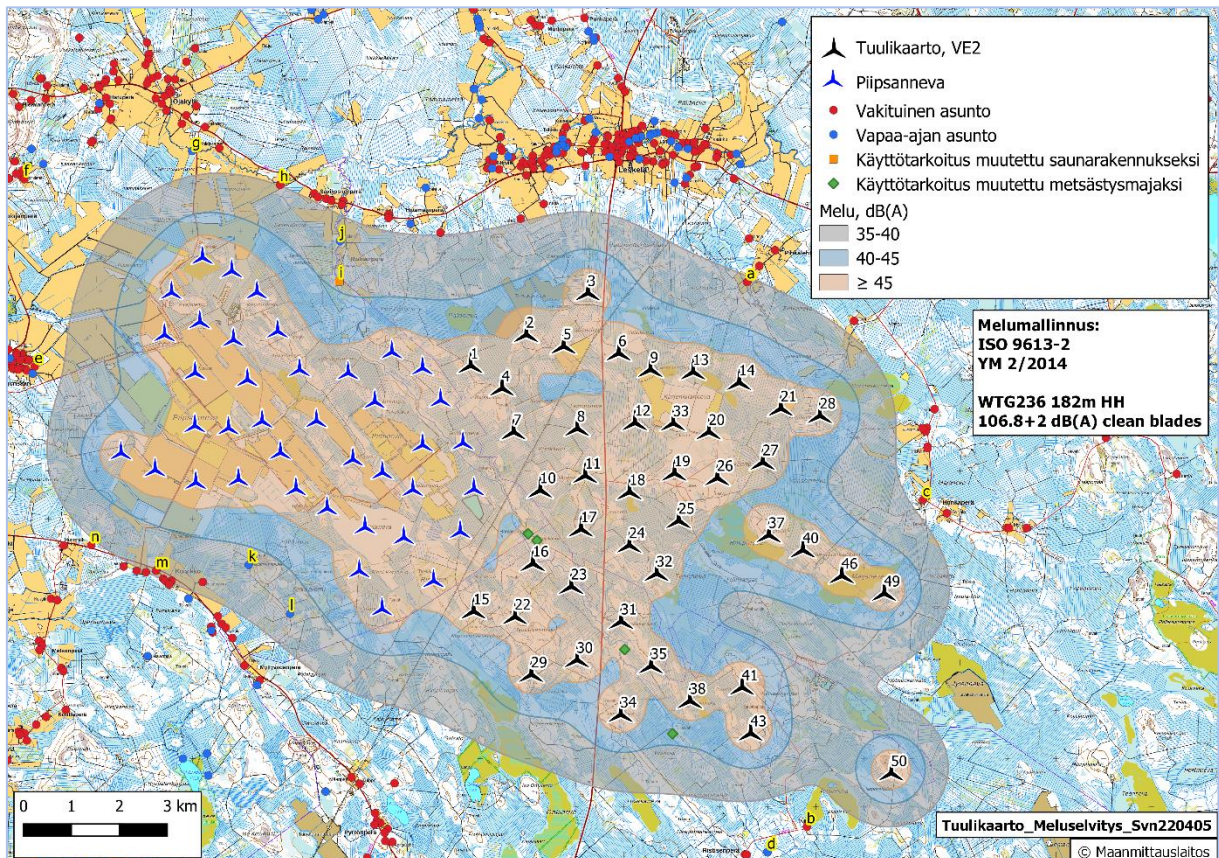
Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Korkein äänitaso Piipsannevan alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 39,3 dB(A) (saunarakennus i). Korkein äänitaso Tuulikaarron alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 35,5 dB(A) (asunto a). Tulosten perusteella voidaan todeta, että hankkeiden yhteisvaikutukset tuulivoimamelun osalta

ovat melko vähäiset. Alueen läheisyydestä on valittu 14 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

6.6 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS, VE2

Alla esitellään meluvaikutukset, kun myös Piipsannevan suunnitteilla olevat tuulivoimalat on otettu huomioon. Tuulikaarron melumallinnuksissa on käytetty VE2 sijoitussuunnitelmavaihtoehdon mukaisia voimalapaikkoja (43 voimalaa) ja voimalamallia WTG 236, jonka kokonaisäänitaso on 106.8 +2 dB(A) ja napakorkeus 182 metriä.

Piipsannevan melumallinnuksessa on käytetty 39 kaavan mukaista voimalapaikkaa ja voimalamallia WTG 236, jonka kokonaisäänitaso on 106.8 +2 dB(A) ja napakorkeus 182 metriä.



Kuva 4. Tuulikaarron (VE2) ja Piipsannevan yhteisvaikutusten melumallinnus.

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Korkein äänitaso Piipsannevan alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 39,3 dB(A) (saunarakennus i). Korkein

äänitaso Tuulikaarron alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 35,4 dB(A) (asunto a). Tulosten perusteella voidaan todeta, että hankkeiden yhteisvaikutukset tuulivoimamelun osalta ovat melko vähäiset.

Alueen läheisyydestä on valittu 14 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 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 (DSO 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 Tuulikaarron tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat melko 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.

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 (2018). *01-Noise-CGYK141220-1-Rev5*. Internal work description.

Maanmittauslaitos (2019). *Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaaineiston 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#

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

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

Vestas (2019). V162-5_6MW Third Octaves, 0079-5298_V01.

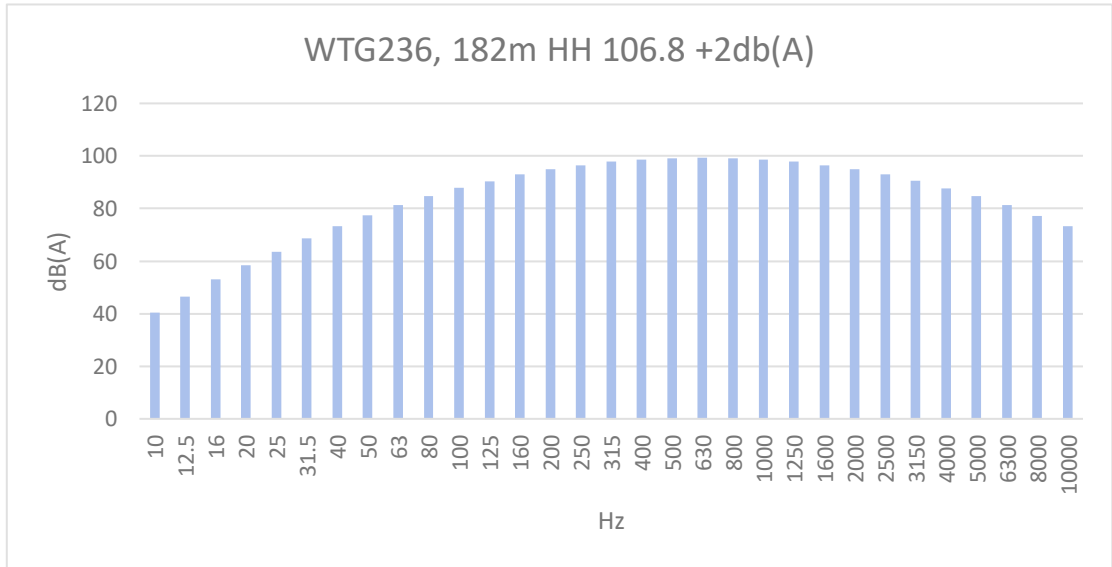
Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016*.

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

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

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, TUULIKAARTO

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportti numero/tunniste:		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 9.04.2022	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440			
Vastuuhenkilöt: Sai Varun			
Laatija: Sai Varun		Tarkastaja/hyväksyjä: Christian Granlund	
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.5		Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)			
Tuulivoimalan valmistaja:		Tyyppi:	Sarjanumero/t:
Nimellisteho:	Napakorkeus: 182 m	Roottorin halkaisija: 236 m	Tornin tyyppi: Putkitorni
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun			
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus	
Kyllä	dB	Kyllä	dB
Ei tiedossa		Ei tiedossa	
Muu, mikä			
dB			
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Melupäästötiedot WTG236 182 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 106,8 +2,0 dB(A)).			
			

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: 2 m		Pystyresoluutio: 1 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 6. Tuulikaarron 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	Vakituinen asunto	444569	7114941	40	35,3	35,2	Ei
b	Vakituinen asunto	445814	7103581	40	34,2	32,0	Ei
c	Vakituinen asunto	448234	7110399	40	34,7	33,9	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	444992	7103050	40	32,2	30,4	Ei

LIITE 2: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET: TUULIKAARRON JA PIIPSANNEVAN YHTEISVAIKUTUKSET

Taulukko 7. Tuulikaarron ja Piipsannevan 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)]	Ohje-arvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	444569	7114941	40	35,5	35,4	Ei
b	Vakituinen asunto	445814	7103581	40	34,3	32,2	Ei
c	Vakituinen asunto	448234	7110399	40	34,8	34,0	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	444992	7103050	40	32,4	30,7	Ei
e	Vakituinen asunto	429716	7113178	40	32,9	32,9	Ei
f	Vakituinen asunto	429497	7117087	40	28,1	28,1	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	432999	7117673	40	32,8	32,8	Ei
h	Vakituinen asunto	434832	7116968	40	34,9	34,9	Ei
i	Saunarakennus	436066	7114957	40	39,3	39,3	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	436081	7115798	40	36,6	36,6	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	434177	7109044	40	38,5	38,5	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	435040	7108024	40	37,3	37,3	Ei
m	Vakituinen asunto	432248	7108920	40	35,5	35,4	Ei
n	Vakituinen asunto	430895	7109455	40	34,4	34,4	Ei

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, TUULIKAARRON (VE1) JA PIIPSANNEVAN YHTEISVAIKUTUKSET (PAINOTTAMATTOMAT MELUTASOT)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pientaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Tuulikaarron (50 voimalaa) ja Piipsannevan (39 voimalaa) tuulivoimapaistot ovat toiminnassa.

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

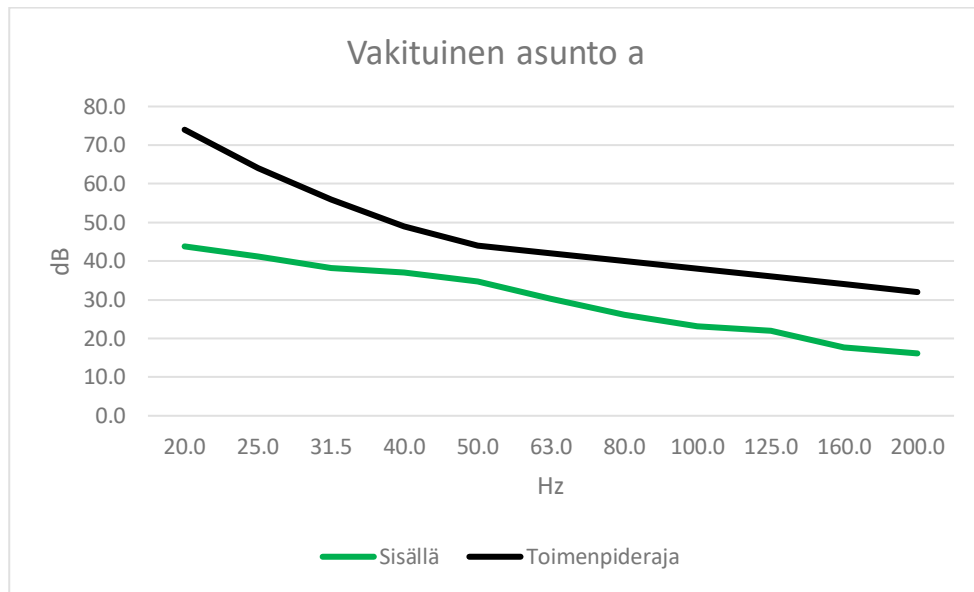
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	a	b	c	d	e	f	g
20	50.4	49.1	49.8	48.4	48.7	46.1	48.5
25	49.6	48.3	49.0	47.5	47.8	45.2	47.7
31,5	49.1	47.8	48.5	47.0	47.3	44.7	47.1
40	48.5	47.2	47.9	46.3	46.7	44.0	46.5
50	47.8	46.5	47.2	45.6	46.0	43.2	45.8
63	46.9	45.5	46.3	44.7	45.0	42.2	44.9
80	45.8	44.5	45.2	43.6	44.0	41.0	43.8
100	44.3	42.9	43.7	42.0	42.4	39.2	42.2
125	42.2	40.7	41.5	39.7	40.1	36.7	39.9
160	38.9	37.5	38.3	36.3	36.8	33.0	36.5
200	37.3	35.9	36.7	34.5	35.1	30.8	34.8

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	h	i	j	k	l	m	n
20	49.9	52.8	51.3	52.3	51.6	50.3	49.4
25	49.1	52.0	50.5	51.5	50.9	49.5	48.6
31,5	48.6	51.5	50.0	51.0	50.3	48.9	48.1
40	48.0	50.9	49.4	50.4	49.7	48.3	47.5
50	47.3	50.2	48.7	49.7	49.0	47.6	46.7
63	46.4	49.4	47.8	48.9	48.2	46.7	45.8
80	45.3	48.4	46.8	47.9	47.2	45.7	44.8
100	43.8	47.0	45.3	46.4	45.7	44.2	43.2
125	41.6	45.0	43.2	44.4	43.6	42.0	41.0
160	38.4	41.9	40.0	41.3	40.5	38.8	37.8
200	36.8	40.6	38.5	39.9	39.0	37.2	36.2

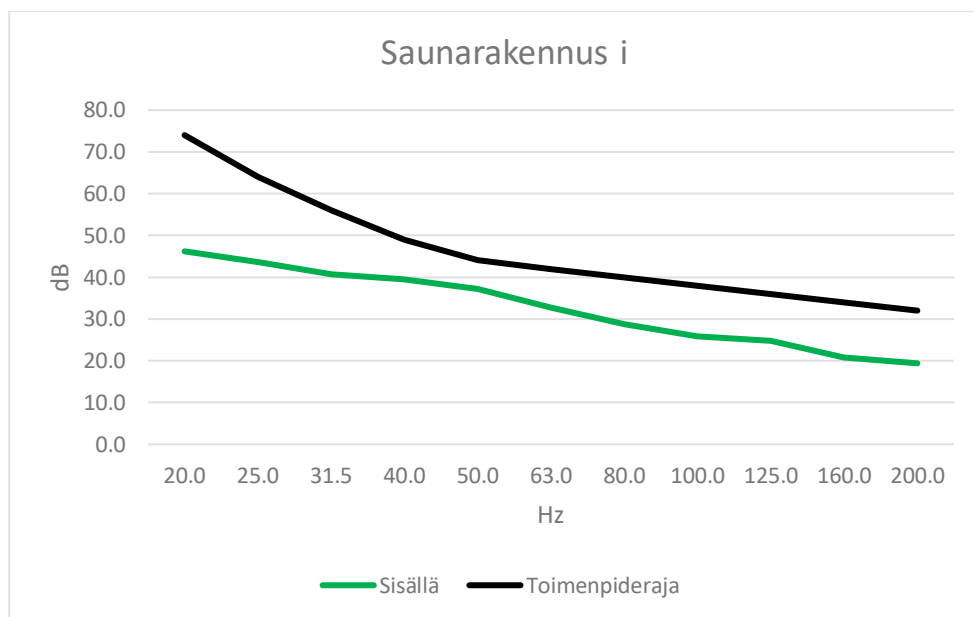
Taulukko 9. Pienitaajuinen melu sisätiloissa.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	a	b	c	d	e	f	g
20	43.8	42.5	43.2	41.8	42.1	39.5	41.9
25	41.2	39.9	40.6	39.1	39.4	36.8	39.3
31,5	38.3	37.0	37.7	36.2	36.5	33.9	36.3
40	37.1	35.8	36.5	34.9	35.3	32.6	35.1
50	34.8	33.5	34.2	32.6	33.0	30.2	32.8
63	30.3	28.9	29.7	28.1	28.4	25.6	28.3
80	26.1	24.8	25.5	23.9	24.3	21.3	24.1
100	23.1	21.7	22.5	20.8	21.2	18.0	21.0
125	22.0	20.5	21.3	19.5	19.9	16.5	19.7
160	17.7	16.3	17.1	15.1	15.6	11.8	15.3
200	16.1	14.7	15.5	13.3	13.9	9.6	13.6

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	h	i	j	k	l	m	n
20	43.3	46.2	44.7	45.7	45.0	43.7	42.8
25	40.7	43.6	42.1	43.1	42.5	41.1	40.2
31,5	37.8	40.7	39.2	40.2	39.5	38.1	37.3
40	36.6	39.5	38.0	39.0	38.3	36.9	36.1
50	34.3	37.2	35.7	36.7	36.0	34.6	33.7
63	29.8	32.8	31.2	32.3	31.6	30.1	29.2
80	25.6	28.7	27.1	28.2	27.5	26.0	25.1
100	22.6	25.8	24.1	25.2	24.5	23.0	22.0
125	21.4	24.8	23.0	24.2	23.4	21.8	20.8
160	17.2	20.7	18.8	20.1	19.3	17.6	16.6
200	15.6	19.4	17.3	18.7	17.8	16.0	15.0



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



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

LIITE 4: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, TUULIKAARRON (VE2) JA PIIPSANNEVAN YHTEISVAIKUTUKSET (PAINOTTAMATTOMAT MELUTASOT)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Tuulikaarron (43 voimalaa) ja Piipsannevan (39 voimalaa) tuulivoimapaistot ovat toiminnassa.

Taulukko 10. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

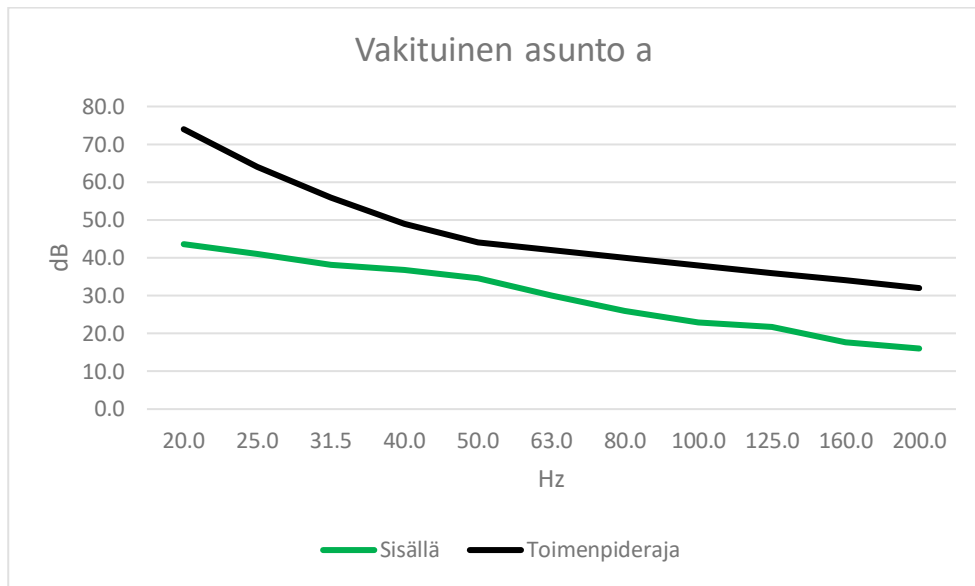
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	a	b	c	d	e	f	g
20	50.2	47.7	49.0	47.2	48.6	46.0	48.4
25	49.4	46.9	48.2	46.3	47.8	45.2	47.6
31,5	48.9	46.3	47.7	45.8	47.2	44.6	47.1
40	48.3	45.7	47.1	45.1	46.6	43.9	46.4
50	47.6	45.0	46.4	44.4	45.9	43.2	45.7
63	46.7	44.0	45.4	43.4	45.0	42.2	44.8
80	45.7	42.9	44.4	42.3	43.9	41.0	43.7
100	44.2	41.3	42.9	40.6	42.3	39.2	42.1
125	42.0	39.0	40.6	38.2	40.1	36.7	39.9
160	38.8	35.7	37.4	34.7	36.8	33.0	36.5
200	37.2	34.0	35.8	32.8	35.1	30.8	34.8

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	h	i	j	k	l	m	n
20	49.9	52.7	51.2	52.2	51.6	50.2	49.4
25	49.1	52.0	50.5	51.4	50.8	49.4	48.5
31,5	48.5	51.4	49.9	50.9	50.2	48.9	48.0
40	47.9	50.9	49.3	50.3	49.7	48.3	47.4
50	47.2	50.2	48.6	49.7	49.0	47.6	46.7
63	46.3	49.3	47.8	48.8	48.1	46.7	45.8
80	45.3	48.4	46.8	47.8	47.1	45.7	44.7
100	43.8	47.0	45.3	46.4	45.7	44.2	43.2
125	41.6	44.9	43.1	44.3	43.5	42.0	41.0
160	38.4	41.9	40.0	41.3	40.4	38.8	37.8
200	36.8	40.6	38.5	39.9	38.9	37.2	36.2

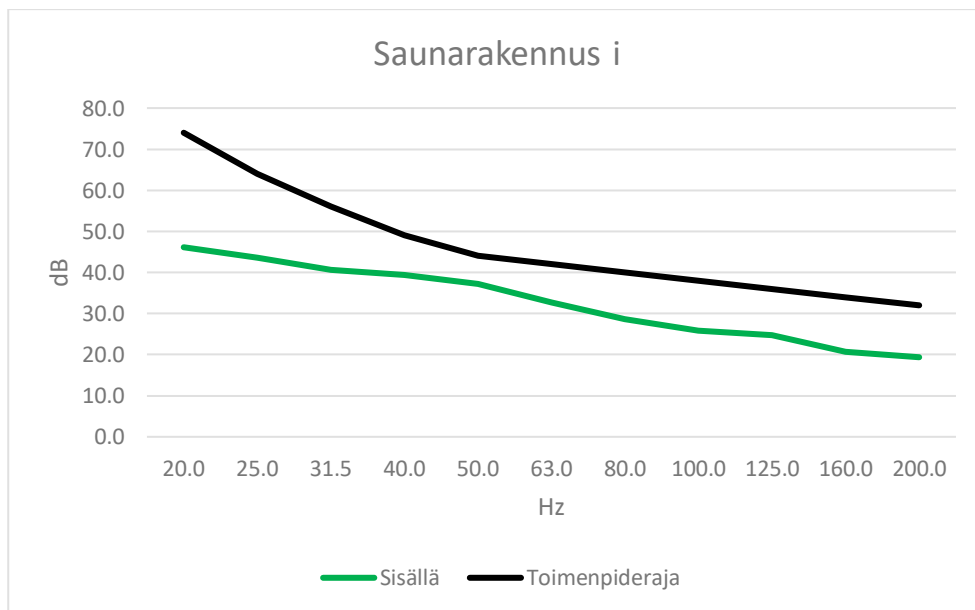
Taulukko 11. Pienitaajuinen melu sisätiloissa.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	a	b	c	d	e	f	g
20	43.6	41.1	42.4	40.6	42.0	39.4	41.8
25	41.0	38.5	39.8	37.9	39.4	36.8	39.2
31,5	38.1	35.5	36.9	35.0	36.4	33.8	36.3
40	36.9	34.3	35.7	33.7	35.2	32.5	35.0
50	34.6	32.0	33.4	31.4	32.9	30.2	32.7
63	30.1	27.4	28.8	26.8	28.4	25.6	28.2
80	26.0	23.2	24.7	22.6	24.2	21.3	24.0
100	23.0	20.1	21.7	19.4	21.1	18.0	20.9
125	21.8	18.8	20.4	18.0	19.9	16.5	19.7
160	17.6	14.5	16.2	13.5	15.6	11.8	15.3
200	16.0	12.8	14.6	11.6	13.9	9.6	13.6

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	h	i	j	k	l	m	n
20	43.3	46.1	44.6	45.6	45.0	43.6	42.8
25	40.7	43.6	42.1	43.0	42.4	41.0	40.1
31,5	37.7	40.6	39.1	40.1	39.4	38.1	37.2
40	36.5	39.5	37.9	38.9	38.3	36.9	36.0
50	34.2	37.2	35.6	36.7	36.0	34.6	33.7
63	29.7	32.7	31.2	32.2	31.5	30.1	29.2
80	25.6	28.7	27.1	28.1	27.4	26.0	25.0
100	22.6	25.8	24.1	25.2	24.5	23.0	22.0
125	21.4	24.7	22.9	24.1	23.3	21.8	20.8
160	17.2	20.7	18.8	20.1	19.2	17.6	16.6
200	15.6	19.4	17.3	18.7	17.7	16.0	15.0



Kuva 7. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituaisessa asunnossa a.



Kuva 8. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat saunarakennus i.

LIITE 5: SJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 12. Tuulikaarron voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (50 voimalaa)

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	438799	7113271	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
2	439959	7113915	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
3	441245	7114783	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
4	439456	7112796	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
5	440737	7113674	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
6	441887	7113530	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
7	439695	7111885	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
8	441022	7111959	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
9	442548	7113188	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
10	440250	7110672	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
11	441188	7110976	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
12	442224	7112078	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
13	443437	7113137	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
14	444397	7112916	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
15	441101	7109859	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
16	443049	7111025	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
17	443766	7111887	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
18	442106	7109525	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
19	443136	7110035	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
20	443941	7110927	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
21	444888	7111253	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
22	445268	7112376	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
23	442678	7108933	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
24	443022	7112069	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
25	443469	7108667	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
26	445016	7109738	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
27	446080	7112226	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
28	445726	7109423	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
29	445366	7108359	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
30	445887	7107727	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
31	446538	7108887	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
32	446690	7107549	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
33	447422	7108519	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
34	440097	7109140	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)

35	440897	7108664	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
36	438862	7108147	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
37	439724	7108033	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
38	440064	7106827	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
39	441017	7107134	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
40	442112	7110634	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
41	441936	7107935	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
42	444177	7108225	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
43	441928	7105994	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
44	442560	7107007	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
45	443371	7106279	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
46	444459	7106559	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
47	445444	7106622	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
48	444637	7105602	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
49	445483	7105561	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
50	447567	7104772	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)

Taulukko 13. Tuulikaarron voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (43 voimalaa)

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	438799	7113271	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
2	439959	7113915	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
3	441245	7114783	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
4	439456	7112796	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
5	440737	7113674	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
6	441887	7113530	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
7	439695	7111885	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
8	441022	7111959	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
9	442548	7113188	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
10	440250	7110672	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
11	441188	7110976	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
14	442224	7112078	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
15	443437	7113137	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
16	444397	7112916	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
17	438862	7108147	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
19	440097	7109140	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
20	441101	7109859	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
22	442112	7110634	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
23	443049	7111025	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)

24	443766	7111887	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
25	445268	7112376	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
26	439724	7108033	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
27	440897	7108664	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
28	442106	7109525	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
29	443136	7110035	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
30	443941	7110927	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
31	444888	7111253	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
32	446080	7112226	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
33	440064	7106827	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
34	441017	7107134	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
35	441936	7107935	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
36	442678	7108933	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
37	443022	7112069	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
38	441928	7105994	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
39	442560	7107007	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
40	445016	7109738	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
41	443371	7106279	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
42	445726	7109423	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
43	444459	7106559	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)

Taulukko 14. Piipsannevan voimaloiden sijaintitiedot

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
2	432435	7113815	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
4	433072	7113024	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
5	433227	7115428	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
7	434163	7112880	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
8	434851	7111359	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
10	432581	7114698	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
11	436614	7109804	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
12	433837	7115146	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
13	433171	7114086	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
14	434363	7114703	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
15	434793	7113891	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
16	435250	7113088	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
17	433976	7110800	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
18	437175	7113456	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
19	437815	7113121	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
20	438657	7111560	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
21	436262	7113022	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
22	433769	7111872	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
23	438190	7112453	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
24	437612	7110589	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
25	436971	7108098	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
26	435825	7110197	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
27	436495	7108892	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
28	431527	7111352	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
29	438600	7109711	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
30	438885	7110599	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
31	434470	7112014	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
32	435176	7110603	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
33	433068	7111919	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
34	436363	7111219	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
35	436976	7110945	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
36	435602	7112023	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
37	437423	7109587	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
38	437816	7111519	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
39	436819	7112422	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
40	433872	7113713	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
41	433087	7110735	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)

42	432239	7110998	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)
43	438044	7108685	WTG236 182 m HH clean blade, 106.8 + 2 dB(A)